

CUP: E97B15000170005 PIANO DEGLI INTERVENTI  
DELL'ACQUEDOTTO PUGLIESE S.p.A.  
2016 - 2019

**PROGETTO DEFINITIVO**  
ACQUEDOTTO DEL FORTORE, LOCONO ED OFANTO - OPERE DI  
INTERCONNESSIONE - II LOTTO: CONDOTTA DALL'OPERA DI  
DISCONNESSIONE DI CANOSA AL SERBATOIO DI FOGGIA

Il Responsabile del Procedimento  
*ing. Massimo Pellegrini*

**PROGETTAZIONE**

Progettisti

*ing. Rosario ESPOSITO (Responsabile del progetto)*

*ing. Tommaso DI LERMA*

*ing. Michelangelo GUASTAMACCHIA*

*ing. M. Alessandro SALIOLA*

*geom. Giuseppe VALENTINO*

*ing. Roberto LAVOPA*

Collaborazione alla progettazione  
*geom. Pietro SIMONE*

Il Responsabile Ingegneria di Progettazione  
*ing. Massimo PELLEGRINI*



acquedotto pugliese  
l'acqua, bene comune

Direzione Ingegneria

Il Direttore

*ing. Andrea VOLPE*

Elaborato

**D.2.1**

**Relazione di calcolo idraulico**

Codice Intervento P1292

Codice SAP: 21/16650

Prot. N. 45215

Data 14/07/2020

Scala: -

N. Rev.	Data	Descrizione	Disegnato	Controllato	Approvato
00	OTT. 2020	Emesso per Progetto definitivo	-	-	-

## INDICE

<b>1. PREMESSE .....</b>	<b>2</b>
<b>2. IPOTESI DI FUNZIONAMENTO DELLO SCHEMA IDRAULICO.....</b>	<b>3</b>
<b>3. VERIFICA IDRAULICA.....</b>	<b>5</b>
3.1. SCENARIO 2: COLLEGAMENTO IN PRESA DIRETTA DA MONTE CARAFA A “NODO FOGGIA” (NUOVO SERBATOIO) – EMERGENZA FOGGIA (Q = 900 L/s) – (NODI A-B-C-H-I) .....	8
3.2. SCENARIO 3: FUNZIONAMENTO DA OPERA DI DISCONNESSIONE DI CANOSA A SERBATOIO DI FOGGIA (SITUAZIONE ORDINARIA A REGIME Q = 200 L/s) .....	20
<b>3.2.1. FUNZIONAMENTO DA OPERA DI DISCONNESSIONE DI CANOSA A SERBATOIO DI FOGGIA (MASSIMA PORTATA CONVOGLIABILE) .....</b>	<b>29</b>
3.3. SCENARIO 4: FUNZIONAMENTO INVERSO, DAL NODO DI FOGGIA (TORRINO 3) ALL’OPERA DI DISCONNESSIONE DI CANOSA (SITUAZIONE ORDINARIA A REGIME Q = 200 L/s) .....	30
<b>3.3.1 Ipotesi funzionali Progetto esecutivo “Acquedotto del Fortore - Raddoppio 1<sup>a</sup> canna – Progetto 2614” .....</b>	<b>30</b>
<b>3.3.2 Stima della scabrezza 2<sup>o</sup> canna Acquedotto del Fortore.....</b>	<b>32</b>
<b>3.3.3 Calcolo della quota idonea del Torrino 3 per permettere il funzionamento inverso a regime 36</b>	<b>36</b>
<b>3.3.4 Calcolo portata massima derivabile dal Fortore .....</b>	<b>43</b>
<b>4. VERIFICA IDRAULICA TUBI NUOVI.....</b>	<b>45</b>
4.1. SCENARIO 2: COLLEGAMENTO IN PRESA DIRETTA DA MONTE CARAFA A “NODO FOGGIA” (NUOVO SERBATOIO) – EMERGENZA FOGGIA (Q = 900 L/s) – (NODI A-B-C-H-I).....	45
4.2. SCENARIO 3: FUNZIONAMENTO DA OPERA DI DISCONNESSIONE DI CANOSA A SERBATOIO DI FOGGIA (SITUAZIONE ORDINARIA A REGIME Q = 200 L/s) .....	46
<b>4.2.1. FUNZIONAMENTO DA OPERA DI DISCONNESSIONE DI CANOSA A SERBATOIO DI FOGGIA (MASSIMA PORTATA CONVOGLIABILE) .....</b>	<b>47</b>
4.3. SCENARIO 4: FUNZIONAMENTO INVERSO, DAL NODO DI FOGGIA (TORRINO 3) ALL’OPERA DI DISCONNESSIONE DI CANOSA (SITUAZIONE ORDINARIA A REGIME Q=200L/s) .....	48
<b>5. DIMENSIONAMENTO SFIATI.....</b>	<b>49</b>

## 1. PREMESSE

Come rappresentato nell'elaborato D.1 "Relazione generale", cui si rimanda per ogni utile approfondimento, nell'ambito della strategia di attuazione dell'interconnessione idraulica dei grandi acquedotti della Regione Puglia, rientra l'intervento generale d'interconnessione tra lo schema Ofanto - Locone e quello Fortore, costituito dal presente progetto identificato P1292 e dai seguenti ulteriori interventi, già redatti nella propria stesura di progetti, rispettivamente, definitivo e di fattibilità tecnica ed economica:

- P1063 – “Acquedotto del Locone - Completamento dell'Acquedotto del Locone - II Lotto - (dal torrino di Barletta al serbatoio di Bari - Modugno (100.000 mc)”, brevemente denominato “**Locone II Lotto**”;
- P1064 – “Acquedotto del Fortore, Locone ed Ofanto - Opere di interconnessione - Primo Lotto: collegamento Acquedotti Ofanto - Locone in corrispondenza della vasca di Canosa - I stralcio funzionale”, brevemente denominato “**Interconnessione I Lotto**”.

Detti interventi infrastrutturali sono finalizzati all'incremento della sicurezza di approvvigionamento idrico nella Puglia centrale e settentrionale, nonché della flessibilità di esercizio degli schemi potabili del Fortore, e dell'Ofanto-Locone.

In particolare, il presente progetto, identificato con il codice P1292, consiste, essenzialmente, nella realizzazione di un vettore idrico con condotte in acciaio DN 900, per una lunghezza complessiva pari a circa 61 Km, che collegherà l'Opera di Disconnessione di Canosa (Acquedotto del Locone) al Serbatoio di Foggia (Acquedotto del Fortore).

Tale intervento è atto a realizzare l'interconnessione idraulica Locone-Ofanto-Fortore che consentirà di alimentare la Capitanata con le acque dello schema Ofanto-Locone (in corrispondenza del Nodo idraulico di Foggia) sia in regime ordinario che straordinario. Infatti, tale opera permetterà, tra l'altro, di sopperire agli eventuali futuri deficit idrici del lago artificiale di Occhito ed in caso di rischio “alga rossa” cui è esposto l'invaso del Fortore; inoltre, con il funzionamento inverso, si potranno integrare con le portate del Fortore eventuali carenze idropotabili che potrebbero interessare il bacino dell'Ofanto (Conza e Locone).

Per la valutazione dei fabbisogni idrico - potabili necessari al dimensionamento delle opere previste nel progetto in argomento si è fatto riferimento alle disponibilità idriche fornite dalla Direzione Approvvigionamento Idrico - Potabilizzazione di Acquedotto Pugliese S.p.A.

## **2. IPOTESI DI FUNZIONAMENTO DELLO SCHEMA IDRAULICO**

Nell’ambito della stesura del richiamato Progetto di fattibilità tecnica ed economica P1064 – denominato “*Interconnessione I Lotto*”, presupponendo la realizzazione di tutti gli interventi di interconnessione sopra citati (denominati, P1063, P1064 ed il presente P1292) - a seconda delle portate idriche in regime ordinario o di emergenza, da convogliare nei singoli vettori - sono stati considerati i seguenti tre scenari di funzionamento:

- **SCENARIO 1: Risanamento del vettore idrico “Andria-Bari”,** che assicuri:
  - 900 l/s (valore massimo) da Monte Carafa
  - 650 l/s (valore minimo) da Impianto di Potabilizzazione del Locone
  - 1.550 l/s verso Bari
  
- **SCENARIO 2: Funzionamento in situazione “Emergenza Foggia” (Presa diretta)** (vedi Schema 2 - elaborato D.2.2 “Schemi funzionali”), che assicuri:
  - 900 l/s da Monte Carafa
  - 650 l/s da Impianto di Potabilizzazione del Locone (con un massimo di 1.400 l/s)
  - 650 l/s verso Bari
  - **900 l/s verso Foggia**
  
- **SCENARIO 3: Funzionamento diretto in situazione ordinaria a regime** (vedi Schema 1 - elaborato D.2.2 “Schemi funzionali”), che assicuri:
  - 650 l/s da Monte Carafa
  - 650 l/s da Impianto di Potabilizzazione del Locone (con un massimo di 1.400 l/s)
  - 1.100 l/s verso Bari
  - **200 l/s verso Foggia.**

Fra le ipotesi funzionali considerate nel richiamato intervento P1064, per le finalità del presente progetto, destano interesse quelle indicate come “**Scenario 2**” e “**Scenario 3**”, relative, rispettivamente, alle condizioni di “Emergenza Foggia” e di “regime ordinario”. A queste si

aggiunge un nuovo Scenario, afferente specificatamente all'intervento in argomento identificato P1292:

- **SCENARIO 4: Funzionamento inverso, dal Nodo di Foggia (Torrino 3) all'opera di Disconnessione di Canosa (situazione ordinaria a regime)** (vedi Schema 3 - elaborato D.2.2 “Schemi funzionali”), che assicuri:
  - **200 l/s verso Canosa.**

Tale collegamento, infatti, consentirà il funzionamento inverso della condotta di progetto, dal Nodo di Foggia (Torrino 3 - 2<sup>a</sup> canna del Fortore) all'opera di Disconnessione di Canosa, permettendo di derivare una portata minima di 200 l/s (valore che consentirebbe almeno una velocità di circa 31 cm/s in condotta) dallo schema Fortore verso al Puglia Centrale, con un valore massimo derivabile di circa 220 l/s.

Gli stessi scenari saranno illustrati più in dettaglio nel prosieguo della presente relazione.

Riguardo la velocità minima da garantire in condotta e dei problemi di ordine igienico-sanitario connessi, si rappresenta che, nel corso di una riunione tenutasi in data 13/04/2018, giusto richiamato Verbale di riunione in pari data, con la partecipazione, fra gli altri, oltre ai progettisti, di Responsabile della Direzione Approvvigionamento idrico e della Direzione Reti, Impianti e *Customer Care*, Area Controllo Qualità di AQP S.p.A., è stato sancito che – nell'ambito del presente progetto - la presenza dell'impianto di clorazione rappresenta presidio sufficiente finalizzata al mantenimento delle caratteristiche di potabilità della risorsa idrica trasportata, alla luce degli ipotizzati scenari idraulici di funzionamento del sistema di adduzione. Peraltro, durante la Conferenza di Servizi, non sono stati evidenziati dalla ASL, ivi intervenuta, rilievi riguardo la velocità del flusso idrico in condotta. Inoltre, secondo prassi consolidata in AQP, in situazioni nelle quali ciò sia inevitabile, una velocità in condotta di valore  $v = 0,30$  m/s può ritenersi tollerabile.

### 3. VERIFICA IDRAULICA

Il calcolo della cadente piezometrica, o perdita di carico per unità di sviluppo lineare di ciascun tronco in esame (espressa in m/Km, in riferimento alle perdite di carico distribuite), è stato effettuato con la formula di *Darcy-Weisbach*:

$$J = \frac{\lambda}{D} \times \frac{v^2}{2g} \quad (1)$$

da cui deriva il valore della perdita di carico totale:

$$\Delta H = J \times L \quad (2)$$

con

$\Delta H$  = perdita di carico (m)

J = cadente piezometrica

D = diametro della condotta (m)

$\lambda$  = indice di resistenza o fattore di attrito, in generale funzione del numero di Reynolds (Re), e di  $\varepsilon/D$ , scabrezza relativa

v = velocità media del fluido (m/s)

g = accelerazione di gravità (m/s<sup>2</sup>)

L = lunghezza della condotta (ml - come è prassi operativa, tranne che per condotte con particolari andamenti altimetrici, agli effetti dei calcoli idraulici è possibile sostituire alle lunghezze effettive quelle delle proiezioni sopra un piano orizzontale, che si desumono direttamente dal profilo longitudinale).

Il coefficiente di resistenza o fattore di rugosità  $\lambda$ , in regime turbolento, è stato calcolato con la relazione di *Colebrook* per le tubazioni in acciaio riferite alla condizione a *tubi usati*:

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 \log \left( \frac{2,51}{Re \sqrt{\lambda}} + \frac{\varepsilon}{3,71D} \right) \quad (3)$$

con

D = diametro della condotta (m)

$\lambda$  = coefficiente di resistenza o di attrito

$\varepsilon$  = scabrezza della tubazione (m)

Re = numero di *Reynolds*

Il numero di *Reynolds* è pari a:

$$Re = \frac{U \times D}{\nu}$$

con

U = velocità media del fluido (m/s)

D = diametro della condotta (m)

$\nu$  = viscosità cinematica del fluido (m<sup>2</sup>/s)

che, per T = 20°C, è pari a 1,006 x 10<sup>-6</sup> m<sup>2</sup>/s

Il valore della scabrezza  $\varepsilon$  di *Darcy-Weisbach* dipende dal tipo di tubazione utilizzata e, in particolare, dal tipo di rivestimento interno.

Nel caso in esame è stato assunto il valore della scabrezza assoluta omogenea:  $\varepsilon = 0,5$  mm per tubazioni in acciaio (*tubi usati*).

Come è noto, la formula di *Colebrook* risponde pienamente alle esigenze di risoluzione dei problemi di progetto e verifica delle condotte nelle diverse condizioni di *moto turbolento* (tubo liscio, moto di transizione e moto assolutamente turbolento).

La lunghezza dei tratti di tubazione da verificare è tale che risulta conveniente nel calcolo idraulico trascurare le perdite localizzate rispetto a quelle continue dovute alla resistenza delle pareti (da letteratura si parla di “lunghe condotte” quando  $L \geq 1.000$  m, dove  $m$  è il numero di perdite localizzate equivalenti).

L’influenza delle perdite di carico localizzate è tale invece da non essere trascurabile nei tratti in cui la stessa tubazione, variando anche il diametro, si sviluppa all’interno della camera di manovra dell’opera di Disconnessione di Canosa e presso i manufatti dislocati nell’ambito del “Nodo di Foggia”, dove, viceversa, risultano preponderanti rispetto alle perdite continue nei brevi tratti considerati.

Per quanto sopra, per la valutazione della perdita totale, si considerano sia le perdite distribuite che quelle localizzate:

$$Y_T = \Delta H' + \Delta H''$$

dove

$\Delta H'$  = perdita di carico distribuita [m]

$\Delta H''$  = perdita di carico concentrata [m]

$\Delta H$  = perdita di carico totale [m]

$$\Delta H' = J \times L$$

Le perdite di carico localizzate (dovute a variazioni di sezione, curve a 90°, confluenze mediante raccordi a "T", valvole di ritegno, saracinesche, ecc.) nelle suddette condotte di derivazione sono state stimate con la formula del tipo:

$$\Delta H'' = K \frac{v^2}{2g}$$

dove:

$K$  = coefficiente dipendente dalla tipologia della singolarità

$v$  = velocità dell'acqua nella tubazione [m/s]

$G$  = accelerazione di gravità [m/s<sup>2</sup>]

Il coefficiente  $K$  risulta variabile caso per caso, in funzione delle condizioni locali (imbocco, sbocco, curve, gomiti, saracinesche, ecc.). A tale fattore di perdita  $K$ , sono stati assegnati i valori usualmente utilizzati nella letteratura tecnica. Si riportano in appendice gli usuali valori del coefficiente  $K$  per le perdite localizzate più diffuse.

Per gli sfiori sulle soglie di arrivo si è assunta la formula degli stramazzi:

$$Q = \mu_s L h \sqrt{2gh}$$

dove:

$\mu_s$  = coefficiente di efflusso = 0,4;

$L$  = lunghezza della soglia [m]

$h$  = altezza d'acqua sulla soglia [m]

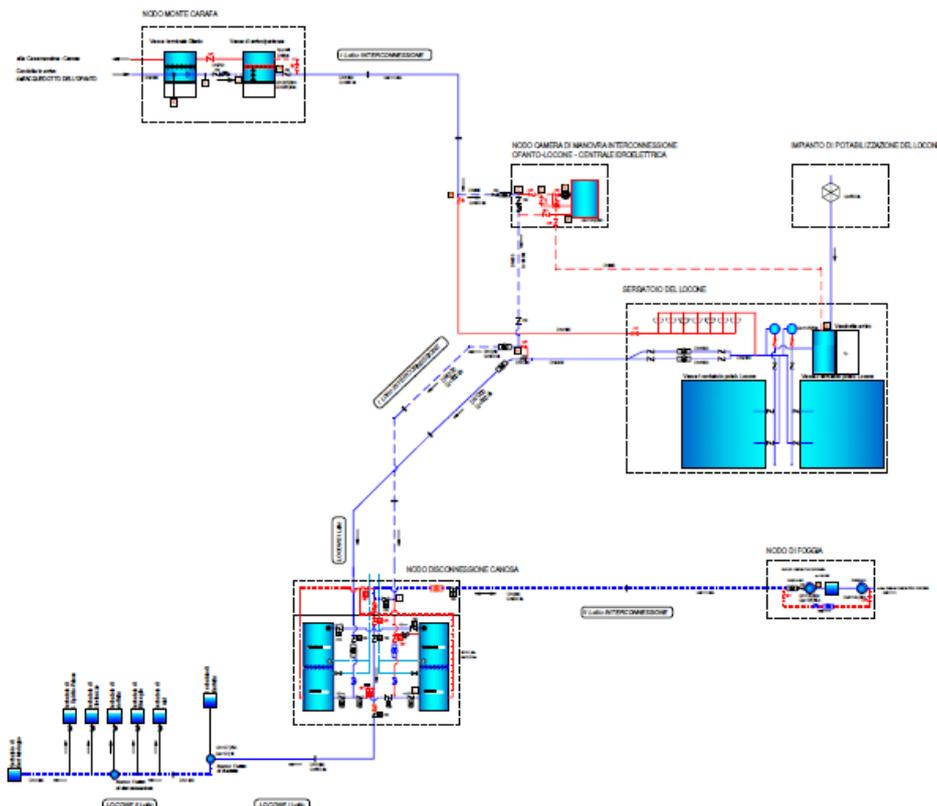
### 3.1. **SCENARIO 2: COLLEGAMENTO IN PRESA DIRETTA DA MONTE CARAFA A “NODO FOGGIA” (NUOVO SERBATOIO) – EMERGENZA FOGGIA ( $Q = 900 \text{ L/S}$ ) – (NODI A-B-C-H-I)**

Riprendendo l’ipotesi sviluppata nella stesura del progetto di fattibilità tecnica ed economica P1064: “*Interconnessione I Lotto*”, con questo funzionamento le opere in progetto devono convogliare verso il nuovo Serbatoio di Foggia, dislocato nell’area denominata “Nodo di Foggia” (direttamente nella vaschetta 1 di arrivo dell’Acquedotto del Fortore), una portata di 900 l/s proveniente dall’Acquedotto dell’Ofanto.

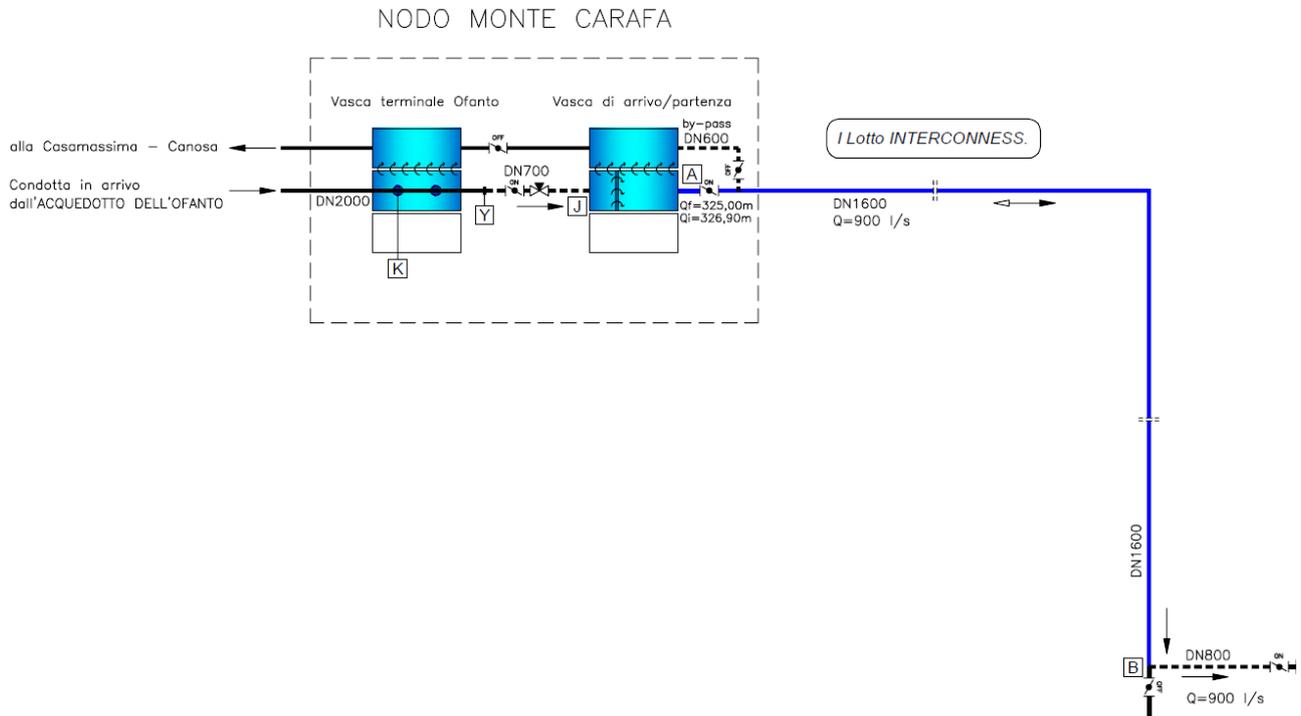
Affinché ciò sia possibile è necessario sfruttare il carico idraulico del “Nodo di Monte Carafa” e, pertanto, devono essere *by-passati* sia il manufatto di alloggio della turbina che la vasca di Disconnessione di Canosa.

**Collegamento da Monte Carafa a nodo di diramazione alla nuova “camera di manovra interconnessione Ofanto-Locone - centrale idroelettrica” a monte del serbatoio potabilizzatore del Locone.**

SCENARIO 2 FUNZIONAMENTO IN SITUAZIONE “EMERGENZA FOGGIA” (PRESA DIRETTA)



Tronco A – B (Premente inversa DN 1.600)



Diametro condotta	DN (mm)	1.600
Lunghezza	L (m)	12.000
Portata max	Q (mc/s)	0,90
Velocità	v (m/s)	0,45

Perdite di carico continue calcolate  $\Delta H' = 1,51 \text{ m}$

Perdite di carico localizzate:

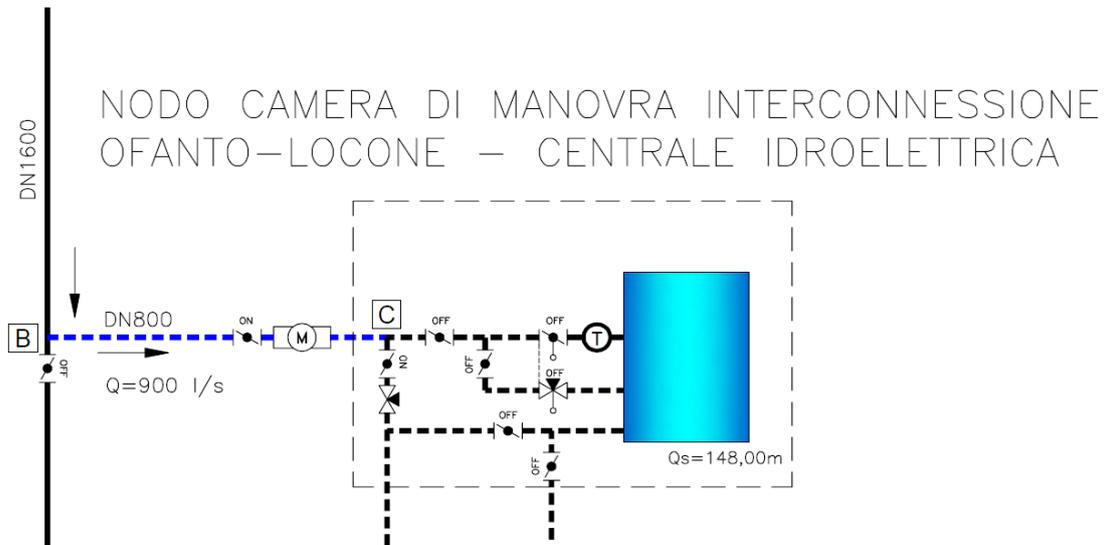
- all'imbocco ( $K = 0,50$ )
- N. 1 confluenza mediante raccordo a "T"  
( $d_1 = 0,8$ ;  $d_3 = 1,6$ ;  $d_1/d_3 = 0,5$ ;  $Q_1 = 0,90$ ;  $Q_3 = 0,90$ ;  $Q_1/Q_3 = 1$ ; -  $K = 2,9$ )
- N. 1 valvola a farfalla ( $K = 0,7$ )

Perdite di carico localizzate  $\Delta H'' = 0,04 \text{ m}$

Perdita di carico totale  $\Delta H = \Delta H' + \Delta H'' = 1,56 \text{ m}$

**Collegamento da nodo di diramazione nuova "camera di manovra interconnessione Ofanto-Locone - centrale idroelettrica" al nodo di innesto by-pass turbina**

**Tronco B – C (DN 800)**



Diametro condotta	DN (mm)	800
Lunghezza	L (m)	27
Portata max	Q (mc/s)	0,90
Velocità	v (m/s)	1,79

Perdite di carico continue calcolate  $\Delta H' = 0,10 \text{ m}$

Perdite di carico localizzate:

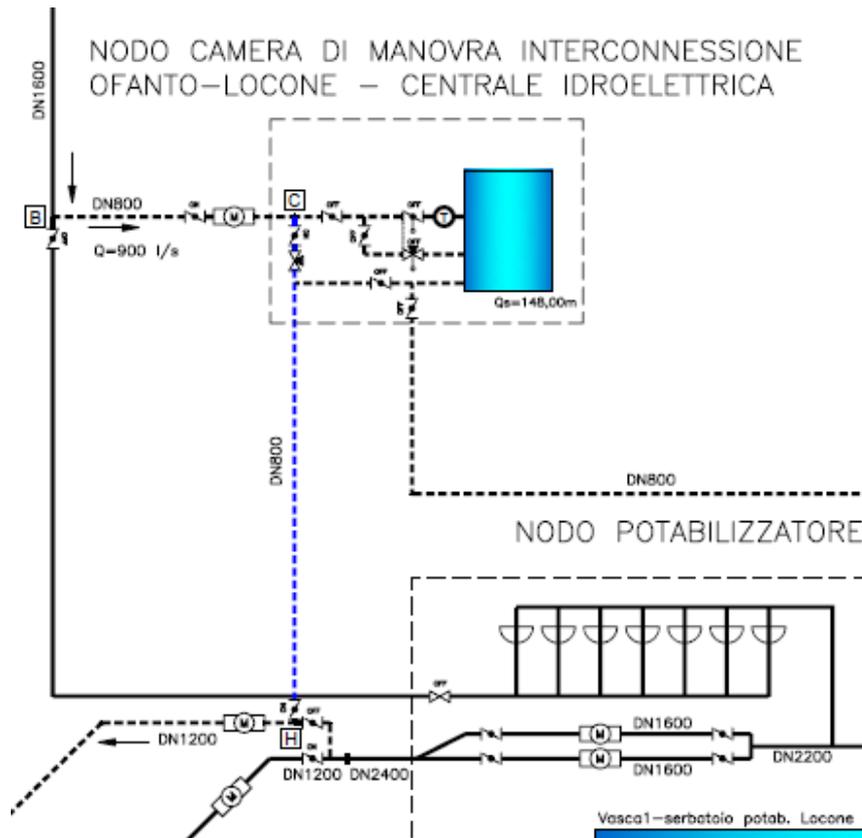
- N. 1 valvola a farfalla ( $K = 0,7$ )
- N. 1 misuratore di portata ( $K = 0,10$ )

da cui si ha:  $\Delta H'' = 0,12 \text{ m}$

Perdita di carico totale  $\Delta H = \Delta H' + \Delta H'' = 0,22 \text{ m}$

**Linea di by-pass della nuova “camera di manovra interconnessione Ofanto-Locone - centrale idroelettrica”**

Tronco C – H (DN 800)



Diametro condotta	DN (mm)	800
Lunghezza	L (m)	88
Portata max	Q (mc/s)	0,90
Velocità	v (m/s)	1,79

Perdite di carico continue calcolate  $\Delta H' = 0,32 \text{ m}$

Perdite di carico localizzate:

- N. 2 valvola a farfalla ( $K = 0,7$ )
- N. 1 valvola di regolazione a fuso ( $K = 4,9$ )

Perdite di carico localizzate  $\Delta H'' = 1,01 \text{ m}$

Perdita di carico totale  $\Delta H = \Delta H' + \Delta H'' = 1,33 \text{ m}$

***Collegamento da nodo di by-pass centrale idroelettrica (serbatoio del Locone) all'opera di  
Disconnessione di Canosa.***

*Tronco H - I (DN 1.200)*

Diametro condotta	DN (mm)	1.200
Lunghezza	L (m)	18.154
Portata max	Q (mc/s)	0,90
Velocità	v (m/s)	0,80

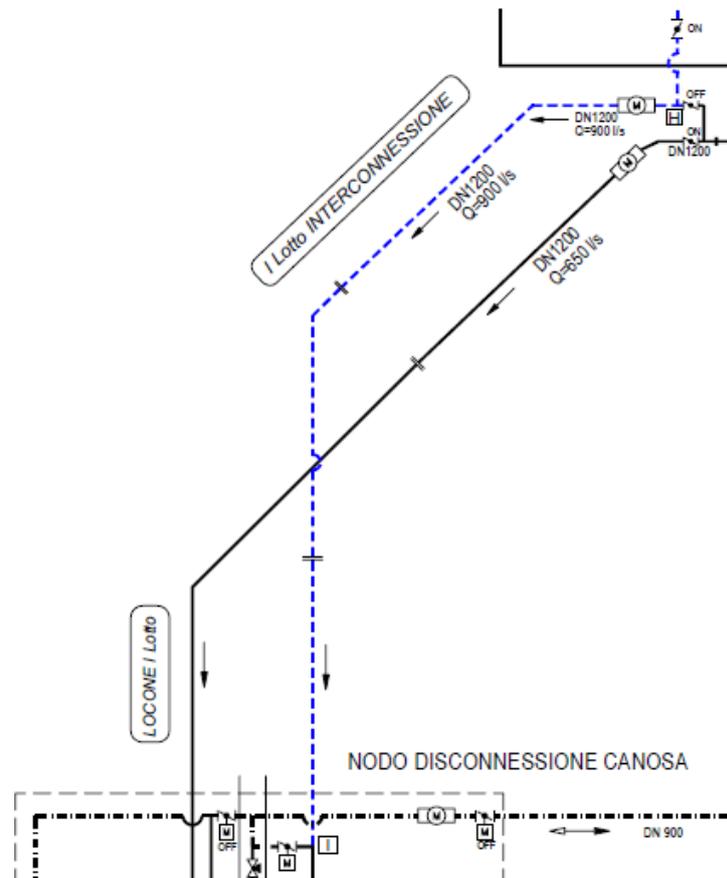
Perdite di carico continue calcolate  $\Delta H' = 8,13 \text{ m}$

Perdite di carico localizzate:

si considera il tratto DN 800 (L=8,70 m) si alloggio misuratore di portata

Perdite di carico localizzate  $\Delta H'' = 0,13 \text{ m}$

Perdita di carico totale  $\Delta H = \Delta H' + \Delta H'' = 8,26 \text{ m}$



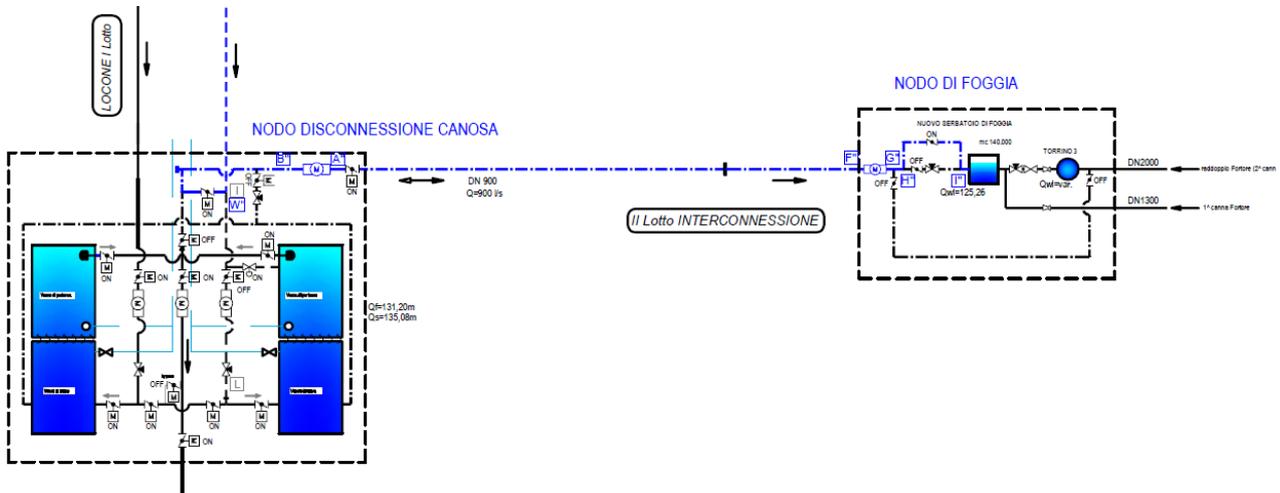
**Collegamento dall’opera di Disconnessione di Canosa (by-pass) al “Nodo di Foggia” (Nuovo Serbatoio) – (Intervento previsto nel presente progetto P1292).**

(N.B. Si specifica che i nodi relativi agli schemi afferenti il presente progetto, sviluppati più approfonditamente rispetto a quanto riportato nel predetto intervento P1064: “**Interconnessione I Lotto**”, sono contraddistinti dal doppio apice superiore e recano, tra parentesi, la loro ubicazione: se riferita all’area dell’Opera di Disconnessione di Canosa (DC) o a quella del Nodo di Foggia (NF).

Tale collegamento trae origine dal by-pass posto all’ingresso dell’Opera di Disconnessione di Canosa (DC) verso il Nodo di Foggia (NF), contraddistinto dai nodi I (a quota superiore) e W” (a quota inferiore).

In considerazione della brevità dei tratti di tubazione, delle variabilità di diametro e della presenza di pezzi speciali, l’influenza delle perdite di carico localizzate è tale da non essere trascurabile.

**Nodi I – W”(by-pass DC) – (DN 800)**



Diametro condotta	DN (mm)	800
Lunghezza	L (m)	1,80
Portata max	Q (mc/s)	0,90
Velocità	v (m/s)	1,79

Perdite di carico continue calcolate  $\Delta H' = 0,01 \text{ m}$

Perdite di carico localizzate:

- N. 1 derivazione mediante raccordo a “T”  
( $d_1 = 0,8$ ;  $d_3 = 0,8$ ;  $d_1/d_3 = 0,90$ ;  $Q_1 = 0,90$ ;  $Q_3 = 1,00$ ;  $Q_1/Q_3 = 1,00$ ; -  $K = 1,20$ )
- N. 1 valvola a farfalla ( $K = 0,7$ )

da cui si ha:  $\Delta H'' = 0,31 \text{ m}$

Perdita di carico totale  $\Delta H = \Delta H' + \Delta H'' = 0,32 \text{ m}$

**Nodi W”(DC) – B”(DC) – (DN 900)**

Diametro condotta	DN (mm)	900
Lunghezza	L (m)	10,22
Portata max	Q (mc/s)	0,90
Velocità	v (m/s)	1,41

Perdite di carico continue calcolate  $\Delta H' = 0,02 \text{ m}$

Perdite di carico localizzate:

- *N. 1 confluenza mediante raccordo a "T"*

$$(d_1 = 0,8; d_3 = 0,9; d_1/d_3 = 0,89; Q_1 = 0,90; Q_3 = 0,90; Q_1/Q_3 = 1,00) \quad (K = 1,70)$$

da cui si ha:  $\Delta H'' = 0,17 \text{ m}$

Perdita di carico totale  $\Delta H = \Delta H' + \Delta H'' = 0,19 \text{ m}$

Nodi B'' - A'' (DC) - (DN 600)

Diametro condotta	DN (mm)	600
Lunghezza	L (m)	6,00
Portata max	Q (mc/s)	0,90
Velocità	v (m/s)	3,18

Perdite di carico continue calcolate  $\Delta H' = 0,10 \text{ m}$

Perdite di carico localizzate:

- *N. 2 allargamento di sezione con raccordo tronco-conico*

$$(d = 600; D = 900; L = 1.000; L/D = 1,11; - K = 0,66)$$

- *N. 1 derivazione mediante raccordo a "T"*

$$(d_1 = 0,9; d_3 = 0,9; d_1/d_3 = 1,00; Q_1 = 0,90; Q_3 = 0,90; Q_1/Q_3 = 1,00; - K = 1,20)$$

- *N. 1 misuratore di portata elettromagnetico (K = 0,10)*

da cui si ha:  $\Delta H'' = 0,73 \text{ m}$

Perdita di carico totale  $\Delta H = \Delta H' + \Delta H'' = 0,83 \text{ m}$

Nodi A'' (DC) - F'' (NF) - (DN 900)

Diametro condotta	DN (mm)	900
Lunghezza	L (m)	61.164
Portata max	Q (mc/s)	0,90
Velocità	v (m/s)	1,41

Perdite di carico continue calcolate  $\Delta H' = 121,14 \text{ m}$

Perdite di carico localizzate:

- *N. 1 valvola a farfalla ( $K = 0,7$ )*

da cui si ha:  $\Delta H'' = 0,07 \text{ m}$

Perdita di carico totale  $\Delta H = \Delta H' + \Delta H'' = 121,21 \text{ m}$

*Nodi F''(NF) - G''(NF) - (DN 600)*

Diametro condotta	DN (mm)	600
Lunghezza	L (m)	6,00
Portata max	Q (mc/s)	0,90
Velocità	v (m/s)	3,18

Perdite di carico continue calcolate  $\Delta H' = 0,10 \text{ m}$

- *N. 2 allargamento di sezione con raccordo tronco-conico*

*( $d = 600$ ;  $D = 900$ ;  $L = 1.000$ ;  $L/D = 1,11$ ; -  $K = 0,66$ )*

- *N. 1 misuratore di portata elettromagnetico ( $K = 0,10$ )*

da cui si ha:  $\Delta H'' = 2,28 \text{ m}$

Perdita di carico totale  $\Delta H = \Delta H' + \Delta H'' = 2,38 \text{ m}$

*Nodi G''(NF) - H''(NF) - (DN 900)*

Diametro condotta	DN (mm)	900
Lunghezza	L (m)	5,73
Portata max	Q (mc/s)	0,90
Velocità	v (m/s)	1,41

Perdite di carico continue calcolate  $\Delta H' = 0,01 \text{ m}$

Perdite di carico localizzate:

- *N. 1 derivazione mediante raccordo a "T"*

*( $d_1 = 0,9$ ;  $d_3 = 0,9$ ;  $d_1/d_3 = 1,00$ ;  $Q_1 = 0,90$ ;  $Q_3 = 0,90$ ;  $Q_1/Q_3 = 1,00$ ; -  $K = 1,20$ )*

da cui si ha:  $\Delta H'' = 0,12 \text{ m}$

Perdita di carico totale  $\Delta H = \Delta H' + \Delta H'' = 0,13 \text{ m}$

*Nodi H''(NF) - I''(NF) - (DN 900)*

Diametro condotta	DN (mm)	900
Lunghezza	L (m)	12,57
Portata max	Q (mc/s)	0,90
Velocità	v (m/s)	1,41

Perdite di carico continue calcolate  $\Delta H' = 0,02$  m

Perdite di carico localizzate:

- N. 2 confluenza mediante raccordo a "T"

$(d_1 = 0,9; d_3 = 0,9; d_1/d_3 = 1,00; Q_1 = 0,90; Q_3 = 0,90; Q_1/Q_3 = 1,00)$   $(K = 1,15)$

- N. 2 curve a  $90^\circ$  ( $K = 0,32$ )

da cui si ha:  $\Delta H'' = 0,62$  m

Perdita di carico totale  $\Delta H = \Delta H' + \Delta H'' = 0,64$  m

*Nodo I''(NF) - Serbatoio di Foggia (vaschetta 1 arrivo Acquedotto Fortore) - (DN 900)*

Diametro condotta	DN (mm)	900
Lunghezza	L (m)	11,94
Portata max	Q (mc/s)	0,90
Velocità	v (m/s)	1,41

Perdite di carico continue calcolate  $\Delta H' = 0,02$  m

Perdite di carico localizzate:

- Allo sbocco ( $K = 1,00$ )

- N. 1 curva a  $90^\circ$  ( $K = 0,32$ )

- N. 1 valvola a farfalla ( $K = 0,7$ )

da cui si ha:  $\Delta H'' = 0,21$  m

Perdita di carico totale  $\Delta H = \Delta H' + \Delta H'' = 0,23$  m

Tabella di riepilogo:

FUNZIONAMENTO DA CANOSA VERSO FOGGIA - EMERGENZA FOGGIA DA MONTE CARAFA (Q=900 l/s)													
NODO O TRONCO	Q (m <sup>3</sup> /s)	L (m)	DN (mm)	v (m/s)	ε (mm)	Re	v (m <sup>2</sup> /s)	λ	ΔH'' (m)	ΔH (m)	H (m)	H (m) - Piezometrica da valle	H (m) - Piezometrica da monte
A (MC)													326,90
A - B	0,90	12,000	1.600	0,45	1,5	711.925,69	0,000001006	0,019767	1,51	0,04	1,56		326,90
B													325,34
B - C	0,90	27	800	1,79	0,5	1.423.851,38	0,000001006	0,017866	0,10	0,12	0,22		325,34
C													325,12
C - H	0,90	88	800	1,79	0,5	1.423.851,38	0,000001006	0,017866	0,32	1,01	1,33		325,12
H													260,78
H - I	0,90	18.154	1200	0,80	0,5	949.234,25	0,000001006	0,016634	8,13	0,13	8,26		259,45
I (DC)													251,19
I - W''	0,90	1,80	800	1,79	0,5	1.423.851,38	0,000001006	0,017866	0,01	0,31	0,32		250,88
W''													250,88
W'' - B''	0,90	10,22	900	1,41	0,5	1.265.645,67	0,000001006	0,017467	0,02	0,17	0,19		250,68
B''													250,68
B'' - A''	0,90	6,00	600	3,18	0,5	1.898.468,51	0,000001006	0,018969	0,10	0,73	0,83		249,85
A''													249,85
A'' - Discominazione Canosa - nodo F''	0,90	61,164	900	1,41	0,5	1.265.645,67	0,000001006	0,017467	121,14	0,07	121,21		192,98
F''													128,64
F'' - G''	0,90	6,00	600	3,18	0,5	1.898.468,51	0,000001006	0,018969	0,10	2,28	2,38		126,26
G''													126,26
G'' - H''	0,90	5,73	900	1,41	0,5	1.265.645,67	0,000001006	0,017467	0,01	0,12	0,13		126,13
H''													126,13
H'' - I''	0,90	11,56	900	1,41	0,5	1.265.645,67	0,000001006	0,017467	0,02	0,62	0,64		125,49
I''													125,49
I'' - Serbatoio di Foggia	0,90	11,94	900	1,41	0,5	1.265.645,67	0,000001006	0,017467	0,02	0,21	0,23		125,26
Serbatoio Foggia													64,34
										<b>137,30</b>			<b>ΔH<sub>v</sub> =</b>

Monte Carafa  
Diramazione al nuovo torrino alloggiamento turbina a monte del serbatoio di potabilizzazione del Locone  
Nodo di immissione linea di by-pass turbina  
Nodo finale linea di by-pass turbina  
Discominazione di Canosa  
Nodo di by-pass  
Cono riduzione DN900/600 tronco misura di portata in Area Discominazione Canosa  
Cono allargamento di sezione DN600/900 fine tronco misura portata = origine tratto lunga condotta DN900 sino a Nodo di Foggia  
Cono riduzione DN900/600 tronco misura di portata in area Nodo di Foggia  
Cono allargamento di sezione DN600/900 fine tronco misura portata  
inizio by pass DN900 presa diretta  
Fine by pass DN900 presa diretta

Si riepilogano nelle tabelle che seguono le quote ed i carichi disponibili nei vari manufatti nel funzionamento "Emergenza Foggia", da Monte Carafa al Serbatoio di Foggia.

Vasca arrivo Monte Carafa	Quota fondo	325,50	m s.l.m.
	Quota imbocco	326,90	m s.l.m.
Vasca di scarico centrale idroelettrica	Quota fondo	140,60	m s.l.m.
	Quota W.L.	146,38	m s.l.m.
Serbatoio Locone	Quota fondo	140,25	m s.l.m.
	Quota soglia	145,00	m s.l.m.
Disconnessione Canosa	Quota fondo	131,50	m s.l.m.
	Quota soglia	135,50	m s.l.m.
"Vaschetta 1 di arrivo Serbatoio di Foggia" nodo	Quota fondo	131,20	m s.l.m.
	Quota soglia	125,26	m s.l.m.

Carico disponibile dal Nodo di Monte Carafa al nodo di Foggia ("Vaschetta di arrivo dell'Acquedotto del Fortore al Serbatoio di Foggia"):

$$\Delta H_d = 326,90 - 125,26 = 201,64$$

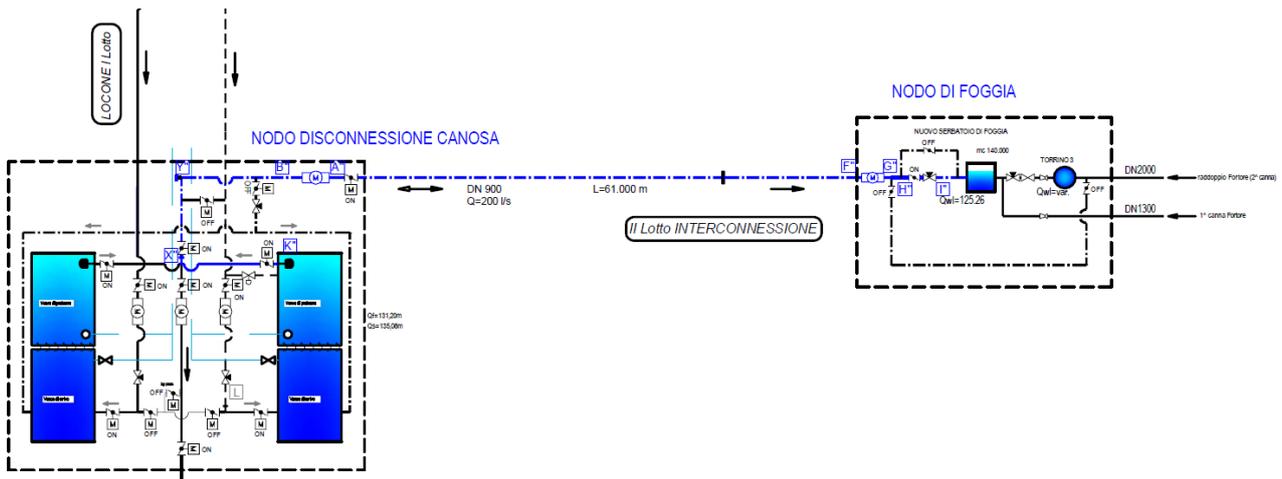
Carico non dissipato dal Nodo di Monte Carafa al nodo di Foggia ("Vaschetta di arrivo dell'Acquedotto del Fortore al Serbatoio di Foggia"):

$$\Delta H_v = 201,64 - 137,30 = 64,34 \text{ m}$$

Carico disponibile da nodo MC a nodo FG - "Vaschetta arrivo Serbatoio di Foggia" (m)	Carico non dissipato (m)
201,64	64,34

### 3.2. **SCENARIO 3: FUNZIONAMENTO DA OPERA DI DISCONNESSIONE DI CANOSA A SERBATOIO DI FOGGIA (SITUAZIONE ORDINARIA A REGIME $Q = 200$ L/S)**

(NODI K”-X”-Y”-B”-A”-F”- G”-H” -V” -I”)



Si parte dalla presa dalla vasca di partenza dell’opera Disconnessione di Canosa procedendo in direzione del Serbatoio di Foggia, con il seguente significato dei nodi dello schema idrico di calcolo:

Nodo K” – Presa da vasca di partenza opera di Disconnessione di Canosa – DN800

Nodo X” – Confluenza/derivazione nella condotta di alimentazione direzione Foggia (200 l/s) e  
 Torrino di Barletta in direzione Bari (1100 l/s) – DN800

Nodo Y” – Derivazione condotta in direzione Foggia DN 900

Nodo B” – Cono di riduzione DN 900/600 tronco misura di portata DN 600

Nodo A” – Cono di allargamento DN 600/900 fine tronco misura portata coincid. con origine tratto  
 lunga condotta DN 900 sino a Nodo Foggia.

Nodo F” – Cono di riduzione DN 900/600 tronco misura di portata in area Nodo di Foggia

Nodo G” – Cono di allargamento di sezione DN 600/900 fine tronco misura portata

Nodo H” – Cono di riduzione DN 900/400 per alloggio valvola di regolazione da valle

Nodo V” – Valvola di regolazione a fuso DN400

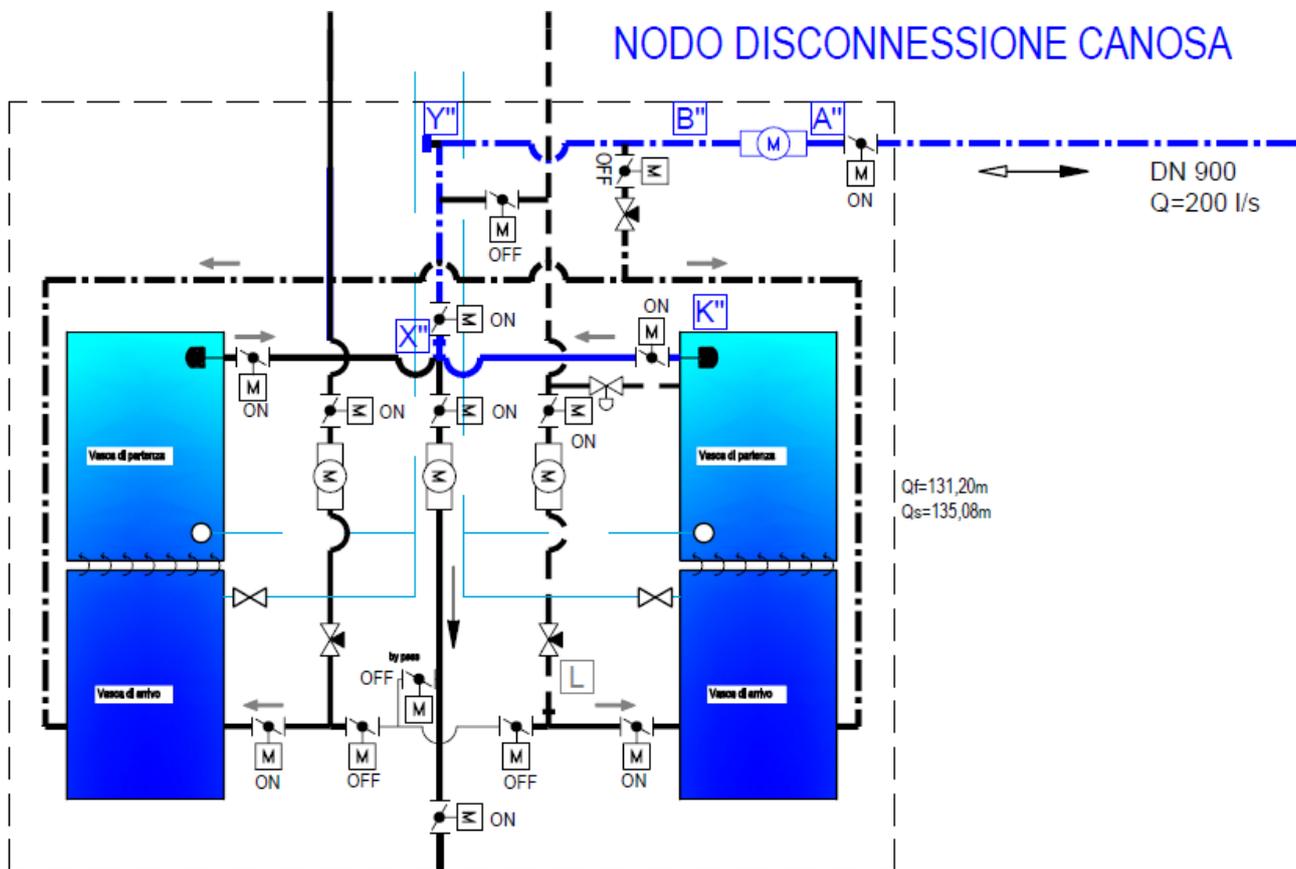
Nodo I” – Cono di allargamento DN 400/900 fino a sfocio nella vaschetta 1 di carico del Serbatoio  
 di Foggia

Posto che:

- Quota soglia vasca di partenza opera di Disconnessione di Canosa = 135,05 m s.l.m.
- Quota soglia di sfioro all'interno della vaschetta arrivo dell'Acquedotto del Fortore e di carico del Serbatoio di Foggia = 126,26 m s.l.m.

il carico disponibile dalla vasca di presa dell'opera di Disconnessione di Canosa al Serbatoio di Foggia risulta pertanto pari a:

$$135,08 - 126,26 \text{ m} = 9,82 \text{ m}$$



*Nodi K''(DC) – X''(DC) – (DN 800)*

Dalla presa da vasca di partenza opera di Disconnessione di Canosa – DN800 al nodo di Confluenza/derivazione nella condotta di alimentazione direzione Foggia (200 l/s) e Torrino di Barletta in direzione Bari (1100 l/s) – DN800.

Come detto, all'interno della camera di manovra dell'opera di Disconnessione di Canosa, in considerazione della brevità dei tratti di tubazione, delle variabilità di diametro e della presenza di pezzi speciali, l'influenza delle perdite di carico localizzate è tale da non essere trascurabile.

Diametro condotta	DN (mm)	1000
Lunghezza	L (m)	5,61
Portata max	Q (mc/s)	1,300
Velocità	v (m/s)	1,66

Perdite di carico continue calcolate  $\Delta H' = 0,01$  m

Perdite di carico localizzate:

- all'imbocco ( $K = 0,50$ )
- N. 1 valvola a farfalla ( $K = 0,7$ )

da cui si ha:  $\Delta H'' = 0,17$  m

Perdita di carico totale  $\Delta H = \Delta H' + \Delta H'' = 0,18$  m

*Nodi X''(DC) - Y''(DC) - (DN 800)*

Dal nodo di confluenza/derivazione nella condotta di alimentazione direzione Foggia (200 l/s) e Torrino di Barletta in direzione Bari (1100 l/s) DN800 al nodo di derivazione condotta in direzione Foggia DN 900.

Diametro condotta	DN (mm)	800
Lunghezza	L (m)	10,31
Portata max	Q (mc/s)	0,200
Velocità	v (m/s)	0,40

Perdite di carico continue calcolate  $\Delta H' = 0,002$  m

Perdite di carico localizzate:

- all'imbocco ( $K = 0,50$ )
- N. 1 valvola a farfalla ( $K = 0,7$ )
- N. 1 derivazione mediante raccordo a "T"

$$(d_1 = 1,0; d_3 = 0,8; d_1/d_3 = 1,25; Q_1 = 0,20; Q_3 = 1,30; Q_1/Q_3 = 0,15; - K = 0,85)$$

da cui si ha:  $\Delta H'' = 0,013 \text{ m}$

Perdita di carico totale  $\Delta H = \Delta H' + \Delta H'' = 0,01 \text{ m}$

*Nodi Y''(DC) – B''(DC)– (DN 900)*

Dal nodo di derivazione condotta in direzione Foggia DN 900 al cono di riduzione DN 900/600 tronco misura di portata DN 600.

Diametro condotta	DN (mm)	900
Lunghezza	L (m)	12,85
Portata max	Q (mc/s)	0,200
Velocità	v (m/s)	0,31

Perdite di carico continue calcolate  $\Delta H' = 0,001 \text{ m}$

Perdite di carico localizzate:

- N. 1 confluenza mediante raccordo a "T"

$$(d_1 = 0,8; d_3 = 0,9; d_1/d_3 = 0,89; Q_1 = 0,20; Q_3 = 0,20; Q_1/Q_3 = 1,00) \quad (K = 1,70)$$

da cui si ha:  $\Delta H'' = 0,01 \text{ m}$

Perdita di carico totale  $\Delta H = \Delta H' + \Delta H'' = 0,01 \text{ m}$

*Nodi B''(DC) – A''(DC)– (DN 600)*

Dal cono di riduzione DN 900/600 tronco misura di portata DN 600 al cono di allargamento DN 600/900 – partenza lunga condotta DN 900 in direzione del Serbatoio di Foggia.

Diametro condotta	DN (mm)	600
Lunghezza	L (m)	6,00
Portata max	Q (mc/s)	0,20
Velocità	v (m/s)	0,71

Perdite di carico continue calcolate  $\Delta H' = 0,005 \text{ m}$

Perdite di carico localizzate:

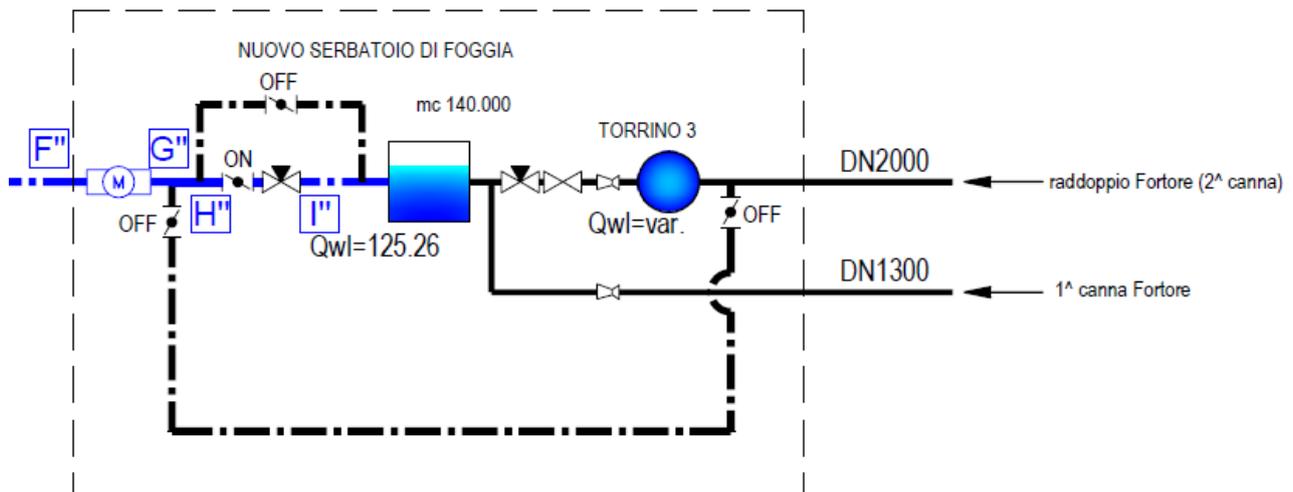
- N. 2 allargamento/restringimento di sezione con raccordo tronco-conico  
( $d = 600$ ;  $D = 900$ ;  $L = 1.000$ ;  $L/D = 1,1$ ; -  $K = 0,2$ )
- N. 1 misuratore di portata elettromagnetico ( $K = 0,10$ )

da cui si ha:  $\Delta H'' = 0,01 \text{ m}$

Perdita di carico totale  $\Delta H = \Delta H' + \Delta H'' = 0,02 \text{ m}$

Nodi A'' (DC) – F''(NF) - (DN 900)

## NODO DI FOGGIA



In questo tratto la lunghezza dei tratti di tubazione da verificare è invece tale che risulta approssimazione accettabile nel calcolo idraulico trascurare le perdite localizzate rispetto a quelle continue dovute alla resistenza delle pareti (da letteratura si parla di “lunghe condotte” quando  $L \geq 1.000 \text{ m}$ , dove  $m$  è il numero di perdite localizzate equivalenti).

Diametro condotta	DN (mm)	900
Lunghezza	L (m)	61.164
Portata max	Q (mc/s)	0,200
Velocità	v (m/s)	0,31

Perdite di carico continue calcolate  $\Delta H' = 6,38 \text{ m}$

*Nodi F''(NF) - G''(NF) - (DN 600)*

Diametro condotta	DN (mm)	600
Lunghezza	L (m)	6,00
Portata max	Q (mc/s)	0,200
Velocità	v (m/s)	0,71

Perdite di carico continue calcolate  $\Delta H' = 0,005 \text{ m}$

Perdite di carico localizzate:

- N. 2 allargamento/restringimento di sezione con raccordo tronco-conico  
( $d = 600$ ;  $D = 900$ ;  $L = 1.000$ ;  $L/D = 1,1$ ;  $-K = 0,2$ )
- N. 1 valvola a farfalla ( $K = 0,7$ )
- N. 1 derivazione mediante raccordo a "T"  
( $d_1 = 0,9$ ;  $d_3 = 0,9$ ;  $d_1/d_3 = 1,0$ ;  $Q_1 = 0,20$ ;  $Q_3 = 0,20$ ;  $Q_1/Q_3 = 1,00$ ;  $-K = 1,2$ )
- N. 1 misuratore di portata elettromagnetico ( $K = 0,10$ )

da cui si ha:  $\Delta H'' = 0,10 \text{ m}$

Perdita di carico totale  $\Delta H = \Delta H' + \Delta H'' = 0,11 \text{ m}$

*Nodi G''(NF) - H''(NF) - (DN 900)*

Diametro condotta	DN (mm)	900
Lunghezza	L (m)	8,40
Portata max	Q (mc/s)	0,200
Velocità	v (m/s)	0,31

Perdite di carico continue calcolate  $\Delta H' = 0,001 \text{ m}$

Perdite di carico localizzate:

- *N. 1 derivazione mediante raccordo a "T"*

( $d_1 = 0,9$ ;  $d_3 = 0,9$ ;  $d_1/d_3 = 1,0$ ;  $Q_1 = 0,20$ ;  $Q_3 = 0,20$ ;  $Q_1/Q_3 = 1,00$ ; -  $K = 1,2$ )

da cui si ha:  $\Delta H'' = 0,06 \text{ m}$

Perdita di carico totale  $\Delta H = \Delta H' + \Delta H'' = 0,007 \text{ m}$

*Nodi H''(NF) - V''(Valvola a fuso - NF) - (DN 400)*

Diametro condotta	DN (mm)	400
Lunghezza	L (m)	0,93
Portata max	Q (mc/s)	0,200
Velocità	v (m/s)	1,59

Perdite di carico continue calcolate  $\Delta H' = 0,01 \text{ m}$

Perdite di carico localizzate:

- *N. 1 allargamento/restringimento di sezione con raccordo tronco-conico*

( $d = 400$ ;  $D = 900$ ;  $L = 1.380$ ;  $L/D = 1,53$ ; -  $K = 0,55$ )

- *N. 1 valvola a farfalla ( $K = 0,7$ )*

da cui si ha:  $\Delta H'' = 0,16 \text{ m}$

Perdita di carico totale  $\Delta H = \Delta H' + \Delta H'' = 0,17 \text{ m}$

*Nodi V''(NF) - I''(NF) - (DN 400)*

Diametro condotta	DN (mm)	400
Lunghezza	L (m)	0,93
Portata max	Q (mc/s)	0,200
Velocità	v (m/s)	1,59

Perdite di carico continue calcolate  $\Delta H' = 0,006 \text{ m}$

Perdite di carico localizzate:

- *N. 1 allargamento/restringimento di sezione con raccordo tronco-conico*

( $d = 400$ ;  $D = 900$ ;  $L = 1.380$ ;  $L/D = 1,53$ ; -  $K = 0,55$ )

- *N. 1 valvola a farfalla (K = 0,7)*

da cui si ha:  $\Delta H'' = 0,16 \text{ m}$

Perdita di carico totale  $\Delta H = \Delta H' + \Delta H'' = 0,17 \text{ m}$

*Nodo I''(NF) – Serbatoio di Foggia (vaschetta 1 arrivo Acquedotto Fortore) – (DN 900)*

Diametro condotta	DN (mm)	900
Lunghezza	L (m)	14,96
Portata max	Q (mc/s)	0,200
Velocità	v (m/s)	0,31

Perdite di carico continue calcolate  $\Delta H' = 0,002 \text{ m}$

Perdite di carico localizzate:

- *allo sbocco (K = 1,00)*
- *N. 1 curva a 90° (K = 0,32)*
- *N. 1 valvola a farfalla (K = 0,7)*

da cui si ha:  $\Delta H'' = 0,01 \text{ m}$

Perdita di carico totale  $\Delta H = \Delta H' + \Delta H'' = 0,01 \text{ m}$

Tabella di riepilogo:

FUNZIONAMENTO DA CANOSA VERSO FOGGIA (A REGIME - Q = 200 l/s)													
NODO O TRONCO	Q (m <sup>3</sup> /s)	L (m)	DN (mm)	v (m/s)	ε (mm)	Re	v (m <sup>2</sup> /s)	λ	ΔH' (m)	ΔH'' (m)	ΔH (m)	H (mm) - Piezometrica da valle	H (mm) - Piezometrica da monte
K''													135,08
K'' - X''	1,30	5,61	1.000	1,66	0,5	1.645.339,37	0,000001006	0,017005061	0,013	0,17	0,18		
X''													134,90
X'' - Y''	0,20	10,31	800	0,40	0,5	316.411,42	0,000001006	0,018813481	0,002	0,0125	0,01		
Y''													134,88
Y'' - B''	0,20	12,85	900	0,31	0,5	281.254,59	0,000001006	0,018590064	0,001	0,0086	0,01		
B''													134,87
B'' - A''	0,20	6,00	600	0,71	0,5	421.881,89	0,000001006	0,019579755	0,005	0,01	0,02		
A''													134,86
A'' - Disconnessione Canosa - nodo F''	0,20	61.164	900	0,31	0,5	281.254,59	0,000001006	0,018590064	6,38	0,01	6,38		
F''													128,48
F'' - G''	0,20	6,00	600	0,71	0,5	421.881,89	0,000001006	0,019579755	0,005	0,10	0,11		
G''													128,37
G'' - H''	0,20	8,40	900	0,31	0,5	281.254,59	0,000001006	0,018590064	0,001	0,01	0,01		
H''													128,36
H'' - V'' (valv. a fuso)	0,20	0,93	400	1,59	0,5	632.822,84	0,000001006	0,021142817	0,006	0,16	0,17		
V'' (valvola a fuso)													128,19
Perdita di carico da DC al Serbatoio di Foggia (valvola a fuso di monte)											6,89		
Carico da dissipare sulla valvola a fuso DN350, in entrata al Serbatoio di Foggia											2,75		
V'' (valvola a fuso)												125,44	
V'' (valv. A fuso) - I''	0,20	0,93	400	1,59	0,5	632.822,84	0,000001006	0,021142817	0,006	0,16	0,17		
I''													125,27
I'' - Serbatoio di Foggia	0,20	14,96	900	0,31	0,5	281.254,59	0,000001006	0,018590064	0,002	0,01	0,01		
Serbatoio di Foggia (quota soglia)												125,26	
Carico disponibile DC a Serbatoio Foggia											9,82		
Carico da dissipare sulla valvola di regolazione di valle										ΔH <sub>v</sub> =	2,75		
Nodo K''	Presenza vasca di partenza DC												
Nodo X''	Confluenza/derivazione nella condotta di alimentazione in direzione Foggia (200 l/s) e Torrino di Barletta (1100 l/s)												
Nodo Y''	Derivazione verso Foggia												
Nodo B''	Cono riduzione DN900/600 tronco misura di portata in area Disconnessione Canosa												
Nodo A''	Cono allargamento di sezione DN600/900 fine tronco misura portata = origine tratto lunga condotta DN900 sino a Nodo di Foggia												
Nodo F''	Cono riduzione DN900/600 tronco misura di portata in area Nodo di Foggia												
Nodo G''	Cono allargamento di sezione DN600/900 fine tronco misura portata												
Nodo H''	Cono riduzione DN900/400 per alloggio valvola di regolazione												
Nodo V''	Valvola di regolazione a fuso DN400												
Nodo I''	Cono di allargamento DN400/900 fino a sfocio nella vaschetta di carico del Serbatoio di Foggia												

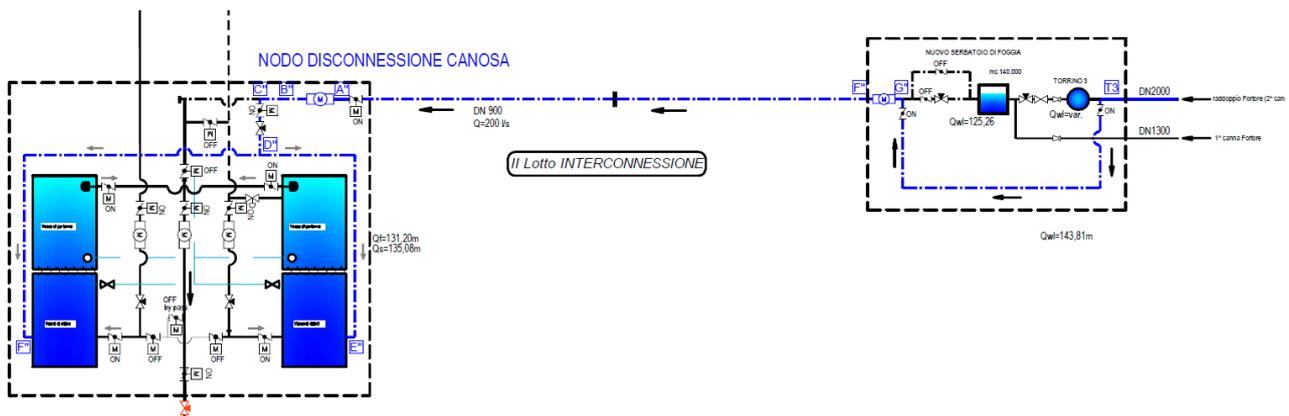
### 3.2.1. FUNZIONAMENTO DA OPERA DI DISCONNESSIONE DI CANOSA A SERBATOIO DI FOGGIA (MASSIMA PORTATA CONVOGLIABILE)

FUNZIONAMENTO DA CANOSA VERSO FOGGIA (max portata convogliabile)													
NODO O TRONCO	Q (m <sup>3</sup> /s)	L (m)	DN (mm)	v (m/s)	ε (mm)	Re	ν (m <sup>2</sup> /s)	λ	ΔH' (m)	ΔH'' (m)	ΔH (m)	H (mm) - Piezometrica da valle	H (mm) - Piezometrica da monte
K''													135,08
K'' - X''	1,320	5,61	1.000	1,68	0,5	1.670.652,29	0,000001006	0,017000439	0,014	0,173	0,186		
X''													134,89
X'' - Y''	0,220	10,31	800	0,44	0,5	348.052,56	0,000001006	0,018711419	0,002	0,015	0,017		
Y''													134,88
Y'' - B''	0,220	12,85	900	0,35	0,5	309.380,05	0,000001006	0,018471189	0,002	0,010	0,012		
B''													134,86
B'' - A''	0,220	6,00	600	0,78	0,5	464.070,08	0,000001006	0,019511798	0,006	0,015	0,021		
A''													134,84
A'' - Disconnessione Canosa - nodo F''	0,220	61,164	900	0,35	0,5	309.380,05	0,000001006	0,018471189	7,655	0,006	7,661		
F''													127,18
F'' - G''	0,220	6,00	600	0,78	0,5	464.070,08	0,000001006	0,019511798	0,006	0,13	0,13		
G''													127,05
G'' - H''	0,220	8,40	900	0,35	0,5	309.380,05	0,000001006	0,018471189	0,001	0,01	0,01		
H''													127,04
H'' - V'' (valv. a fuso)	0,220	0,93	400	1,75	0,5	696.105,12	0,000001006	0,021106691	0,008	0,20	0,20		
V'' (valvola a fuso)													126,84
Perdita di carico da DC al Serbatoio di Foggia (valvola a fuso di monte)											8,24		
Carico da dissipare sulla valvola a fuso DN350, in entrata al Serbatoio di Foggia											1,36		
V'' (valvola a fuso)												125,48	
V'' (valv. A fuso) - I''	0,220	0,93	400	1,75	0,5	696.105,12	0,000001006	0,021106691	0,008	0,20	0,20		
I''													125,27
I'' - Serbatoio di Foggia	0,220	14,96	900	0,35	0,5	309.380,05	0,000001006	0,018471189	0,002	0,01	0,01		
Serbatoio di Foggia (quota soglia)												125,26	
Carico disponibile da Disconnessione Canosa (DC) a Serbatoio Foggia											9,82		
Carico da dissipare sulla valvola di regolazione di valle											ΔH <sub>v</sub> =	1,36	
Nodo K''	Presa vasca di partenza DC												
Nodo X''	Confluenza/derivazione nella condotta di alimentazione in direzione Foggia (200 l/s) e Torrino di Barletta (1100 l/s)												
Nodo Y''	Derivazione verso Foggia												
Nodo B''	Cono riduzione DN900/600 tronco misura di portata in area Disconnessione Canosa												
Nodo A''	Cono allargamento di sezione DN600/900 fine tronco misura portata = origine tratto lunga condotta DN900 sino a Nodo di Foggia												
Nodo F''	Cono riduzione DN900/600 tronco misura di portata in area Nodo di Foggia												
Nodo G''	Cono allargamento di sezione DN600/900 fine tronco misura portata												
Nodo H''	Cono riduzione DN900/400 per alloggio valvola di regolazione												
Nodo V''	Valvola di regolazione a fuso DN400												
Nodo I''	Cono di allargamento DN400/900 fino a sfocio nella vaschetta di carico del Serbatoio di Foggia												

Nel suo funzionamento diretto, verso Canosa - Foggia, la condotta potrà derivare una portata di circa 200 l/s, con un valore massimo di circa 220 l/s, dagli schemi di competenza della Puglia Centrale verso la Capitanata.

### 3.3. **SCENARIO 4: FUNZIONAMENTO INVERSO, DAL NODO DI FOGGIA (TORRINO 3) ALL’OPERA DI DISCONNESSIONE DI CANOSA (SITUAZIONE ORDINARIA A REGIME $Q$ = 200 L/s)**

(NODI T3 - G'' - F'' - A'' - B'' - C'' - D'' - E'')



Fra gli obiettivi del presente progetto vi è quello di garantire l’alimentazione dei popolosi comuni della fascia costiera della Puglia centrale con le acque dello schema idrico del Fortore sia a regime sia in caso di riduzione della disponibilità idrica degli schemi Ofanto - Locone e Sele - Calore.

Per la descrizione del funzionamento dell’Acquedotto del Fortore si rimanda all’elaborato D.1 “Relazione generale”.

#### 3.3.1 **Ipotesi funzionali Progetto esecutivo “Acquedotto del Fortore - Raddoppio 1<sup>a</sup> canna – Progetto 2614”**

Allo scopo di permettere il funzionamento inverso del vettore, da Foggia in direzione Canosa, è necessario sfruttare il carico che si rende disponibile nel “Torrino 3” attraverso una presa in carico immediatamente a monte della stessa opera di disconnessione, facente parte della 2<sup>a</sup> canna del Fortore (o raddoppio della 1<sup>a</sup> canna Fortore).

Dall’esame dell’elaborato “Profilo idraulico schematico” (cat. 314 - dis. 442) del progetto esecutivo “Acquedotto del Fortore - Raddoppio 1<sup>a</sup> canna – Progetto 2614”, redatto nel marzo 1991, sono stati rilevati i due regimi idraulici a base del calcolo di dimensionamento:

- Portata massima:  $Q_{max} = 2.798$  l/s dall’Impianto di Potabilizzazione del Fortore



IPOTESI FUNZIONALE 2		Q <sub>max</sub> = 2,798 mc/s										
	Q (m <sup>3</sup> /s)	D (mm)	L (m)	Progressiva (m)	v (m/s)	u	Y (m)	J = Y/L	H (m)	Hg (m)	h(m)	
									147,00		147,00	
1° tronco	2,798	1600	0	0,00	1,39	0,0001	0,00					
									147,00		147,00	
2° tronco	2,798	2000	1.507,17	1.507,17	0,89	4E-05	0,48	0,00031518				
									146,52		146,52	
3° tronco - 3a	2,798	2100	9.173,85	10.681,02	0,81	3E-05	2,25	0,00024476				
									144,28		144,28	Torrino 1
3° tronco - 3b	2,798	2100	2.428,44	13.109,46	0,81	3E-05	0,59	0,00024476				
									143,69		143,69	
4° tronco - 4a	2,798	1900	2.853,96	15.963,42	0,99	5E-05	1,17	0,00041124				
									142,51		142,51	Torrino 2
4° tronco - 4b	2,798	1900	5.491,31	21.454,73	0,99	5E-05	2,26	0,00041124				
									140,25		140,25	
5° tronco	2,798	2000	19.119,15	40.573,88	0,89	4E-05	6,03	0,00031518				
									134,23		134,23	Torrino 3

I valori delle quote piezometriche nel Torrino 3, ricavabili partendo dalle ipotesi del progetto 2614 di cui sopra, risultano attualmente inadeguate per lo studio del funzionamento inverso della condotta in progetto, poiché il vettore denominato 2<sup>a</sup> canna dell'Acquedotto del Fortore, ha allo stato attuale, una configurazione idraulica e funzionale diversa rispetto a quella originaria.

Infatti, successivamente al raddoppio del Fortore, sono stati realizzati il Serbatoio di testata, posto a valle dell'impianto di Potabilizzazione del Fortore, ed una stazione di filtrazione a carboni attivi ubicata in uscita dallo stesso impianto (che ha ridotto il valore del carico di partenza dalla vasca d'uscita dell'impianto del Fortore, con stramazzo a quota 146,45 m s.l.m., a fronte dell'originario valore di 147,00 m s.l.m. indicato nelle tabelle sopra riportate), questa nuova configurazione ha fissato una quota di partenza del vettore 2<sup>a</sup> canna Fortore (dal predetto nuovo serbatoio di testata, posto a circa 390 m a valle dell'impianto del Fortore) pari a circa 145,10 m s.l.m.

Pertanto, nei paragrafi successivi, sono stati rivisti i calcoli idraulici della 2<sup>a</sup> canna del Fortore con riferimento alla situazione attuale, al fine di individuare le quote di riferimento del Torrino 3, utili per la verifica del funzionamento inverso.

### 3.3.2 Stima della scabrezza 2<sup>a</sup> canna Acquedotto del Fortore

Come già accennato al par. 3.3.1. La 2<sup>a</sup> canna del Fortore è stata dimensionata, nella sua configurazione originaria, per trasportare la portata massima di 2.798 l/s, nella condizione di tubi usati, utilizzando un coefficiente di scabrezza medio teorico pari a  $\gamma = 0.16$ .

Per il dimensionamento della condotta in progetto, nell'ipotesi di funzionamento inverso, è risultato necessaria, come si può evincere dai paragrafi seguenti, la determinazione di un valore della scabrezza più vicino alla realtà.

A tal fine è risultato necessario valutare i livelli idrici nei Torrini 2 e 3 nonché la portata circolante nella tratta di condotta delimitata dalle due opere di disconnessione nello stesso periodo temporale.

La tratta oggetto di studio è dotata di misuratori di portata ubicati subito a valle dei due suddetti manufatti ma non sono presenti misuratori di livello.

Per valutare la quota del pelo libero nei torrini, considerata la pericolosità di accesso per la misurazione diretta, si è utilizzata la via indiretta.

Per il *Torrino 2* è stata effettuata una misurazione manometrica con manometro registratore - nel periodo 5-6-7 ottobre 2017 - installato in corrispondenza di una presa ubicata nel manufatto di misura posto circa 56 m dal torrino.

Torrino 2 - manometro 3		
data misura	p (bar)	p (mca)
05.10.2017	0,772	7,874
06.10.2017	0,768	7,836
07.10.2017	0,807	8,233
<b>valore medio</b>	<b>0,783</b>	<b>7,981</b>

Poiché la quota geodetica del punto d'installazione del manometro 3 è pari a 127,07 m s.l.m. (vedi Fig. 2) risulta che la quota piezometrica in corrispondenza dello strumento di misura nel periodo di osservazione è pari a  $H = 127,07 + 7,98 = 135,05$  m s.l.m.

Torrino 2 - piezometro 3			
data misura	p (bar)	p (mca)	H <sub>3</sub> (m.slm)
05.10.2017	0,772	7,874	
06.10.2017	0,768	7,836	
07.10.2017	0,807	8,233	
<b>valore medio</b>	<b>0,783</b>	<b>7,981</b>	<b>135,05</b>

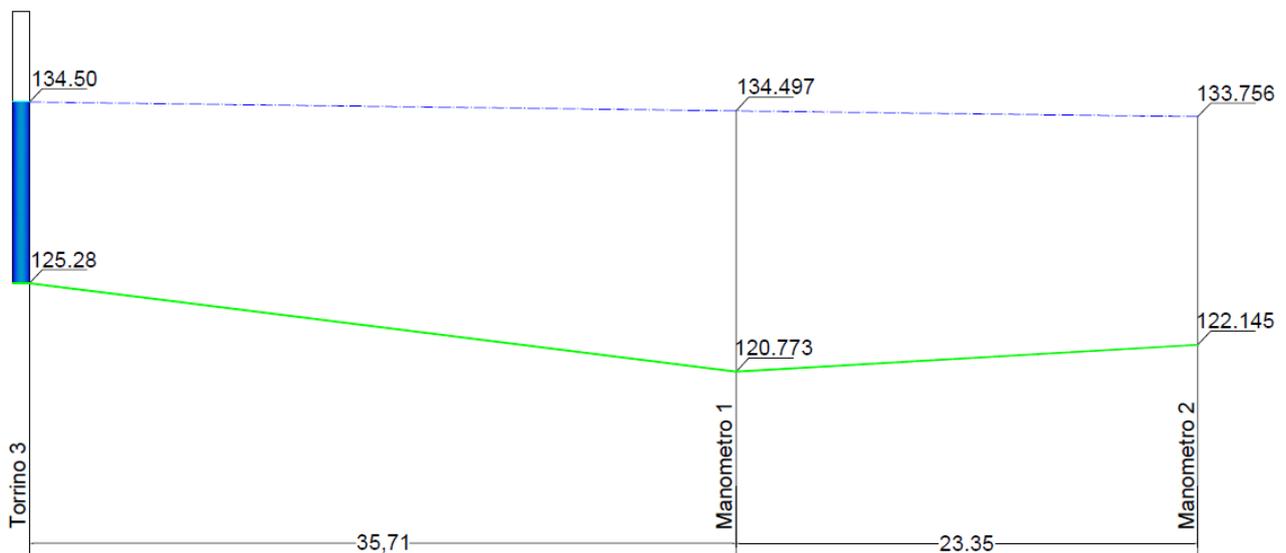
Per il *Torrino 3* vista l'impossibilità di installare il manometro in un manufatto posto a monte e nelle vicinanze del piezometro, le misure, nello stesso periodo di cui sopra, sono state effettuate sia

nel manufatto di misurazione (manometro 1) sia nella camera di manovra (manometro 2) ubicati a valle dello stesso torrino utilizzando prese manometriche esistenti.

Torrino 3 - manometro 1		
data misura	p (bar)	p (mca)
05.10.2017	1,295	13,204
06.10.2017	1,292	13,171
07.10.2017	1,333	13,595
<b>valore medio</b>	<b>1,307</b>	<b>13,324</b>

Torrino 3 - manometro 2		
data misura	p (bar)	p (mca)
05.10.2017	1,126	11,483
06.10.2017	1,123	11,455
07.10.2017	1,167	11,896
<b>valore medio</b>	<b>1,139</b>	<b>11,611</b>

Il calcolo del livello nel Torrino 3 è stato effettuato per via geometrica secondo il disegno schematico allegato.



*Fig.1 – Profilo schematico per determinazione indiretta livello Torrino 3*

I livelli rilevati nei due torrini risentono della parzializzazione di due valvole poste subito a valle del Torrino 1 e del Torrino 2 (ma a monte del misuratore di portata per il Torrino 2), che determinano un significativo abbassamento rispetto al funzionamento come previsto in progetto.

Contestualmente sono stati acquisiti i valori delle portate medie giornaliere in entrata ed in uscita dal tronco in esame, nello stesso periodo di misura, che ha permesso di valutare anche la percentuale delle perdite in condotta come da tabella allegata.

<b>data misura</b>	<b>Q2 (l/s)</b>	<b>Q3 (l/s)</b>	<b>perdite %</b>
05.10.2017	696,14	667,86	4%
06.10.2017	677,17	665,40	2%
07.10.2017	677,17	667,81	1%
<b>valore medio</b>	<b>683,49</b>	<b>667,02</b>	<b>2%</b>

Note le quote di piezometriche iniziale e finale, il carico disponibile pari a

$$\Delta H = 135,05 - 134,50 = 0,55 \text{ m}$$

la lunghezza della tratta ( $5.491,31 + 19.119,15 = 24.610,46$  m), i diametri (DN 1900 e DN 2000) e la portata circolante, è stato possibile stimare una scabrezza reale pari a circa  $\varepsilon = 0,5$  mm, che determina le seguenti perdite di carico:

<b>Dal torrino 2 ( manometro 3) al torrino 3</b>				
L (m)	DN (mm)	Q (l/s)	J (m/m)	Y (m)
5.491,31	1900	683,49	2,567E-05	0,14
19.119,15	2000	683,49	1,984E-05	0,38
<b>24.610,46</b>				<b>0,52</b>

tale valore di scabrezza è stato utilizzato come riferimento nelle verifiche idrauliche riferite alla 2<sup>a</sup> canna del Fortore.

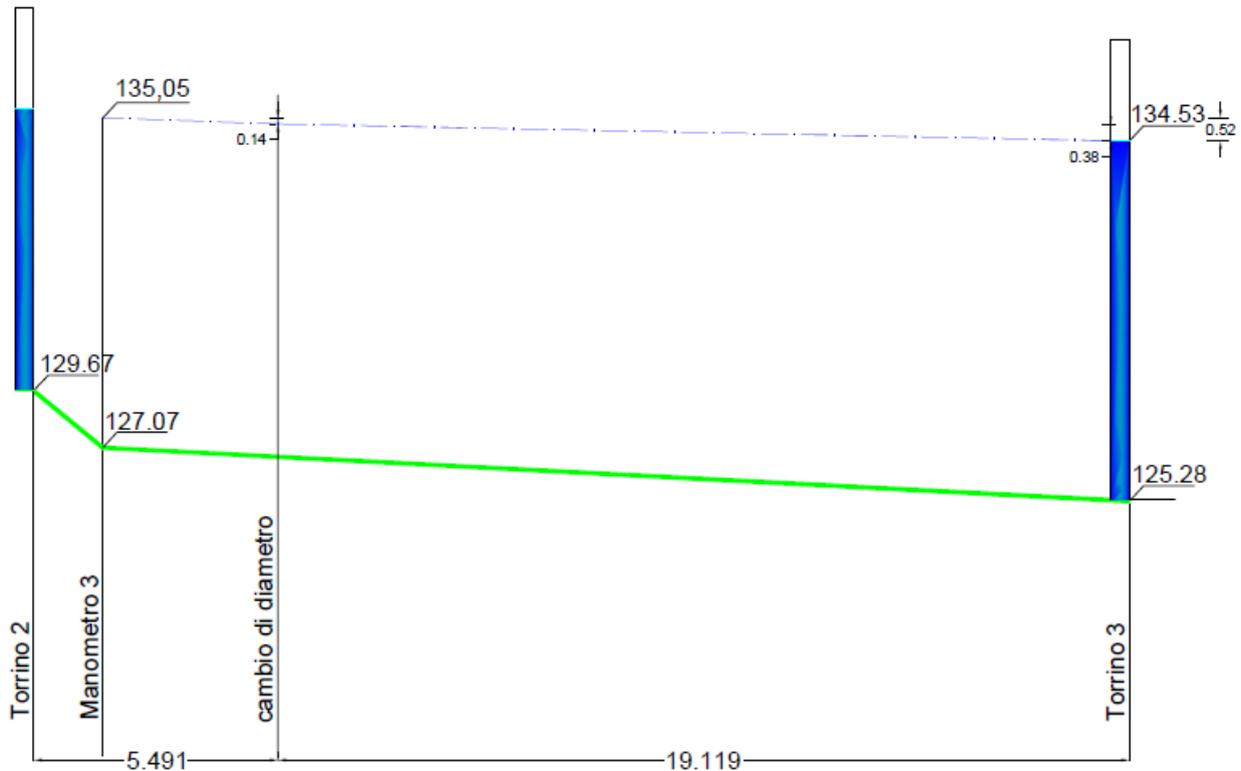


Fig.2 – Profilo schematico per la stima della scabrezza reale delle condotte

### 3.3.3 Calcolo della quota idonea del Torrino 3 per permettere il funzionamento inverso a regime

Il valore di portata idoneo derivabile dalla 2<sup>a</sup> canna del Fortore in corrispondenza del Torrino 3 è stato calcolato pari a 200 l/s.

Tale valore di portata garantisce infatti una velocità in condotta pari a circa 31 cm/s, valore minimo necessario sia a mantenere idonee le caratteristiche qualitative dell'acqua trasportata sia per limitare i fenomeni di riscaldamento e facilitare l'eliminazione dell'aria in condotta.

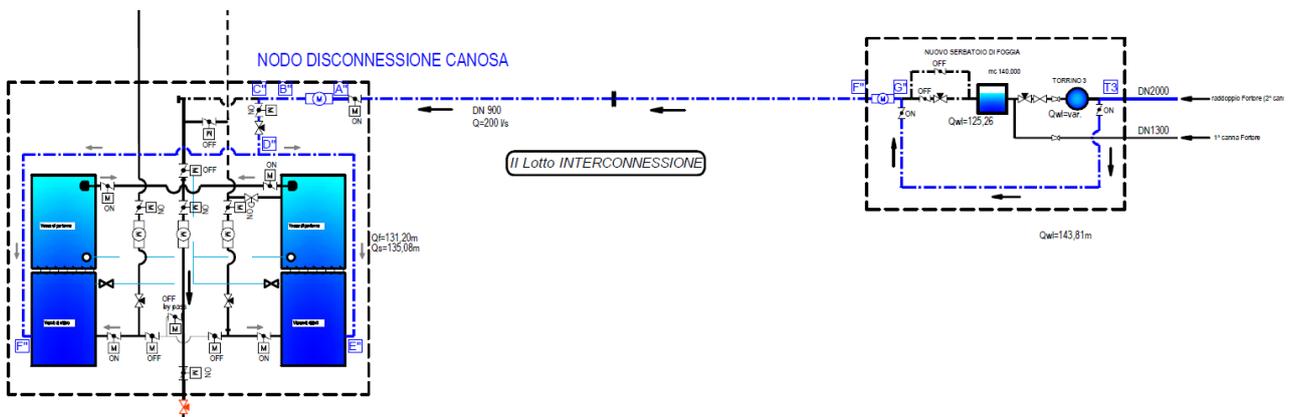
Come descritto in seguito, tale minimo di velocità si avrà anche nella 2<sup>a</sup> canna del Fortore nella configurazione atta a garantire la derivazione di 200 l/s verso Canosa attraverso la condotta DN 900 di progetto.

Al fine di determinare la quota minima necessaria al Torrino 3 nel Nodo di Foggia, per far transitare la suddetta portata, si procede al calcolo delle perdite di carico distribuite e localizzate del vettore “II Lotto Interconnessione”, da sommare alla quota, fissata, di arrivo nella vasca di Disconnessione di Canosa.

Considerando infatti la quota sulla soglia di sfioro della vasca di arrivo dell'opera di Disconnessione di Canosa pari a 135,08 s.l.m., si fissa la quota di sbocco all'interno della predetta

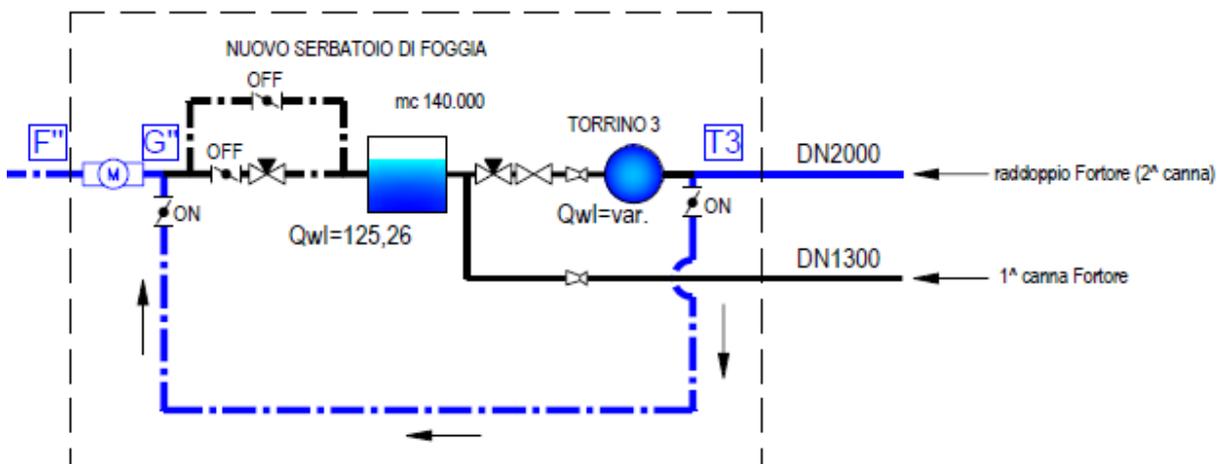
vasca a quota 135,68 m, coincidente con la generatrice inferiore della tubazione di arrivo di progetto del DN 400.

Si procede a ritroso partendo dalla suddetta quota di sbocco calcolando le perdite di carico distribuite lungo il vettore principale DN 900 in sede propria, e sia quelle distribuite che localizzate nei tratti di condotte ubicate nelle aree della vasca di Disconnessione di Canosa e del Nodo di Foggia.



*Nodi T3 (Torrino 3) – G''(NF) – (DN 900)*

### NODO DI FOGGIA



Diametro condotta	DN (mm)	900
Lunghezza	L (m)	265,96
Portata max	Q (mc/s)	0,200
Velocità	v (m/s)	0,31

Perdite di carico continue calcolate  $\Delta H' = 0,03 \text{ m}$

Perdite di carico localizzate:

- all'imbocco ( $K = 0,50$ )
- N. 1 derivazione mediante raccordo a "T"  
( $d_1 = 0,9$ ;  $d_3 = 1,2$ ;  $d_1/d_3 = 0,75$ ;  $Q_1 = 0,20$ ;  $Q_3 = 1,270$ ;  $Q_1/Q_3 = 0,16$ ; -  $K = 0,92$ )
- N. 1 curva a  $90^\circ$  ( $K = 0,32$ )
- N. 2 valvole a farfalla ( $K = 0,7$ )

da cui sia ha:  $\Delta H'' = 0,02 \text{ m}$

Perdita di carico totale  $\Delta H = \Delta H' + \Delta H'' = 0,04 \text{ m}$

Nodi G''(NF) - F''(NF) - (DN 600)

Diametro condotta	DN (mm)	600
Lunghezza	L (m)	6,00
Portata max	Q (mc/s)	0,200
Velocità	v (m/s)	0,71

Perdite di carico continue calcolate  $\Delta H' = 0,005 \text{ m}$

Perdite di carico localizzate:

- N. 2 allargamento/restringimento di sezione con raccordo tronco-conico  
( $d = 600$ ;  $D = 900$ ;  $L = 1.000$ ;  $L/D = 1,1$ ; -  $K = 0,2$ )
- N. 1 derivazione mediante raccordo a "T"  
( $d_1 = 0,9$ ;  $d_3 = 0,9$ ;  $d_1/d_3 = 1,0$ ;  $Q_1 = 0,20$ ;  $Q_3 = 0,20$ ;  $Q_1/Q_3 = 1,00$ ; -  $K = 1,2$ )
- N. 1 misuratore di portata elettromagnetico ( $K = 0,10$ )

da cui sia ha:  $\Delta H'' = 0,113 \text{ m}$

Perdita di carico totale  $\Delta H = \Delta H' + \Delta H'' = 0,118 \text{ m}$

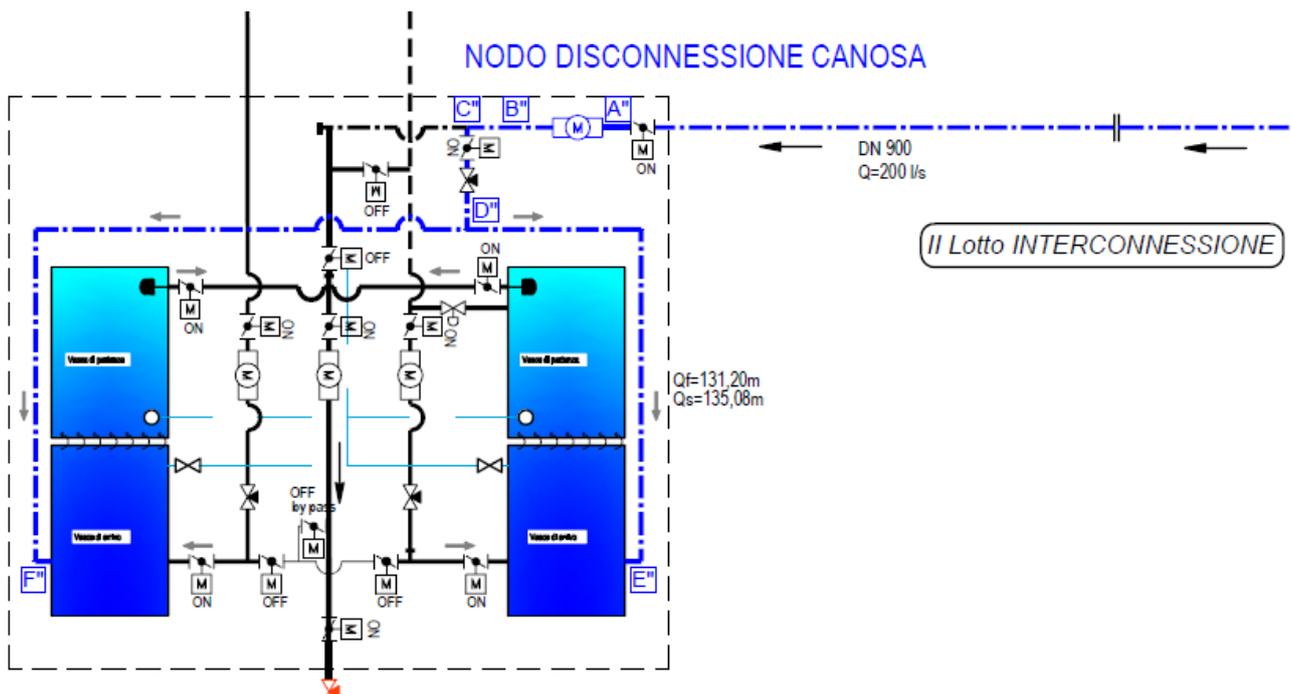
*Nodi F''(NF) - A''(DC) - (DN 900)*

Diametro condotta	DN (mm)	900
Lunghezza	L (m)	61.164
Portata max	Q (mc/s)	0,20
Velocità	v (m/s)	0,31

Perdite di carico continue calcolate  $\Delta H' = 6,38 \text{ m}$

Come nel caso del funzionamento diretto (da Disconnessione di Canosa al Serbatoio di Foggia), anche in questo caso, come detto, risulta accettabile trascurare nel tratto più lungo in sede propria (lunghezza 61.164 m) le perdite localizzate rispetto a quelle continue dovute alla resistenza delle pareti (come visto, da letteratura si parla di "lunghe condotte" quando  $L \geq 1.000 \text{ m}$ , dove  $m$  è il numero di perdite localizzate equivalenti), tenendone invece conto nei tratti di condotta nelle aree del Nodo di Foggia e dell'Opera di Disconnessione di Canosa, come si mostra nello sviluppo dei presenti calcoli idraulici.

*Nodi A''(DC) - B''(DC) - (DN 600)*



Diametro condotta	DN (mm)	600
Lunghezza	L (m)	6,00
Portata max	Q (mc/s)	0,20
Velocità	v (m/s)	0,71

Perdite di carico continue calcolate  $\Delta H' = 0,005 \text{ m}$

Perdite di carico localizzate:

- N. 2 allargamento di sezione con raccordo tronco-conico  
( $d = 600$ ;  $D = 900$ ;  $L = 1.000$ ;  $L/D = 1,11$ ; -  $K = 0,20$ )
- N. 1 misuratore di portata elettromagnetico ( $K = 0,10$ )

da cui sia ha:  $\Delta H'' = 0,013 \text{ m}$

Perdita di carico totale  $\Delta H = \Delta H' + \Delta H'' = 0,118 \text{ m}$

*Nodi B''(DC) - C''(DC) - (DN 900)*

Diametro condotta	DN (mm)	900
Lunghezza	L (m)	8,92
Portata max	Q (mc/s)	0,20
Velocità	v (m/s)	0,31

Perdite di carico continue calcolate  $\Delta H' = 0,01 \text{ m}$

Perdite di carico localizzate:

- N. 1 derivazione mediante raccordo a "T"  
( $d_1 = 0,4$ ;  $d_3 = 0,9$ ;  $d_1/d_3 = 0,44$ ;  $Q_1 = 0,20$ ;  $Q_3 = 0,20$ ;  $Q_1/Q_3 = 1$ ; -  $K = 2,9$ )

da cui sia ha:  $\Delta H'' = 0,015 \text{ m}$

Perdita di carico totale  $\Delta H = \Delta H' + \Delta H'' = 0,02 \text{ m}$

*Nodi C''(DC) - D''(DC) - (DN 400)*

Diametro condotta	DN (mm)	400
Lunghezza	L (m)	7,71
Portata max	Q (mc/s)	0,20
Velocità	v (m/s)	1,59

Perdite di carico continue calcolate  $\Delta H' = 0,05 \text{ m}$

Perdite di carico localizzate:

- N. 1 curva a  $90^\circ$  ( $K = 0,32$ )
- N. 1 valvola di ritegno a farfalla ( $K = 2,4$ )
- N. 1 valvola di regolazione a fuso ( $K = 4,9$ )

da cui sia ha:  $\Delta H'' = 0,98 \text{ m}$

Perdita di carico totale  $\Delta H = \Delta H' + \Delta H'' = 1,04 \text{ m}$

*Nodi D''(DC) - E''(DC) - (DN 400)*

Diametro condotta	DN (mm)	400
Lunghezza	L (m)	27,00
Portata max	Q (mc/s)	0,10
Velocità	v (m/s)	0,80

Perdite di carico continue calcolate  $\Delta H' = 0,05 \text{ m}$

Perdite di carico localizzate:

- N. 3 curve a  $90^\circ$  ( $K = 0,32$ )

da cui sia ha:  $\Delta H'' = 0,03 \text{ m}$

Perdita di carico totale  $\Delta H = \Delta H' + \Delta H'' = 0,08 \text{ m}$

Tabella di riepilogo:

FUNZIONAMENTO DA FOGGIA VERSO CANOSA (A REGIME - Q = 200 l/s)												
NODO O TRONCO	Q (m <sup>3</sup> /s)	L (m)	DN (mm)	v (m/s)	ℓ (mm)	Re	ν (m <sup>2</sup> /s)	λ	ΔH' (m)	ΔH'' (m)	ΔH (m)	H (m) - Piezometrica da valle
<b>T3 (TORRINO 3)</b>												143,37
T3 - G''	0,200	265,96	900	0,31	0,5	281.254,59	0,000001006	0,018590064	0,03	0,02	0,04	143,33
G''												143,33
G'' - F''	0,200	6,00	600	0,71	0,5	421.881,89	0,000001006	0,019579755	0,00	0,11	0,12	143,21
F''												143,21
<b>F'' - DC nodo A''</b>	0,200	61,164	900	0,31	0,5	281.254,59	0,000001006	0,018590064	6,38	0,00	6,38	136,83
A''												136,83
A'' - B''	0,200	6,00	600	0,71	0,5	421.881,89	0,000001006	0,019579755	0,00	0,01	0,02	136,81
B''												136,81
B'' - C''	0,200	8,92	900	0,31	0,5	281.254,59	0,000001006	0,018590064	0,00	0,01	0,02	136,79
C''												136,79
C'' - D''	0,200	7,71	400	1,59	0,5	632.822,84	0,000001006	0,021142817	0,05	0,98	1,04	135,76
D''												135,76
D'' - E''	0,100	27,30	400	0,80	0,5	316.411,42	0,000001006	0,021526968	0,05	0,03	0,08	135,68
E''												135,68
											<b>7,69</b>	
Nodo T3	Torrino 3 del nodo di Foggia											
Nodo G''	Cono riduzione DN900/600 tronco misura di portata											
Nodo F''	Cono allargamento di sezione DN600/900 fine tronco misura portata in area Nodo di Foggia											
Nodo A''	Cono riduzione DN900/600 tronco misura di portata in area Disconnessione di Canosa											
Nodo B''	Cono allargamento di sezione DN600/900 fine tronco misura portata											
Nodo C''	Nodo derivazione condotta DN400 alimentazione vasche di arrivo DC											
Nodo D''	Nodo diramazione condotta DN400 alimentazione vasche di arrivo DC											
Nodo E''	Sbocco nella vasca di arrivo Disconnessione Canosa											

Dunque, col procedimento di calcolo delle perdite di carico, partendo dalla quota di sbocco di valle (135,68 m s.l.m.), la quota minima necessaria al Torrino 3 per il transito della portata a regime Q=200 l/s, nel funzionamento inverso, è pari a 143,37 m s.l.m.

Tenendo conto che il livello massimo del serbatoio di testata del Fortore ha una quota assoluta utile di 145,10 m s.l.m. e che in corrispondenza del Torrino 1 è necessario derivare una portata (massima nel periodo estivo pari a 250 l/s, e minima nel periodo invernale pari a 120 l/s) a servizio degli abitati di Torremaggiore e San Severo, per l'alimentazione contemporanea del serbatoio di Foggia e della vasca di Canosa la portata massima convogliabile nella 2<sup>a</sup> canna del Fortore non dovrà essere superiore a circa 1.230-1.185 l/s (a seconda del periodo di riferimento).

Tali valori di portata garantirebbero inoltre, nelle tratte di diametro maggiore (DN 2100), velocità dell'ordine di 30 cm /s come da tabelle allegate:

2 <sup>a</sup> Canna del Fortore periodo estivo										
	progressiva		L (m)	DN (mm)	Q (l/s)	V (m/s)	J (m/m)	Y (m)	H (m s.l.m.)	nota
tronco	Inizio	Fine								
									145,10	serbatoio di testata
1	0,00	1.507,17	1.507,17	2000	1230	0,39	0,000053079	0,08	145,02	cambio diametro
2	1.507,17	10.681,02	9.173,85	2100	1230	0,36	0,000046872	0,43	144,59	torrino 1
3	10.681,02	13.109,46	2.428,44	2100	980	0,28	2,47072E-05	0,06	144,53	cambio diametro
4	13.109,46	15.963,42	2.853,96	1900	980	0,35	0,00005118	0,15	144,39	torrino 2
5	15.963,42	21.454,73	5.491,31	1900	980	0,35	0,00005118	0,28	144,11	cambio diametro
6	21.454,73	40573,88	19.119,15	2000	980	0,31	0,00003949	0,76	143,37	torrino 3

2 <sup>a</sup> Canna del Fortore periodo invernale										
	progressiva		L (m)	DN (mm)	Q (l/s)	V (m/s)	J (m/m)	Y (m)	H (m s.l.m.)	nota
tronco	Inizio	Fine								
									145,10	serbatoio di testata
1	0,00	1.507,17	1.507,17	2000	1120	0,36	0,00005106	0,08	145,02	cambio diametro
2	1.507,17	10.681,02	9.173,85	2100	1120	0,32	0,00003989	0,37	144,66	torrino 1
3	10.681,02	13.109,46	2.428,44	2100	1000	0,29	0,0000321	0,08	144,58	cambio diametro
4	13.109,46	15.963,42	2.853,96	1900	1000	0,35	0,00005321	0,15	144,43	torrino 2
5	15.963,42	21.454,73	5.491,31	1900	1000	0,35	0,00005321	0,29	144,14	cambio diametro
6	21.454,73	40573,88	19.119,15	2000	1000	0,32	0,00004106	0,79	143,37	torrino 3

Nel caso dovesse essere necessaria una portata superiore in corrispondenza nodo idrico di Foggia si potrà compensare il deficit attraverso la 1<sup>a</sup> canna del Fortore, anch'essa al servizio del nuovo serbatoio dell'abitato.

### 3.3.4 Calcolo portata massima derivabile dal Fortore

La condizioni di massima portata del "II lotto dell'Interconnessione", nel caso di funzionamento inverso, coincide con il minimo funzionamento della 2<sup>a</sup> canna del Fortore che determina il massimo livello idrico disponibile in corrispondenza del Torrino 3.

La portata minima che la 2<sup>a</sup> canna del Fortore deve assicurare al serbatoio di Foggia non può essere inferiore a 500 l/s, perché solo in questo caso, come comunicatoci dalla Struttura Territoriale Operativa (STO) Foggia di Acquedotto Pugliese S.p.A., Gestore del vettore idrico, la 1<sup>a</sup> canna è in grado d'integrare adeguatamente la portata necessaria al serbatoio di Foggia in difetto.

Tenendo conto che in corrispondenza del Torrino 1 si possono derivare non meno di 100 l/s a favore degli abitati di Torremaggiore e San Severo, dal serbatoio di testata del Fortore devono partire 600 l/s, oltre alla portata derivabile verso Canosa attraverso la condotta di progetto.

Tale portata è pari a circa 220 l/s, con una quota assoluta in corrispondenza del Torrino 3 di circa 144.16 m. s.l.m.

Questa configurazione limite però determinerebbe nella 2<sup>a</sup> canna del Fortore valori di velocità relativamente bassi e pertanto non può essere utilizzato per periodi troppo lunghi.

2 <sup>a</sup> Canna del Fortore periodo estivo										
tronco	progressiva		L (m)	DN (mm)	Q (l/s)	V (m/s)	J (m/m)	Y (m)	H (m s.l.m.)	nota
	Inizio	Fine								
									145,10	serbatoio di testata
1	0,00	1 507,17	1 507,17	2000	820	0,26	0,00002807	0,04	145,06	cambio diametro
2	1 507,17	10 681,02	9 173,85	2100	820	0,24	0,00002194	0,20	144,86	torrino 1
3	10 681,02	13 109,46	2 428,44	2100	720	0,21	0,00001715	0,04	144,81	cambio diametro
4	13 109,46	15 963,42	2 853,96	1900	720	0,25	0,00002835	0,08	144,73	torrino 2
5	15 963,42	21 454,73	5 491,31	1900	720	0,25	0,00002835	0,16	144,58	cambio diametro
6	21 454,73	40573,88	19 119,15	2000	720	0,23	0,00002191	0,42	144,16	torrino 3

## 4. VERIFICA IDRAULICA TUBI NUOVI

Si procede ad effettuare le verifiche idrauliche nei diversi scenari considerati nella condizione a tubi nuovi, importante per verificare a breve termine lo stato tensionale delle tubazioni e delle valvole. Si assume il parametro  $\epsilon$  pari a 0,05 mm.

### 4.1. SCENARIO 2: COLLEGAMENTO IN PRESA DIRETTA DA MONTE CARAFA A "NODO FOGGIA" (NUOVO SERBATOIO) – EMERGENZA FOGGIA ( $Q = 900$ L/S) – (NODI A-B-C-H-I)

FUNZIONAMENTO DA CANOSA VERSO FOGGIA - EMERGENZA FOGGIA DA MONTE CARAFA (Q=900 l/s) - Tubi lisci														
NODO O TRONCO	Q (m <sup>3</sup> /s)	L (m)	DN (mm)	v (m/s)	$\epsilon$ (mm)	Re	$\nu$ (m <sup>2</sup> /s)	$\lambda$	$\Delta H'$ (m)	$\Delta H''$ (m)	$\Delta H$ (m)	H (m)	H (m) - Piezometrica da valle	H (m) - Piezometrica da monte
A (MC)												326,90		326,90
A - B	0,90	12.000	1.600	0,45	1,5	711.925,69	0,000001006	0,019767	1,51	0,04	1,56			
B												325,34		325,34
B - C	0,90	27	800	1,79	0,5	1.423.851,38	0,000001006	0,017866	0,10	0,12	0,22			
C												325,12	225,76	325,12
C - H	0,90	88	800	1,79	0,5	1.423.851,38	0,000001006	0,017866	0,32	1,01	1,33			
H												323,79	224,43	
H - I	0,90	18.154	1200	0,80	0,5	949.234,25	0,000001006	0,016634	8,13	0,13	8,26			
I (DC)												315,53	216,18	
I - W''	0,90	1,80	800	1,79	0,05	1.423.851,38	0,000001006	0,012423	0,005	0,31	0,32			
W''												315,22	215,86	
W'' - B''	0,90	10,22	900	1,41	0,05	1.265.645,67	0,000001006	0,012431	0,01	0,17	0,19			
B''												315,03	215,67	
B'' - A''	0,90	6,00	600	3,18	0,05	1.898.468,51	0,000001006	0,012539	0,06	0,73	0,80			
A''												314,23	214,87	
<b>A'' - Disconnessione Canosa - nodo F''</b>	0,90	61.164	900	1,41	0,05	1.265.645,67	0,000001006	0,012431	86,21	0,07	86,28			
F''												227,95	128,59	
F'' - G''	0,90	6,00	600	3,18	0,05	1.898.468,51	0,000001006	0,012539	0,06	2,28	2,35			
G''												225,60	126,25	
G'' - H''	0,90	5,73	900	1,41	0,05	1.265.645,67	0,000001006	0,012431	0,01	0,12	0,13			
H''												225,47	126,12	
H'' - I''	0,90	11,56	900	1,41	0,05	1.265.645,67	0,000001006	0,012431	0,02	0,62	0,63			
I''												224,84	125,48	
I'' - Serbatoio di Foggia	0,90	11,94	900	1,41	0,05	1.265.645,67	0,000001006	0,012431	0,02	0,21	0,22			
Serbatoio Foggia												224,62	125,26	
											<b>102,28</b>		$\Delta H_t =$	<b>99,36</b>

Nodo A	Monte Carafa
Nodo B	Diramazione al nuovo torrino alloggio turbina a monte del serbatoio di potabilizzazione del Locone
Nodo C	Nodo di innesto linea di by-pass turbina
Nodo H	Nodo finale linea di by-pass turbina
Nodo I	Disconnessione di Canosa
Nodo W''	Nodo di by-pass
Nodo B''	Cono riduzione DN900/600 tronco misura di portata in Aarea Disconnessione Canosa
Nodo A''	Cono allargamento di sezione DN600/900 fine tronco misura portata = origine tratto lunga condotta DN900 sino a Nodo di Foggia
Nodo F''	Cono riduzione DN900/600 tronco misura di portata in area Nodo di Foggia
Nodo G''	Cono allargamento di sezione DN600/900 fine tronco misura portata
Nodo H''	inizio by pass DN900 presa diretta
Nodo I''	Fine by pass DN900 presa diretta

4.2. **SCENARIO 3: FUNZIONAMENTO DA OPERA DI DISCONNESSIONE DI CANOSA A SERBATOIO DI FOGGIA (SITUAZIONE ORDINARIA A REGIME  $Q = 200$  L/S)**

FUNZIONAMENTO DA CANOSA VERSO FOGGIA (A REGIME - $Q = 200$ l/s) - Tubi nuovi													
NODO O TRONCO	Q (m <sup>3</sup> /s)	L (m)	DN (mm)	v (m/s)	$\mathcal{E}$ (mm)	Re	$\nu$ (m <sup>2</sup> /s)	$\lambda$	$\Delta H'$ (m)	$\Delta H''$ (m)	$\Delta H$ (m)	H (mm) - Piezometrica da valle	H (mm) - Piezometrica da monte
K''													135,08
K'' - X''	1,30	5,61	1.000	1,66	0,05	1.645.339,37	0,000001006	0,012010882	0,009	0,17	0,18		
X''													134,90
X'' - Y''	0,20	10,31	800	0,40	0,05	316.411,42	0,000001006	0,014961131	0,002	0,01	0,01		
Y''													134,89
Y'' - B''	0,20	12,85	900	0,31	0,05	281.254,59	0,000001006	0,015178252	0,001	0,01	0,01		
B''													134,88
B'' - A''	0,20	6,00	600	0,71	0,05	421.881,89	0,000001006	0,014557621	0,004	0,01	0,02		
A''													134,86
A'' - Disconnessione Canosa - nodo F''	0,20	61.164	900	0,31	0,05	281.254,59	0,000001006	0,015178252	5,20	0,01	5,20		
F''													129,66
F'' - G''	0,20	6,00	600	0,71	0,05	421.881,89	0,000001006	0,014557621	0,004	0,10	0,11		
G''													129,55
G'' - H''	0,20	8,40	900	0,31	0,05	281.254,59	0,000001006	0,015178252	0,001	0,01	0,01		
H''													129,54
H'' - V'' (valv. a fuso)	0,20	0,93	400	1,59	0,05	632.822,84	0,000001006	0,014341703	0,004	0,16	0,17		
V'' (valvola a fuso)													129,38
Perdita di carico da DC al Serbatoio di Foggia (valvola a fuso di monte)											5,70		
Carico da dissipare sulla valvola a fuso DN400, in entrata al Serbatoio di Foggia											3,94		
V'' (valvola a fuso)												125,44	
V'' (valvola a fuso) - I''	0,20	0,93	400	1,59	0,05	632.822,84	0,000001006	0,014341703	0,004	0,16	0,17		
I''													125,27
I'' - Serbatoio di Foggia	0,20	14,96	900	0,31	0,05	281.254,59	0,000001006	0,015178252	0,001	0,01	0,01		
Serbatoio di Foggia (quota soglia)												125,26	
Carico disponibile DC a Serbatoio Foggia											9,82		
Carico da dissipare sulla valvola di regolazione di valle										$\Delta H_v =$	3,94		
Nodo K''	Presenza vasca di partenza DC												
Nodo X''	Confluenza/derivazione nella condotta di alimentazione in direzione Foggia (200 l/s) e Torrino di Barletta (1100 l/s)												
Nodo Y''	Derivazione verso Foggia												
Nodo B''	Cono riduzione DN900/600 tronco misura di portata in area Disconnessione Canosa												
Nodo A''	Cono allargamento di sezione DN600/900 fine tronco misura portata = origine tratto lunga condotta DN900 sino a Nodo di Foggia												
Nodo F''	Cono riduzione DN900/600 tronco misura di portata in area Nodo di Foggia												
Nodo G''	Cono allargamento di sezione DN600/900 fine tronco misura portata												
Nodo H''	Cono riduzione DN900/400 per alloggio valvola di regolazione												
Nodo V''	Valvola di regolazione a fuso DN400												
Nodo I''	Cono di allargamento DN400/900 fino a sfocio nella vaschetta di carico del Serbatoio di Foggia												

#### 4.2.1. FUNZIONAMENTO DA OPERA DI DISCONNESSIONE DI CANOSA A SERBATOIO DI FOGGIA (MASSIMA PORTATA CONVOGLIABILE)

FUNZIONAMENTO DA CANOSA VERSO FOGGIA (max portata convogliabile) - Tubi nuovi													
NODO O TRONCO	Q (m³/s)	L (m)	DN (mm)	v (m/s)	ε (mm)	Re	ν (m²/s)	λ	ΔH' (m)	ΔH'' (m)	ΔH (m)	H (mm) - Piezometrica da valle	H (mm) - Piezometrica da monte
K"													135,08
K" - X"	1,320	5,61	1.000	1,68	0,05	1.670.652,29	0,000001006	0,011994035	0,010	0,173	0,182		134,90
X"													134,88
X" - Y"	0,220	10,31	800	0,44	0,05	348.052,56	0,000001006	0,014743557	0,002	0,015	0,017		134,88
Y"													134,88
Y" - B"	0,220	12,85	900	0,35	0,05	309.380,05	0,000001006	0,014946851	0,001	0,010	0,012		134,87
B"													134,87
B" - A"	0,220	6,00	600	0,78	0,05	464.070,08	0,000001006	0,014375383	0,004	0,015	0,020		134,85
A"													134,85
A" - Disconnessione Canosa - nodo F"	0,220	61.164	900	0,35	0,05	309.380,05	0,000001006	0,014946851	6,194	0,006	6,200		
F"													128,65
F" - G"	0,220	6,00	600	0,78	0,05	464.070,08	0,000001006	0,014375383	0,006	0,127	0,133		128,52
G"													128,52
G" - H"	0,220	8,40	900	0,35	0,05	309.380,05	0,000001006	0,014946851	0,001	0,007	0,008		128,51
H"													128,51
H" - V" (valv. a fuso)	0,220	0,93	400	1,75	0,05	696.105,12	0,000001006	0,01421143	0,005	0,195	0,200		128,31
V" (valvola a fuso)													128,31
Perdita di carico da DC al Serbatoio di Foggia (valvola a fuso di monte)											6,77		
Carico da dissipare sulla valvola a fuso DN400, in entrata al Serbatoio di Foggia											2,83		
V" (valvola a fuso)												125,47	
V" (valv. A fuso) - I"	0,220	0,93	400	1,75	0,05	696.105,12	0,000001006	0,01421143	0,005	0,195	0,200		125,27
I"													125,27
I" - Serbatoio di Foggia	0,220	14,96	900	0,35	0,05	309.380,05	0,000001006	0,014946851	0,002	0,012	0,014		
Serbatoio di Foggia (quota soglia)												125,26	
Carico disponibile da Disconnessione Canosa (DC) a Serbatoio Foggia											9,82		
Carico da dissipare sulla valvola di regolazione di valle											ΔH <sub>v</sub> =	2,83	
Nodo K"	Presenza vasca di partenza DC												
Nodo X"	Confluenza/derivazione nella condotta di alimentazione in direzione Foggia (200 l/s) e Torrino di Barletta (1100 l/s)												
Nodo Y"	Derivazione verso Foggia												
Nodo B"	Cono riduzione DN900/600 tronco misura di portata in area Disconnessione Canosa												
Nodo A"	Cono allargamento di sezione DN600/900 fine tronco misura portata = origine tratto lunga condotta DN900 sino a Nodo di Foggia												
Nodo F"	Cono riduzione DN900/600 tronco misura di portata in area Nodo di Foggia												
Nodo G"	Cono allargamento di sezione DN600/900 fine tronco misura portata												
Nodo H"	Cono riduzione DN900/400 per alloggio valvola di regolazione												
Nodo V"	Valvola di regolazione a fuso DN400												
Nodo I"	Cono di allargamento DN400/900 fino a sfocio nella vaschetta di carico del Serbatoio di Foggia												

4.3. **SCENARIO 4: FUNZIONAMENTO INVERSO, DAL NODO DI FOGGIA (TORRINO 3) ALL'OPERA DI DISCONNESSIONE DI CANOSA (SITUAZIONE ORDINARIA A REGIME  $Q=200L/S$ )**

FUNZIONAMENTO DA FOGGIA VERSO CANOSA (A REGIME - Q = 200 l/s) - Tubi nuovi													H (m) - Piezometrica da valle	H (m) - Piezometrica da monte
NODO O TRONCO	Q (m <sup>3</sup> /s)	L (m)	DN (mm)	v (m/s)	$\mathcal{E}$ (mm)	Re	$\nu$ (m <sup>2</sup> /s)	$\lambda$	$\Delta H'$ (m)	$\Delta H''$ (m)	$\Delta H$ (m)			
T3 (TORRINO 3)													143,37	
T3 - G"	0,200	265,96	900	0,31	0,05	281.254,59	0,000001006	0,015178252	0,02	0,02	0,04		143,33	
G"													143,33	
G" - F"	0,200	6,00	600	0,71	0,05	421.881,89	0,000001006	0,014557621	0,00	0,11	0,12		143,22	
F"													143,22	
F" - DC nodo A"	0,200	61,164	900	0,31	0,05	281.254,59	0,000001006	0,015178252	5,20	0,00	5,20			
A"													138,01	
A" - B"	0,200	6,00	600	0,71	0,05	421.881,89	0,000001006	0,014557621	0,00	0,01	0,02		138,00	
B"													138,00	
B" - C"	0,200	8,92	900	0,31	0,05	281.254,59	0,000001006	0,015178252	0,00	0,01	0,02		137,98	
C"													137,98	
Carico da dissipare sulla valvola a fuso DN400, in entrata alla Disconnessione di Canosa											2,22			
D"													135,76	
D" - E"	0,100	27,30	400	0,80	0,05	316.411,42	0,000001006	0,014341703	0,05	0,03	0,08		135,68	
E"													135,68	
											7,69			

- Nodo T3    Torrino 3 del nodo di Foggia
- Nodo G"    Cono riduzione DN900/600 tronco misura di portata
- Nodo F"    Cono allargamento di sezione DN600/900 fine tronco misura portata in area Nodo di Foggia
- Nodo A"    Cono riduzione DN900/600 tronco misura di portata in area Disconnessione di Canosa
- Nodo B"    Cono allargamento di sezione DN600/900 fine tronco misura portata
- Nodo C"    Nodo derivazione condotta DN400 alimentazione vasche di arrivo DC
- Nodo D"    Nodo diramazione condotta DN400 alimentazione vasche di arrivo DC
- Nodo E"    Sbocco nella vasca di arrivo Disconnessione Canosa

## 5. DIMENSIONAMENTO SFIATI

La sicurezza di funzionamento di una condotta in pressione è legata al controllo:

- dell'evacuazione d'aria accumulata nei vertici altimetrici della condotta durante l'esercizio della stessa;
- dell'evacuazione dell'aria in corso di riempimento della condotta;
- del rientro di grossi volumi di aria nel corso dello svuotamento delle tubazioni, sia in caso di manutenzione, sia nel caso in cui venga provocato da cause accidentali (rottture).

L'aria accumulata riduce la sezione di passaggio dell'acqua, provocando perdite di carico anormali e in certi casi realizza effettive ostruzioni che, comportandosi come un cuscinetto elastico, provocano oscillazioni di portate e pressioni nocive.

Per tale motivo nelle cuspidi altimetriche delle condotte sono state previste valvole di sfiato automatico a tre funzioni (degasaggio, svuotamento e riempimento delle condotte).

Gli sfiati, dunque, sono uno strumento indispensabile per evacuare o immettere aria in condotta e mantenere la stessa libera dagli ostacoli creati dalla presenza d'aria.

Riempimento della condotta. Il deflusso dell'aria nella fase di riempimento della condotta deve sempre verificarsi con la giusta uniformità per scongiurare l'instaurarsi di situazioni transitorie di una certa entità.

La portata volumetrica d'aria evacuata dipende dalla sezione di sfiato ( $d$ ) e dalla velocità di riempimento della condotta ( $V$ ), correlati dalla seguente relazione:

$$\frac{d}{D} = \sqrt{\frac{V}{195}}$$

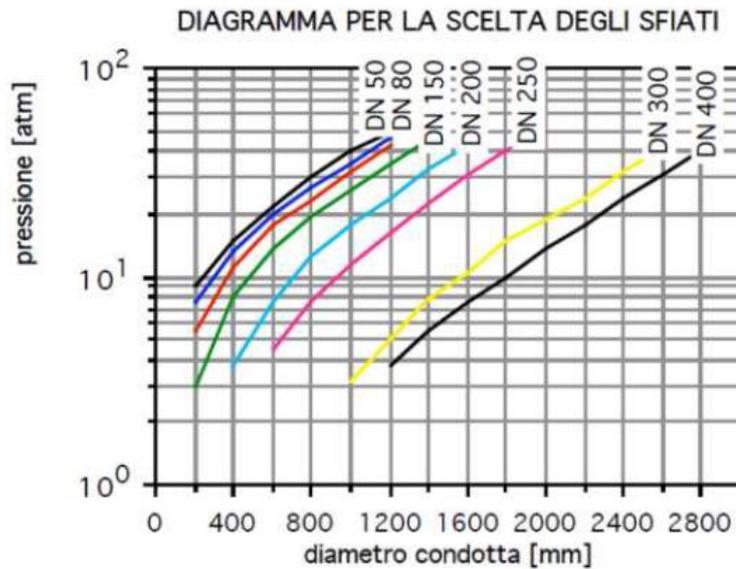
Queste grandezze devono essere tarate in modo tale da creare, durante la fase di riempimento, pressioni differenziali in corrispondenza del foro di uscita mai superiori a circa 0,1 bar, valore oltre il quale il deflusso dell'aria può provocare accelerazioni non trascurabili della colonna idrica, causando la formazione di rilevanti sovrappressioni dinamiche.

Degasaggio. Il fenomeno sopra descritto non si riscontra durante l'esercizio della condotta poiché il degasaggio continuo richiede piccole fuoriuscite d'aria e non porta a grossi problemi di sovrappressioni dinamiche.

Svuotamento della condotta. Parimenti importante è evitare in caso di svuotamento il verificarsi di depressioni all'interno delle tubazioni (mai superiori a -0,3 bar) che potrebbero compromettere sia la statica del tubo, sia il regolare deflusso dell'acqua; pertanto è necessario in

entrata un volume d'aria tale da compensare quello liquido che fuoriesce dagli scarichi.

Per una rapida scelta degli sfiati si è fatto riferimento al diagramma sotto riportato che pone in relazione la pressione di esercizio dell'acquedotto espressa in atm con il diametro della tubazione da servire.



Lungo l'intero acquedotto del DN 900 sono previsti n. 39 sfiati del diametro DN 200, poiché la pressione di esercizio risulta sempre inferiore a 25atm.

Le valvole di sfiato saranno montate all'interno di camerette in calcestruzzo armato sufficientemente ampie e facilmente accessibili per effettuare le operazioni di manutenzione e permettere il controllo (dimensioni interne 2,20x2,40 m, con pareti dello spessore 30 cm e soletta di fondazione di 40 cm).

Le apparecchiature saranno installate in posizione rigorosamente verticale e su di una tubazione di derivazione, provvista di saracinesca di intercettazione.