

REGIONE CAMPANIA

Acqua Campania S.p.A.

RISTRUTTURAZIONE FUNZIONALE DELL'ACQUEDOTTO CAMPANO SISTEMA DI ALIMENTAZIONE DELLA PENISOLA SORRENTINA E DELL'ISOLA DI CAPRI

ADDUZIONE PRIMARIA PENISOLA SORRENTINA ALIMENTAZIONE FRAZIONI COLLINARI DEL COMUNE DI VICO EQUENSE PROGETTO ESECUTIVO

IL CONCESSIONARIO
(ACQUA CAMPANIA S.p.A.)

IL PROGETTISTA
FINALCA INGEGNERIA s.r.l.
(Ing. Alfredo Postiglione)

Revisione	Data	Descrizione	Redatto	Controllato	Approvato
1	Settembre 2016	Aggiornamento per attività di cui all'art.26 del D.Lgs.18/04/16 n.50	V.A.	G.V.	A.P.
0	Giugno 2013	EMISSIONE PER APPROVAZIONE	V.A.	G.V.	A.P.

TITOLO :

RELAZIONE TECNICA CALCOLI IDRAULICI

Progettazione:

FINALCA
Ingegneria srl

Sostituisce il
disegno n°

File:

Codice Commessa:

Allegato

N° RE.SP.02

Revisione:

1

Scala:

REGIONE CAMPANIA

Ristrutturazione funzionale dell'Acquedotto Campano

Sistema di alimentazione della Penisola Sorrentina e dell'Isola di Capri

INDICE

1. PREMESSA	2
2. SINTESI INTERVENTI	3
3. VERIFICHE IDRAULICHE E DI RESISTENZA DELLE CONDOTTE	4
3.1 ALIMENTAZIONE DEL VILLAGGIO FAITO	4
3.1.1 Scelta dello spessore della condotta DN 100 ex - novo	9
3.1.1 Verifica di resistenza DN 110 esistente	12
3.1.1 Cassa d'aria di protezione della condotta di rilancio all'impianto "Comof"....	15
3.2 ALIMENTAZIONE FRAZIONI COLLINARI DI MOIANO, PREZZANO, AROLA, TICCIANO E S.MARIA DEL CASTELLO DEL COMUNE DI VICO EQUENSE	17
3.2.1 Verifica di resistenza DN 200/150 esistente.....	19

1. PREMESSA

Il sistema di alimentazione primario della penisola sorrentina e dell'isola di Capri rientra tra gli schemi di alimentazione principali dell'Acquedotto Campano, ha origine e trae la sua fonte di alimentazione primaria dal campo – pozzi di Gragnano, che attinge alla falda profonda dei Monti Lattari. Dalla centrale di Gragnano la risorsa di alimentazione viene sollevata al serbatoio Fratte 2°, di qui ha origine il primo tronco dell'adduttore a gravità, che raggiunge il nodo della centrale di Bonea di Vico Equense. Di qui la risorsa viene sollevata al serbatoio di San Salvatore di Vico Equense, a quota sfioro più elevata di 469 m.s.m..

La condotta adduttrice in derivazione dal serbatoio di San Salvatore prosegue a gravità, attraversando i territori comunali di Piano e Meta di Sorrento, Sant'Agnello, Sorrento, sino a giungere al serbatoio di Sant'Agata sui due Golfi. Di qui ha origine il sifone terra-mare per l'alimentazione dell'isola di Capri.

In tenimento di Massalubrense, località Punta Baccoli, termina il tronco terrestre del sifone e ha origine il tronco di attraversamento sottomarino del braccio di mare denominato Bocca Piccola, che raggiunge la radice del molo del porto turistico di Capri (Marina Grande). Di qui ha origine il tronco sull'isola, da cui si dirama dapprima la condotta di alimentazione del comune di Anacapri, poi raggiunge il nodo di Villanova, da cui hanno origine le condotte di alimentazione dei serbatoi di servizio della rete di distribuzione del comune di Capri.

Scopo del presente lavoro è, in particolare, quello di superare talune non lievi disfunzioni di esercizio del sistema di alimentazione delle frazioni collinari e montana del villaggio Faito del comune di Vico Equense.

2. SINTESI INTERVENTI

Le motivazioni che hanno condotto alla redazione della presente progettazione discendono dall'esigenza di superare, come appena detto, talune non lievi criticità di funzionamento dello schema di alimentazione del villaggio Faito e delle frazioni collinari Moiano, Prezzano, Arola, Ticciano e Santa Maria del Castello del comune di Vico Equense.

Gli interventi richiesti per il raggiungimento dei necessari livelli di affidabilità di esercizio degli schemi d'alimentazione, presupposto imprescindibile di garanzia, per il raggiungimento di un idoneo livello del servizio di distribuzione nelle reti del villaggio Faito e delle frazioni collinari del comune di Vico Equense si enumerano di seguito:

- Ripristino alimentazione Villaggio Faito

1) - realizzazione di un nuovo impianto di sollevamento ($Q = 5 \text{ l/s}$ $P = 475 \text{ m}$) al nodo di San Salvatore dell'adduttore regionale Gragnano – Capri;

2) - realizzazione di un tronco, DN 100 in acciaio, dello sviluppo di 762 m, di raccordo alla sezione di origine della condotta DN 110 PeAD, già posata in parallelo e sotto la sede stradale della S.P. 269 del Faito, per lo sviluppo di circa 2310 m, che raggiunge l'ex impianto di depurazione "Comof" di servizio del villaggio Faito, di fatto dismesso alcuni anni or sono;

3) - realizzazione di un nuovo impianto di sollevamento ($Q = 5 \text{ l/s}$ $P = 250 \text{ m}$) intermedio di linea, presso l'ex – impianto Comof, che rilancerà la portata in arrivo da San Salvatore, al serbatoio Faito medio, a quota sfioro 1100 m.s.m..

- Nuovo impianto di rilancio frazioni collinari di Vico Equense

4) - realizzazione di un nuovo impianto di sollevamento ($Q = 25 \text{ l/s}$ $P = 200 \text{ m}$) al nodo di San Salvatore, che affiancherà l'altro impianto (di cui al p.to 1) per l'alimentazione del villaggio Faito, nel medesimo locale centrale interrato, da realizzarsi sotto il piazzale di servizio del serbatoio di San Salvatore.

3. VERIFICHE IDRAULICHE E DI RESISTENZA DELLE CONDOTTE

3.1 ALIMENTAZIONE DEL VILLAGGIO FAITO

Lo schema di alimentazione idrica ex – novo del villaggio Faito prevede la realizzazione di una nuova stazione di sollevamento al nodo di San Salvatore, di un tronco di raccordo del DN 100 in acciaio, dello sviluppo di 762 m, alla condotta DN 110 in PeAD, già posata in parallelo e sotto la sede stradale della S.P.269 del Faito, dello sviluppo di 2310 m, che raggiunge la sezione di ingresso dell'impianto di depurazione "Comof" dismesso, alla giacitura di circa 903 m.s.m.. La stazione di sollevamento intermedia da realizzarsi presso l'impianto in parola provvederà al rilancio della risorsa di alimentazione al villaggio Faito.

1. Impianto di sollevamento San Salvatore – Impianto "Comof"

La più idonea scelta delle caratteristiche dei gruppi di pompaggio da adottare richiede la stima della prevalenza manometrica dell'impianto, somma della prevalenza geodetica e delle perdite di carico idrauliche nella condotta di mandata DN 100/110 dell'impianto.

Per la stima delle perdite di carico idraulico si adotta quale equazione del moto quella di Hazen e Williams, specificamente idonea per la verifica di condotte in materiale plastico, ma, adottabile, altresì, per la stima delle perdite di carico nel tronco DN 100 in acciaio ex – novo, adottando per il coefficiente di resistenza valori adeguati $C = 140$ e $C = 120$, suggeriti in letteratura tecnica di settore per le verifiche idrauliche di deflusso in condotte, rispettivamente in materiale plastico e in acciaio:

$$J = \frac{V^{1,85}}{0,74011C^{1,85} R^{1,1667}} \quad (1)$$

dove:

V = velocità media della corrente [m/s]

C= coefficiente di resistenza

R= raggio idraulico [mq/m]

Le velocità medie dei deflussi nella condotta premente dell'impianto discendono dall'equazione della continuità, per cui:

$$V = \frac{Q}{\sigma} \quad (2)$$

REGIONE CAMPANIA

Ristrutturazione funzionale dell'Acquedotto Campano

Sistema di alimentazione della Penisola Sorrentina e dell'Isola di Capri

dove:

Q = portata del deflusso [mc/s]

σ = sezione idrica [mq]

Per la condotta DN 100 ex novo il diametro interno discende dalla differenza del valore del rispettivo diametro esterno normalizzato dalla norma UNI 6363, novellata dalla norma UNI EN 10224/2006, e il doppio dello spessore scelto per la tubazione di 5 mm, come chiarito nel seguito, per cui:

$$d_i = d_e - 2s = 114,3 - 2 \times 5 = 104,3 \text{ mm}$$

da cui discende:

$$\sigma_{DN100} = \pi d_i^2 / 4 = 0,0085 \text{ mq}$$

Applicando la (2) si ha:

$$V_{DN100} = \pi d_i^2 / 4 = 0,59 \text{ m/s}$$

Applicando l'equazione (1) si ha:

$$J = \frac{0,59^{1,85}}{0,74011 \times 120^{1,85} \times 0,0261^{1,1667}} = 0,005100$$

talché, le perdite di carico complessive si stimano in.

$$\Delta h = J L = 0,005100 \times 762 = 3,89 \text{ m}$$

giacché, le perdite di carico concentrate, al confronto sono trascurabili, per il modesto carico cinetico del deflusso; infatti, le perdite di carico concentrate, come di consueto, si apprezzano, ciascuna in ragione di un'aliquota del carico cinetico).

Per il successivo tronco di condotta premente già posata sotto la sede della S.P. 269 del Faito, DN 110 in PeAD PE 100 PN 25, per lo sviluppo di 1910 m, e DN 110 in PeAD PE 100 PN 16 già posata in prosieguo del precedente tronco, per lo sviluppo di 400 m, sino a giungere all'ingresso dell' ex-impianto di depurazione "Comof", i diametri corrispondenti alle rispettive sezioni interne utili al deflusso, discendono dalle differenze dei valori dei diametri esterni normalizzati e il doppio dello spessore normalizzati dalla norma UNI EN 12201 - 2, per cui:

$$d_i = d_e - 2s = 110 - 2 \times 15,1 = 79,8 \text{ mm per il tronco PN 25, mentre:}$$

$$d_i = d_e - 2s = 110 - 2 \times 10 = 90 \text{ mm per il tronco PN 16.}$$

Con procedura di calcolo in tutto simile a quella già impiegata per la verifica idraulica del

REGIONE CAMPANIA

Ristrutturazione funzionale dell'Acquedotto Campano

Sistema di alimentazione della Penisola Sorrentina e dell'Isola di Capri

deflusso tronco DN 100 in acciaio, si giunge alla stima delle perdite di carico idraulico complessive nei successivi tronchi DN 110 in PeAD PN 25 e PN 16, con la differenza di adottare, come già detto, un diverso adeguato valore del coefficiente di resistenza $C = 140$ per la verifica idraulica di condotte in materiale plastico, al confronto, di scabrezza significativamente minore :

$$\sigma_{DN110 PN 25} = \pi d_i^2 / 4 = 0,0050 \text{ mq}$$

$$\sigma_{DN110 PN 16} = \pi d_i^2 / 4 = 0,0064 \text{ mq}$$

Applicando la (2) si ha:

$$V_{DN110 PN 25} = \pi d_i^2 / 4 = 1,00 \text{ m/s}$$

$$V_{DN110 PN 16} = \pi d_i^2 / 4 = 0,78 \text{ m/s}$$

Applicando l'equazione (1) si ha, nell'uno e nell'altro caso:

$$J = \frac{1,00^{1,85}}{0,74011 \times 140^{1,85} \times 0,0200^{1,1667}} = 0.013885$$

$$J = \frac{0,78^{1,85}}{0,74011 \times 140^{1,85} \times 0,0225^{1,1667}} = 0.007643$$

talché, le perdite di carico complessive si stimano rispettivamente in:

$$\Delta h_{DN110 PN25} = J L = 0.013885 \times 1910 = 26,52 \text{ m}$$

e

$$\Delta h_{DN110 PN16} = J L = 0.007643 \times 400 = 3,06 \text{ m}$$

giacché, le perdite di carico concentrate sono, , al confronto, trascurabili, per il modesto carico cinetico del deflusso.

Le perdite di carico complessive stimate per il tronco esistente del DN 110 in PeAD ammontano, dunque, a:

$$\Delta h_{DN110} = 26,52 + 3,06 = 29,58 \text{ m}$$

che sommate alle perdite di carico idraulico nel tronco DN 100 ex novo, rendono conto di un valore complessivo di stima delle perdite di carico idraulico nella condotta premente dell'impianto:

$$\Delta h_{tot} = 29,58 + 3,89 = 33,47 \text{ m}$$

La prevalenza geodetica dell'impianto è condizionata dalla massima giacitura altimetrica

REGIONE CAMPANIA

Ristrutturazione funzionale dell'Acquedotto Campano

Sistema di alimentazione della Penisola Sorrentina e dell'Isola di Capri

della condotta che giunge all'impianto ex Comof, a latere della vasca denominata "B", giacché il nuovo impianto di sollevamento sarà installato al fondo della vasca in parola (cfr.TAV.C.01.1) ubicata a latere di Via R. Bosco di accesso, alla quota altimetrica di circa 900 m.s.m.

La quota piezometrica iniziale dell'impianto di rilancio coincide con la quota di pelo d'acqua nel serbatoio di San Salvatore, a quota sfioro 469 ms.m., comunque poco variabile in funzione della variabilità del volume di accumulo del serbatoio, che assumerà la funzione ulteriore di vasca di aspirazione per l'impianto sollevamento ex – novo.

La prevalenza geodetica dell'impianto si valuta, dunque, in:

$$H_g = 900 - 469 = 431 \text{ m}$$

La prevalenza manometrica vale, invece:

$$H_m = H_g + \Delta h = 431 + 33,47 = 464 \text{ m}$$

La variabilità della quota di invaso del serbatoio, come detto, e l'incertezza che connota le procedure di stima delle perdite di carico idraulico, induce cautelativamente all'adozione di un impianto di prevalenza di poco superiore, a quello strettamente derivante dalle elaborazioni di verifica condotte.

Caratteristiche idrauliche impianto di rilancio San Salvatore – Impianto "Comof"

Impianto a n.2 elettropompe multistadio ad asse orizzontale, di cui n.1 in servizio ordinario, l'altra con funzione di riserva, delle seguenti caratteristiche idrauliche principali:

$$Q = 5 \text{ l/s} \quad P = 475 \text{ m}$$

Impianto di sollevamento "Comof – serbatoio Faito medio

La scelta delle caratteristiche dei gruppi di pompaggio da adottare, richiede, innanzitutto, la stima della prevalenza manometrica dell'impianto, somma della prevalenza geodetica e delle perdite di carico diffuse nella condotta di mandata DN 110 PE 100 PN 25, che raggiunge il serbatoio Faito medio, di servizio della rete del villaggio Faito.

La condotta in parola è già stata posata, per la gran parte sotto la sede della S.P. 269 del Faito, per lo sviluppo di 2460 m, con eccezione di un tronco di raccordo terminale, dello sviluppo di 300 m, da posarsi, invece, sotto la sede di via vecchia Faito, a cura dell'Amministrazione Comunale di Vico Equense.

Lo sviluppo complessivo della condotta premente dell'impianto sarà, dunque, 2760 m.

Con procedura di calcolo in tutto simile a quella già impiegata per la stima delle perdite di

REGIONE CAMPANIA

Ristrutturazione funzionale dell'Acquedotto Campano

Sistema di alimentazione della Penisola Sorrentina e dell'Isola di Capri

carico al deflusso della portata di rilancio dall'impianto di San Salvatore all' impianto "Comof", si giunge alla stima delle perdite di carico idraulico nella condotta premente dell'impianto "Comof", che giunge al serbatoio Faito medio :

$$\sigma_{DN110 PN 25} = \pi d_i^2 / 4 = 0,0050 \text{ mq}$$

Applicando la (2) si ha:

$$V_{DN110 PN 25} = \pi d_i^2 / 4 = 1,00 \text{ m/s}$$

Applicando l'equazione (1) si ha:

$$J = \frac{1,00^{1,85}}{0,74011 \times 140^{1,85} \times 0,0200^{1,1667}} = 0.013885$$

talché, le perdite di carico complessive si stimano in:

$$\Delta h = J L = 0.013885 \times 2760 = 38,32 \text{ m}$$

giacché, le perdite di carico concentrate sono, al confronto, trascurabili, per il modesto carico cinetico del deflusso.

La prevalenza geodetica dell'impianto è condizionata dalle escursioni di livello, comunque limitate a qualche metro, nella cisterna di sbocco della condotta di mandata dell'impianto di San Salvatore e che realizza la sconnessione idraulica tra i due impianti di sollevamento. Se si assume cautelativamente che la quota piezometrica all'aspirazione dell'impianto sia di 897 m.s.m., a fronte del valore della quota sfioro del serbatoio Faito medio alimentato, di 1100 m.s.m., discende il valore di prevalenza geodetica dell'impianto:

$$H_g = 1100 - 897 = 203 \text{ m}$$

La prevalenza manometrica, somma della prevalenza geodetica e delle perdite di carico idraulico complessive al deflusso in condotta premente vale, invece:

$$H_m = H_g + \Delta h = 203 + 38,32 = 241.32 \text{ m}$$

L'incertezza che connota le procedure di stima delle perdite di carico idraulico, induce cautelativamente all'adozione di un impianto di prevalenza poco superiore al valore strettamente derivante dalle elaborazioni di verifica condotte.

Caratteristiche idrauliche impianto di rilancio "Comof" – serbatoio Faito medio

Impianto a n.2 elettropompe multistadio ad asse verticale, di cui n.1 in servizio ordinario, l'altra con funzione di riserva, delle seguenti caratteristiche idrauliche principali:

$$Q = 5 \text{ l/s} \quad P = 250 \text{ m}$$

3.1.1 SCELTA DELLO SPESSORE DELLA CONDOTTA DN 100 EX - NOVO

La scelta dello spessore più idoneo da assegnare alla condotta DN 100 in acciaio ex novo, di raccordo dell'impianto di pompaggio al successivo tronco DN 110 in PeAD, già posato sotto la sede della S.P.269 del Faito, si conduce secondo le indicazioni suggerite dalla norma UNI 1285-68, per cui lo spessore delle tubazioni da adottare si stima con la relazione:

$$s = \left(\frac{pd_e}{200\sigma_{am}z + p} + c \right) \frac{100}{100 - 12,5} \quad (3)$$

dove il significato dei simboli sarà chiarito nel seguito, non appena valutata la più gravosa pressione di esercizio nella condotta elevatoria.

La massima pressione di esercizio in condizioni di regime si ha nella sezione di origine della condotta, perché a quota altimetrica inferiore, e coincide con quella manometrica dell'impianto elevatorio, fissata in 475 m di colonna d'acqua.

La pressione di esercizio più gravosa discende, invece, dalla somma della massima pressione di esercizio a regime e della massima sovrappressione di moto vario, che consegue ad una consueta manovra di arresto dei gruppi di pompaggio.

Per maggiore cautela, nel dimensionamento e per la verifica dello spessore da adottare per le tubazioni da impiegare, si assume come massima sovrappressione di riferimento, il valore assoluto della sovrappressione negativa di colpo diretto, per manovra di interruzione brusca dell'alimentazione, che si stima con la formula di Allievi:

$$\Delta h = c \frac{V_0}{g} \quad (4)$$

dove la celerità media di propagazione delle perturbazioni di moto vario e la velocità media del deflusso di regime possono valutarsi quali medie pesate dei valori delle grandezze in parola, sui rispettivi sviluppi lineari dei tronchi DN 100 in acciaio (L = 762 m), DN 110 in PeAD PN 25 (L = 1910 m) e DN 110 in PeAD PN 16 (L = 400 m) che costituiscono la condotta di mandata dell'impianto di sollevamento.

Il simbolo g indica l'accelerazione di gravità.

La celerità di propagazione delle perturbazioni di moto vario si stima con la relazione:

$$c = \frac{C}{\sqrt{1 + \frac{\varepsilon D}{E s}}} \quad (5)$$

dove i simboli hanno i seguenti significati:

C = velocità del suono nell'acqua a 15 °C = 1420 m/s circa

ε = modulo dell'elasticità di volume dell'acqua = $2 \cdot 10^9$ N/mq

E = modulo elastico del materiale = $1,9 \cdot 10^{11}$ N/mq per l'acciaio L235

= $0,9 \cdot 10^9$ N/mq per il PeAD

D= diametro tubazione [m]

s= spessore tubazione [m]

L'applicazione della relazione (5) conduce alla stima della celerità per ognuno dei n.3 tronchi costituenti la condotta premente:

$C_{DN100} = 1299$ m/s

$C_{DN110PN25} = 396$ m/s

$C_{DN100PN16} = 357$ m/s

La celerità di propagazione delle perturbazioni, valutata quale media pesata delle celerità valutate per ciascuno dei n.3 tronchi costituenti la condotta, è:

$c = 615$ m/s

La velocità di regime del deflusso, valutata quale media pesata delle velocità medie di deflusso in ciascuno dei tronchi costituenti la condotta, è:

$V = 0,87$ m/s

Applicando la relazione (4) si stima la massima sovrappressione negativa di moto vario:

$\Delta h = - 55$ m

Ai fini del dimensionamento e della scelta dello spessore commerciale della condotta DN 100 in acciaio ex novo, si preferisce assumere, per maggiore cautela, quale carico idraulico di riferimento, quello massimo nella sezione di origine della condotta (prevalenza manometrica dell'impianto di sollevamento) aumentato del valore assoluto della sovrappressione massima di colpo diretto, c.d. di Allievi:

$p_{max} = p_e + Ah_A = 475 + 55 = 530$ m (= 53 Kg/cmq)

si ravvisa sin da ora che la condizione di esercizio considerata, anche se solo episodica,

REGIONE CAMPANIA

Ristrutturazione funzionale dell'Acquedotto Campano

Sistema di alimentazione della Penisola Sorrentina e dell'Isola di Capri

per fuori esercizio degli organi di attenuazione dei fenomeni di colpo d'ariete, è da escludersi tassativamente, sia ai fini di limitare la sollecitazione a fatica dei giunti della condotta, ma, e soprattutto, perché sarebbe superato il valore di resistenza meccanica testato della condotta DN 110 in PeAD PN 25, già posata, per il tronco appena a valle della sezione di raccordo al DN 100 da posare ex novo.

Ai fini del dimensionamento e della scelta dello spessore commerciale della condotta DN 100 in acciaio, può impiegarsi la già introdotta relazione (3):

$$s = \left(\frac{pd_e}{200\sigma_{am}z + p} + c \right) \frac{100}{100 - 12,5}$$

dove i simboli hanno i seguenti significati:

- p = pressione di progetto = 53 kg/cm²
- p_p = pressione di prova idraulica = 1,5*p = 80 kg/cm²
- D_e = diametro esterno = 114,3 mm
- a = tolleranza di fabbricazione sullo spessore del tubo = 12,5%
- c = sovrappressione da stabilire caso per caso in funzione del materiale, del procedimento di fabbricazione e delle condizioni di corrosione in esercizio = 1
- z = coefficiente che per tubi saldati a piena penetrazione o di tipo equivalente vale 0,8
- Tipo di acciaio = Fe 360 (L275 secondo norma UNI EN 10224: 2003)
- R = valore minimo del carico unitario di rottura per il tipo di acciaio adottato = 43 kg/mm²
- R_s = valore minimo del carico unitario di snervamento per il tipo di acciaio adottato = 27,5 kg/mm²
- $R_{S/20}$ = valore minimo del carico unitario di deformazione per il tipo di acciaio adottato = 25 kg/mm²
- K = coefficiente di sicurezza non inferiore a 2,3 = 2,3
- K_1 = coefficiente di sicurezza non inferiore a 1,6 = 1,6
- K_4 = coefficiente di sicurezza non inferiore a 1,1 = 1,1

$$\bullet \quad \sigma_{am} = \min\left(\frac{R}{K}; \frac{R_s}{K_1}\right) = \text{sollecitazione unitaria massima ammissibile} = 17,2$$

(kg/mm²)

Con la formula consigliata dalla normativa (norma UNI 1285-68) per il calcolo dello spessore del tubo in condizioni di esercizio si ha:

$$s_0 = \left(\frac{p \cdot D_e}{200 \cdot \sigma_{am} \cdot z + p} + c \right) \frac{100}{100 - a} = 3,9 \text{ mm}$$

spessore richiesto in condizioni di esercizio

$$s_1 = \left(\frac{p_p \cdot D_e}{200 \cdot \frac{R_{S/20}}{K_4} \cdot z + p} \right) \frac{100}{100 - a} = 3.2 \text{ mm}$$

spessore richiesto in condizioni di prova idraulica.

A fronte del valore normalizzato di pressione nominale PN 64, cui si farà riferimento nella scelta delle valvole di servizio delle condotte prementi dell'impianto, l'applicazione della relazione (3) rende conto del valore 4,4 mm dello spessore di calcolo corrispondente.

La posizione di avviare all'adozione di un impianto di protezione a corrente impressa, il regime delle sollecitazioni a fatica derivanti dall'insorgere dei fenomeni da colpo d'ariete, condizione di esercizio di tutta ordinarietà, per una condotta elevatoria, inducono ad assumere per lo spessore delle tubazioni un valore cautelativamente ancora poco maggiore di quello appena superiore disponibile nelle classi di fabbricazione normalizzate, secondo norme UNI ISO 4200, di 5 mm.

3.1.1 VERIFICA DI RESISTENZA DN 110 ESISTENTE

La condotta DN 100 da posare ex novo raggiungerà e si collegherà alla sezione di origine della condotta DN 110 PeAD già posata, invece, sotto la sede stradale della S.P. 269 del Faito.

La condotta in parola, come detto, è di classe di resistenza PN 25 per lo sviluppo di 1910 m, cui segue il tronco di collegamento finale all'area dell'ex - impianto "Comof", sempre del DN 110 in PeAD, ma, di classe di resistenza PN 16.

REGIONE CAMPANIA

Ristrutturazione funzionale dell'Acquedotto Campano

Sistema di alimentazione della Penisola Sorrentina e dell'Isola di Capri

Sebbene l'impianto di sollevamento previsto non introduca alcuna modifica rispetto allo schema di alimentazione già previsto dalla GORI per l'alimentazione del villaggio Faito: portata sollevata $Q = 5$ l/s alla prevalenza $P = 475$ m, condizionata dal valore complessivo delle perdite di carico idraulico nella condotta premente, che rimane, dunque, immutata rispetto allo schema di alimentazione previsto e sebbene la condotta sia stata, peraltro, già collaudata a cura della GORI, si ritiene, in ogni caso, non superfluo provvedere ad una verifica di adeguatezza delle classi di resistenza delle condotte già posate, per verifica di simulazione di funzionamento dell'impianto.

La sezione di collegamento al DN 100 ex novo, all'origine del DN 110 in PeAD esistente è quella maggiormente sollecitata, giacché ubicata a giacitura altimetrica inferiore e, dunque, al carico idraulico maggiore.

La sezione in parola è posata a quota altimetrica di circa 733 msm; il carico idraulico di regime discende dalla somma della quota sfioro del serbatoio di San Salvatore, con funzione di vasca di aspirazione per l'impianto di rilancio, e della prevalenza manometrica dell'impianto, decurtata della quota altimetrica di imposta della sezione di verifica e delle perdite di carico idrauliche nel tronco DN 100 ex novo, di valore in ogni caso trascurabile rispetto a quelle complessive nella condotta generale:

$$p_{\max} = (469 + 475 - 3,89) - 733 = 940 - 733 = 207 \text{ m}$$

Giacché la classe di resistenza della condotta rende conto della possibilità di resistere, a termini del D.M.L.P. del 1.12.1985 (Norme tecniche relative alle tubazioni), alla pressione massima di esercizio di 250 m di colonna d'acqua, la massima sovrappressione ammissibile, in condizioni di moto vario, discende dalla differenza:

$$\Delta p_{\max} = 250 - 207 = 43 \text{ m}$$

che di fatto è molto prossima alla massima sovrappressione di colpo d'ariete.

Infatti, poiché la massima sovrappressione positiva interviene alla fine del terzo quarto di ritmo, successivamente a quella di colpo diretto, sarà comunque inferiore al valore assoluto della massima soppressione negativa, già stimata con la relazione di Allievi in 55 m, che interviene, invece, precedentemente, alla fine del primo quarto di ritmo. Infatti, la massima onda positiva, interviene successivamente alla massima onda negativa di colpo diretto, allorché le resistenze d'attrito avranno già sortito il benefico effetto di smorzare le oscillazioni di pressione, nel moto di vai e vieni della colonna liquida nella condotta di

mandata.

Il massimo carico idraulico di esercizio più gravoso, comprensivo della sovrappressione massima di colpo d'ariete, anche in condizioni di fuori servizio degli organi di attenuazione del fenomeno, sarebbe, dunque, compatibile con la resistenza della condotta posata sotto la sede stradale della S.P. 269 del Faito, con eccezione di un modesto tronco iniziale, a cominciare dalla giacitura di 733 m.s.m., rapidamente crescente in ragione del valore medio di pendenza longitudinale del 7%, coincidente con quella del profilo della strada, che si inerpica ai fianchi del rilievo del Faito.

Sebbene, dunque, il regime dei carichi di esercizio sia compatibile con la resistenza della condotta DN 110, con modesta, appena richiamata, eccezione, a rigore di norma vigente, per superamento di qualche decimo di bar, della classe di resistenza nominale; la condizione di funzionamento per fuori servizio, anche temporaneo, degli organi di attenuazione del colpo d'ariete, deve escludersi tassativamente.

Com'è noto, infatti, le maggiori sollecitazioni che derivano alla condotta non sono correlate ai maggiori carichi idraulici in condizioni di moto vario, ma, alle rapide e ripetute variazioni dello stato tensionale nella condotta e in particolare nei giunti, sollecitati a fatica, conseguenti all'alternarsi repentino di sovrappressioni positive e negative, rispetto al piano del carico idrostatico, nella condotta elevatoria.

D'altra parte, nella condotta di mandata di un impianto di sollevamento, a differenza di quelle funzionanti, invece, a gravità, tranne qualche eccezione, l'instaurarsi di fenomeni di moto vario è per così dire fisiologica, giacché consegue ad una manovra di distacco della forza elettromotrice, del tutto consueta nell'esercizio di un simile impianto di alimentazione. Proprio perché in una condotta elevatoria, l'instaurarsi di fenomeni di moto vario ricorre frequentemente, ogni qualvolta sia comandato manualmente, in automatico o fortuitamente l'arresto dell'impianto, deve escludersi, anche per il raggiungimento e il modesto superamento della capacità di resistenza nominale di un modestissimo tronco iniziale della condotta esistente, l'esercizio dell'impianto, per fuori servizio degli organi di attenuazione dei fenomeni di colpo d'ariete.

3.1.1 CASSA D'ARIA DI PROTEZIONE DELLA CONDOTTA DI RILANCIO ALL'IMPIANTO
"COMOF"

Gli impianti di sollevamento richiedono quasi sempre l'adozione di dispositivi specifici, per la protezione delle relative condotte di mandata dai fenomeni di moto vario, che insorgono nei transitori conseguenti alle fasi di avvio, ma, più significativi quelli che conseguono ad una manovra di arresto, attuata in manuale o in automatico dal quadro di comando o fortuita, per interruzione di alimentazione elettrica della centrale o per avaria dell'impianto. Proprio perché i fenomeni di moto vario conseguono ad una manovra di arresto dei gruppi di sollevamento, manovra del tutto consueta nella gestione di un impianto di alimentazione idrica, è necessaria l'adozione di organi di protezione specifici, giacché l'insorgere dei fenomeni di colpo d'ariete in condotta premente è ricorrente, per così dire fisiologica, connaturata alla concezione stessa dell'impianto. E le criticità per la condotta premente non sono tanto quelle correlate all'incremento temporaneo dei carichi idraulici di servizio, per cui basterebbe verificare che non sia superata la massima capacità di resistenza meccanica delle tubazioni, ma quelle, invece, correlate alle repentine variazioni dei carichi idraulici e il regime di sollecitazione a fatica che consegue, in particolare, ai giunti delle condotte, oltreché dell'eventualità del raggiungimento di pressioni negative, fenomeno, però, non pertinente nella fattispecie di impianto ad altissima prevalenza.

Come anticipato al § 3.1 della relazione descrittiva generale – elab. RE.G.01 -, dedicato alla descrizione degli interventi previsti per l'alimentazione del villaggio Faito, sarebbe preferita, come di fatto proposto per gli altri due impianti previsti, l'adozione di idrovalvole cosiddette anticipatrici del colpo d'ariete, che a fronte degli impianti tradizionali, di più larga diffusione, a cassa d'aria compressa, sono di agevole conduzione, senza richiedere ingombri aggiuntivi di impianto. Fatto sta che i notevolissimi carichi idraulici massimi di esercizio dell'impianto, 47,5 bar in condizioni di esercizio ordinario, che diventano 53, comprensivi della massima sovrappressione di colpo d'ariete non attenuato, non sono compatibili con la classe di resistenza massima di comune produzione industriale di idrovalvole del PN 40. Ove mai disponibili idrovalvole di classe di resistenza superiore a quello in parola, sarebbero, con ogni probabilità, di concezione sofisticata e prevedibilmente di gestione delicata, perciò non compatibile con i canoni di gestione acquedottistica ordinaria.

REGIONE CAMPANIA

Ristrutturazione funzionale dell'Acquedotto Campano

Sistema di alimentazione della Penisola Sorrentina e dell'Isola di Capri

Più affidabile, si mostra, dunque, al confronto, un impianto tradizionale di protezione a cassa d'aria compressa, il cui principio di funzionamento si fonda sugli effetti dissipativi correlati alle trasformazioni plurime dell'energia cinetica della colonna liquida in condotta in energia di deformazione elastica dell'aria compressa nella cassa e viceversa.

Il dimensionamento della cassa d'aria è stato eseguito sulla scorta del metodo proposto in letteratura dal prof. Evangelisti, che si basa sulla teoria di considerare il fenomeno di moto vario alla stregua di un fenomeno di oscillazione di massa.

L'Autore ha predisposto, all'uopo, una serie di grafici ottenuti dalla ripetuta risoluzione del sistema di equazioni che reggono il fenomeno:

- a) equazione del moto;
- b) equazione della continuità;
- c) equazione di stato dell'aria contenuta nella cassa.

I calcoli sono stati eseguiti, a vantaggio di sicurezza, nell'ipotesi che la trasformazione termodinamica dell'aria sia adiabatica ($n = 1,41$), tenendo conto che i massimi valori di depressione o di sovrappressione si verificano nei primi istanti del moto, quando gli scambi termici tra l'interno della cassa e l'esterno ancora non hanno avuto modo di manifestarsi.

Il calcolo inoltre è stato effettuato considerando sia le perdite di carico per gli attriti in condotta sia la resistenza di "smorzamento" dovuta ad un diaframma a spigolo vivo inserito nella condotta di collegamento tra la cassa d'aria e la condotta premente. Nell'ipotesi, come accennato, che la trasformazione termodinamica subita dall'aeriforme contenuto nella camera d'aria sia prossima ad una trasformazione adiabatica; l'equazione politropica è la seguente:

$$YU_n = Y_s U_n$$

in cui:

Y rappresenta il carico assoluto misurato in metri di colonna d'acqua;

Y_s rappresenta il carico assoluto statico in corrispondenza della cassa d'aria;

U rappresenta il volume della camera d'aria corrispondente al carico assoluto Y (in m³);

U_s rappresenta il volume della camera d'aria corrispondente al carico statico Y_s (in m³);

n è l'esponente della trasformazione adiabatica ed è pari a 1,41.

REGIONE CAMPANIA

Ristrutturazione funzionale dell'Acquedotto Campano

Sistema di alimentazione della Penisola Sorrentina e dell'Isola di Capri

I dati del problema sono i seguenti:

Q = portata da sollevare = 5 l/s

D = diametro della premente = 0,88 mm

L = lunghezza della premente = 3372 m

s = sezione della premente = 0,0061 m²

V = velocità media = 0,83 m/s.

H_o = perdita di carico per attrito nella premente in condizioni di regime = 33,47 m

H_g = prevalenza geodetica = 431 m

Y_s = carico assoluto statico in corrispondenza della cassa d'aria = 474,47m

Le elaborazioni di verifica idraulica svolte secondo la seguente trattazione conducono all'adozione di una cassa d'aria del volume $W = 200$ l, con strozzatura del diametro di 19 mm (3/4"), per cui la sovrappressione positiva massima in condotta si stima in 23 m di colonna d'acqua, sufficientemente contenuta, si conferma, dunque, l'idoneità del volume adottato per il dispositivo, da corredare con elettrocompressore di servizio, in grado di assicurare la necessaria pressione di contrasto nella camera dell'ordine dei 55 bar.

3.2 ALIMENTAZIONE FRAZIONI COLLINARI DI MOIANO, PREZZANO, AROLA, TICCIANO E S.MARIA DEL CASTELLO DEL COMUNE DI VICO EQUENSE

Il superamento delle crisi idriche di alimentazione delle frazioni collinari del comune di Vico Equense richiedono l'adozione, in sostituzione dell'esistente nel serbatoio di San Salvatore, di un nuovo impianto di sollevamento di maggiore potenza.

La più idonea scelta delle caratteristiche dei gruppi di pompaggio da adottare richiede la stima della prevalenza manometrica dell'impianto, somma della prevalenza geodetica e delle perdite di carico idrauliche nella condotta di mandata DN 200/150 dell'impianto. I due tronchi della condotta di mandata generale sono in ghisa sferoidale internamente rivestita, posati circa 20 anni or sono dall'ARIPS, come riferito dalla GORI attuale gestore : il primo si sviluppa per 2.600 m circa, il secondo, invece, per 1.700 m.

Anche qui, per la stima delle perdite di carico idraulico, si adotta quale equazione del moto quella di Hazen e Williams, in cui per il coefficiente di resistenza, si adotta il valore $C =$

REGIONE CAMPANIA

Ristrutturazione funzionale dell'Acquedotto Campano

Sistema di alimentazione della Penisola Sorrentina e dell'Isola di Capri

130, suggerito in letteratura tecnica di settore per le verifiche di deflusso in condotte in ghisa sferoidale :

$$J = \frac{V^{1,85}}{0,74011C^{1,85}R^{1,1667}} \quad (1)$$

dove:

V = velocità media della corrente [m/s]

C= coefficiente di resistenza

R=raggio idraulico [mq/m]

Le velocità medie dei deflussi nella condotta premente dell'impianto discendono dall'equazione della continuità, per cui:

$$V = \frac{Q}{\sigma} \quad (2)$$

dove:

Q = portata del deflusso [mc/s]

σ = sezione idrica [mq]

Per le condotte in ghisa, il diametro interno utile al deflusso coincide col diametro nominale, talché le aree delle sezioni utili dei due tronchi DN 200 e DN 150, che costituiscono la condotta di mandata generale dell'impianto, si valutano comedi seguito:

$$\sigma_{DN200} = \pi d^2 / 4 = 0,0314 \text{ mq}$$

$$\sigma_{DN150} = \pi d^2 / 4 = 0,0177 \text{ mq}$$

Applicando la (2) si ha:

$$V_{DN200} = \pi d^2 / 4 = 0,80 \text{ m/s}$$

$$V_{DN150} = \pi d^2 / 4 = 1,41 \text{ m/s}$$

Applicando l'equazione (1) si ha:

$$J = \frac{0,80^{1,85}}{0,74011 \times 130^{1,85} \times 0,05^{1,1667}} = 0,003619$$

$$J = \frac{1,41^{1,85}}{0,74011 \times 130^{1,85} \times 0,0375^{1,1667}} = 0,014442$$

REGIONE CAMPANIA

Ristrutturazione funzionale dell'Acquedotto Campano

Sistema di alimentazione della Penisola Sorrentina e dell'Isola di Capri

talché, le perdite di carico in ciascuno dei due tronchi costituenti la condotta di mandata, si stimano come segue:

$$\Delta h_{DN200} = J L = 0.003619 \times 2600 = 9,41 \text{ m}$$

$$\Delta h_{DN150} = J L = 0.014442 \times 1700 = 24,55 \text{ m}$$

Le perdite di carico complessive ammontano, dunque, a :

$$\Delta h_{tot} = \Delta h_{DN200} + \Delta h_{DN150} = 9,41 + 24,55 = 33,96 \text{ m}$$

giacché, le perdite di carico concentrate, al confronto sono trascurabili, per il modesto carico cinetico del deflusso.

La prevalenza geodetica dell'impianto è condizionata dalla quota di invaso, poco variabile, nel serbatoio di San Salvatore, a quota sfioro 469 m.s.m., che assumerà la funzione ulteriore di vasca di aspirazione dell'impianto di sollevamento ex-novo.

La prevalenza geodetica dell'impianto si valuta, dunque, in:

$$H_g = 624 - 469 = 155 \text{ m}$$

differenza delle quote di sfioro del serbatoio Moiano alimentato e del serbatoio di San Salvatore.

La prevalenza manometrica vale, invece:

$$H_m = H_g + \Delta h = 155 + 33,96 = 189 \text{ m}$$

La variabilità della quota di invaso del serbatoio di carico dell'impianto, come detto, e l'incertezza che connota le procedure di stima delle perdite di carico idraulico, induce cautelativamente all'adozione di un impianto di prevalenza di poco superiore, a quello strettamente derivante dalle elaborazioni di verifica condotte.

Caratteristiche idrauliche impianto di rilancio San Salvatore – serbatoio Moiano

Impianto a n.2 elettropompe multistadio ad asse verticale, di cui n.1 in servizio ordinario, l'altra con funzione di riserva, delle seguenti caratteristiche idrauliche principali:

$$Q = 25 \text{ l/s} \quad P = 200 \text{ m}$$

3.2.1 VERIFICA DI RESISTENZA DN 200/150 ESISTENTE

La sezione più sollecitata della condotta di mandata dell'impianto di rilancio al serbatoio Moiano è quella di origine, giacché ubicata a giacitura altimetrica inferiore e, dunque, soggetta al carico idraulico maggiore. Con riferimento alla sezione in parola, il

REGIONE CAMPANIA

Ristrutturazione funzionale dell'Acquedotto Campano

Sistema di alimentazione della Penisola Sorrentina e dell'Isola di Capri

corrispondente carico idraulico di regime coincide con la prevalenza manometrica dell'impianto di 20 bar, mentre la pressione di esercizio più gravosa è quella che consegue ai fenomeni di moto vario in condotta, per arresto dei gruppi di pompaggio, comunque limitata a + 1 bar rispetto al carico di regime ($20 + 1 = 21$ bar), per l'intervento della idrovalvola prevista a protezione della condotta dai fenomeni di colpo d'ariete.

I valori delle massime pressioni di funzionamento ammissibili della condotta DN 200, secondo norma di fabbricazione di riferimento EN 545 sono:

PFA = 62 bar (massima pressione di regime)

PMA = 74 bar (massima pressione compreso colpo d'ariete)

Per la condotta DN 150 i corrispondenti valori di pressione ammissibili sono poco superiori 64 e 77 bar rispettivamente.

Si tratta, dunque, di valori di pressione ammissibili notevolmente superiori – circa 3 volte - a quelli di funzionamento previsti, perciò di tutta garanzia per l'affidabilità di esercizio della condotta di alimentazione. In ogni caso, la stima delle perdite di carico idrauliche nella condizione di funzionamento attuale dell'ordine dei 5 m, rende conto di un carico massimo di esercizio in condizioni di regime di 16 bar ($155 + 5 = 160$ m), cui va aggiunta l'aliquota della massima sovrappressione di colpo d'ariete di 51 m, per manovra di arresto dei gruppi di pompaggio, di fatto in assenza di dispositivo dedicato di attenuazione dei fenomeni di moto vario, per complessivi 21 bar ($160 + 51 = 211$ m) di pressione massima di esercizio.

Dunque, il corretto esercizio della condotta di alimentazione, col sollevamento della maggiore portata necessaria di 25 l/s, consentirà di non superare il massimo carico idraulico ad oggi raggiunto in condotta dell'ordine dei 21 bar, con buone garanzie di affidabilità di funzionamento, solo a patto, però, di escludere tassativamente ogni ipotesi, anche remota, di funzionamento della condotta con dispositivo di protezione dal colpo d'ariete fuori servizio, per cui il massimo carico idraulico si stima raggiungerebbe il valore di 37 bar ($250 + 120 = 370$ m), somma del carico di esercizio e della massima sovrappressione di colpo diretto, per manovra di arresto dell'impianto di pompaggio