

PSRN 2014-2020 - Mis. 4.3.1 - Misure per Investimenti Infrastrutture Irrigue

OGGETTO: Progetto per il ripristino ed adeguamento funzionale della condotta principale ubicata tra c.da "Sigona", nel comune di Lentini e c.da "Grotta S.Giorgio" nel comune di Catania

PROGETTO ESECUTIVO 1° STRALCIO FUNZIONALE

0	0	1	1	7	C	T	S	R	14
Codice Lavoro		Anno		Provincia				ALLEGATO	

RELAZIONE IDRAULICA

il Progettista:



Vittorio Angelo Longo
Dott. Ing. Vittorio Angelo Longo

Il R.U.P.



Vito D'Angelo
Dott. Ing. Vito D'Angelo

Visto: Il Dirigente Tecnico:



Massimo Paterna
Dott. Ing. Massimo Paterna

REV.	DATA	REDATTO	CONTROLLATO	APPROVATO	ANNOTAZIONI
0	Giugno 2017	LNG	DNG	DNG	
1	Luglio 2017	LNG	DNG	DNG	Provveditorato Opere Pubbliche Sicilia e Calabria
2					

CALCOLO IDRAULICO

ANALISI DELLA RETE

Per l'analisi della rete si è ricorso all'utilizzo del software ERACLITO.

Tale programma, grazie ad una differenziazione dei fogli di lavoro, permette l'analisi di reti in pressione e di fognature, in moto vario o in moto permanente.

L'ambiente di lavoro presenta un software in formato excel per la modellazione della rete. L'utilizzo del programma avviene attraverso i seguenti passi:

- descrizione topologica
- descrizione elementi
- definizione delle condizioni di esercizio
- simulazione

Descrizione topologica

Per eseguire il calcolo di una rete è stata definita la rete stessa (nodi ed archi) e caratteristiche degli elementi (quota, portata, scabrezza, ecc....)

Si è iniziato mediante apposito un lavoro propedeutico mediante preparazione delle cartografie e dei dati necessari alla fase d'input.

In particolare la rete è stata digitalizzata, tenendo conto soprattutto dei rilievi topografici effettuati sui luoghi. Inoltre sono stati utilizzati come sfondo file in formato raster e/o prodotto da Autocad. Successivamente in scala corretta sono stati evidenziati i nodi della rete da studiare, rappresentando anche la posizione altimetrica del nodo, quindi tali valori dovranno essere inseriti per ogni nodo tramite la scheda delle proprietà. Definite le condizioni altimetriche e planimetriche dei nodi si sono altresì definite le caratteristiche del nodo:

- nodo erogante
- nodo serbatoio
- nodo otturatore

Al nodo erogante

sono state assegnate le portata da erogare in quel punto e l'unione di due o più tubazioni. La formula di calcolo della portata de erogare è:

$$Q = Q_0 + \alpha (H - z) n$$

Tale formula evidenzia una dipendenza della portata erogata dall'altezza piezometrica secondo un parametro alpha e un coefficiente n (entrambi i parametri sono dichiarabili tramite apposite caselle), tuttavia in genere e nel nostro caso è possibile trascurare tale dipendenza e porre $Q=Q_0$

Il nodo serbatoio

rappresenta i nodi in grado di alimentare la rete. I dati di input del nodo serbatoio sono costituiti dall'altezza piezometrica, carico e quota geodetica.

Fra i risultati di calcolo compare la portata uscente dal serbatoio.

Il nodo otturatore

rappresenta un nodo con una strozzatura assegnata in grado di provocare una perdita di carico.

Tramite coppie di valori area % – coefficiente di efflusso è stato possibile costruire la relativa tabella.

L'area % che figura nella colonna di sinistra della tabella suddetta, è la percentuale di apertura dell'Area di Efflusso della "Sezione".

Quando l'Area vale zero o il coefficiente di Efflusso è nullo, non vi è portata nel nodo otturatore.

E Inoltre il:

Tube

Schematizza la tubazione in cui scorre il fluido.

Ogni tratto di tubazione è definito fra due nodi e presenta caratteristiche idrauliche e geometriche costanti lungo tutta la sezione.

I parametri idraulici sono: lunghezza della tubazione, che può essere definita dall'utente oppure calcolata dal programma; diametro; spessore; modulo di elasticità.

Inoltre fra i dati di input si deve dichiarare la scabrezza e la formula con cui calcolare la perdita di carico (Bazin, Kutter, ecc.).

E' stata altresì imposta anche una perdita distribuita lungo la tubazione.

I risultati hanno fornito i valori di portata, velocità, perdita di carico, perdita di pressione, numero di Reynolds.

Pompe (non prevista in progetto)

Il comando pompa modella una pompa reale che impone un carico ΔH alla portata Q che la attraversa. Dichiarando i dati della pompa è necessario definire il verso in cui opererà, in alternativa è possibile tenerla spenta. Per la definizione delle caratteristiche idrauliche è necessario creare la curva caratteristica portate-prevalenza relativa alla pompa adottata. Tale curva, definita fra almeno tre valori, è definita dal progettista.

I risultati di calcolo consistono nei valori di portata e prevalenza.

La curva della pompa rappresenta il legame fra il carico e la portata sollevata tramite la velocità angolare.

$$h_{ij} = -\omega^2 (h_0 - r(Q_{ij} / \omega)x)$$

dove:

h_0 carico a pompa spenta

velocità relativa

Q_{ij} portata

r, x coefficienti caratteristici della pompa

Valvole

DIMENSIONAMENTO VALVOLE DI CONTROLLO PER SFOGO ARIA, ANTIVUOTO E DEGASAGGIO

Premessa

Per il presente progetto si è utilizzato uno specifico software di calcolo allo scopo di individuare i punti di installazione, la tipologia e le dimensioni delle valvole di controllo per sfogo aria, antivuoto e degasaggio. Inserendo quali dati di input i profili altimetrici, i parametri idraulici e quelli geometrici delle condotte, si sono eseguite le verifiche idrauliche andando a simulare il funzionamento dell'impianto nella fase di riempimento delle condotte, di svuotamento e di esercizio ordinario. Il software è inoltre in grado di determinare i punti in cui si ha maggiore probabilità di creazione del fenomeno della separazione della colonna d'acqua dovuta all'improvviso arresto del flusso, oltre a simulare gli effetti dovuti alla eventuale rottura della condotta.

A valle di tali verifiche il modello matematico ha fornito i profili delle condotte con l'indicazione dei punti di inserimento delle valvole e le relative caratteristiche funzionali e geometriche.

Particolare attenzione è stata posta al fenomeno dei colpi d'ariete che insorgono durante il funzionamento dell'impianto e, a tal proposito, dove se ne è verificata la necessità sono state inserite valvole di controllo dotate di dispositivo anti-colpo d'ariete.

Nella costruzione del modello matematico si è tenuto conto del posizionamento delle opere di scarico e delle manovre di apertura degli stessi finalizzate allo svuotamento parziale della condotta per eventuali esigenze di gestione dell'impianto.

Tipologia di valvole utilizzate

La scelta relativa alla tipologia di valvola di controllo aria da prevedere per un efficiente funzionamento di un impianto in pressione, deve tenere in considerazione le caratteristiche del fluido trasportato, le manovre che saranno effettuate sugli organi di regolazione e sezionamento presenti sull'impianto e la frequenza delle stesse.

Per quanto concerne il fluido, nel caso in oggetto si tratta di acqua destinata all'uso irriguo proveniente da una vasca di accumulo, per cui va tenuto in considerazione l'eventuale presenza di materiale in sospensione, la cui concentrazione sarà notevole ogni qualvolta l'impianto verrà messo in esercizio all'inizio della stagione irrigua.

Per quanto riguarda le manovre effettuate sull'impianto, esse possono essere suddivise in due diverse tipologie. Quelle operate durante la fase di fermo dell'impianto e di riavvio dello stesso (svuotamento e riempimento delle condotte), e quelle eseguite durante il normale esercizio dell'impianto, legate alle esigenze gestionali dello stesso (chiusura/apertura delle derivazioni secondarie, chiusura/apertura organi di intercettazione in arrivo alla vasca di valle).

Sulla base di tali considerazioni, le scelte progettuali sono ricadute su apparecchiature progettate per tali condizioni di esercizio ed in particolare per evitare l'insorgere di pericolosi fenomeni derivanti dalle manovre sopra citate. Le valvole di controllo aria,

infatti, dovranno essere in grado di permettere il rapido ingresso di enormi volumi d'aria durante la fase di svuotamento delle condotte, al fine di evitare pericolose depressioni nei tratti di condotta svuotati (e rischio di un conseguente collasso strutturale delle stesse). Le stesse valvole dovranno garantire la fuoriuscita di aria durante la fase di riempimento delle condotte, al fine di evitare la formazione di accumuli che andrebbero a limitare le capacità idrauliche dell'impianto. Tale smaltimento d'aria deve avvenire in maniera controllata in modo tale da evitare l'insorgenza di fenomeni di colpo d'ariete derivanti dalla espulsione troppo violenta dei volumi d'aria. Tali fenomeni possono generarsi ogni qualvolta venga eseguita una manovra rapida su un organo di intercettazione o regolazione installato sull'impianto, e la presenza di opportune apparecchiature di controllo aria ne smorza notevolmente gli effetti fino ad annullarli completamente. A tal riguardo l'analisi del fenomeno evidenzia che la sovrappressione generata è pari a

$$\Delta H = c/g \times \Delta V \text{ (equazione di Allievi), dove:}$$

c rappresenta la celerità,

g è l'accelerazione di gravità,

ΔV è la variazione di velocità del fluido.

Per una tubazione metallica il fattore c/g è pari a circa 100, per cui anche solo una ΔV pari a 1 m/s genera un'onda di pressione di 10 bar. Questo significa che se la velocità di riempimento della condotta fosse solo di 1 m/s, la chiusura di una valvola di sfiato dopo l'evacuazione di tutta l'aria comporterebbe una ΔV di 1 m/s ovvero una ΔH di 10 bar. A tal proposito la valvola deve essere progettata per controllare la fase di chiusura in modo da rallentare prima il fluido e poi chiudere dolcemente. Per la tipologia di valvola prevista in progetto si lascia che una certa quantità di massa del fluido fuoriesca dalla valvola dopo che essa abbia evacuato la massa d'aria, per poi cominciare a chiudere il diaframma in modo lento. Grazie a tale principio si esclude la formazione dell'onda di pressione.

Specifiche tecniche valvole di controllo aria

La valvola utilizzata nel presente progetto viene definita del tipo "dinamico". E' caratterizzata dalla presenza di un otturatore a diaframma che opera grazie al principio di pressioni uguali che agendo su superfici diverse producono forze diverse, che posizionano il diaframma in apertura o chiusura. In particolare si tratta di una valvola Normalmente Chiusa in condizioni di condotta sotto pressione, aprendosi solo nelle fasi di riempimento o svuotamento della condotta. L'assenza di classici galleggianti ne incrementa notevolmente l'affidabilità di funzionamento nel tempo, soprattutto in considerazione delle caratteristiche del fluido trasportato.

È una valvola a triplice funzione che permette:

- a. l'uscita di grandi volumi d'aria in fase di riempimento della condotta
- b. l'ingresso rapido di grandi volumi d'aria in fase di svuotamento delle condotte o per protezione dalla separazione di colonne d'acqua
- c. degasaggio della condotta durante la fase di normale funzionamento

Dalle verifiche per il dimensionamento delle valvole di sfiato, è emersa la necessità di installare lungo i tratti di condotte oggetto del presente progetto apparecchiature del DN 80, DN 100 e DN 150. Considerato i grossi volumi di fluido trasportato (e di conseguenza

le grosse masse d'aria in gioco), l'opportunità di utilizzare apparecchiature di piccolo diametro è legata alle caratteristiche prestazionali delle valvole scelte, con particolare riferimento al fatto che il diametro nominale dell'apparecchiatura coincide con quello delle luci di passaggio dell'aria e non della sola flangiatura.

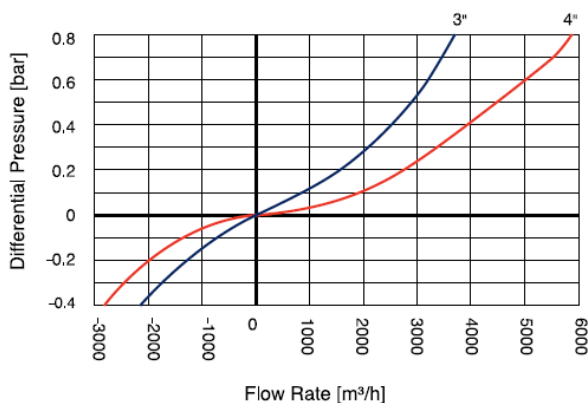
L'intervallo di pressioni nel quale possono operare tali valvole è **0,2 – 16 bar** e, a tal proposito, dai diagrammi di funzionamento delle suddette valvole è possibile dedurre che già in corrispondenza di un differenziale di pressione pari a **0,25 bar** si ha che:

- la **DN 80** garantisce un minimo valore di portata d'aria (in ingresso o in uscita) pari a **1800 m³/h**;
- la **DN 100** garantisce un minimo valore di portata d'aria (in ingresso o in uscita) pari a **3000 m³/h**;
- la **DN 150** garantisce un minimo valore di portata d'aria (in ingresso o in uscita) pari a **6000 m³/h**;

Le prestazioni indicate sono riferite alle due funzioni di ingresso e fuoriuscita di grosse quantità di aria durante le fasi di svuotamento e riempimento della condotta. Per quanto concerne la funzione di degasaggio, le valvole dovranno garantire le seguenti prestazioni:

- Area dell'orifizio $\geq 12 \text{ mm}^2$
- Minimo valore di portata d'aria smaltita a 4 bar pari a **5,6 m³/h** (per DN 80 e DN

AIR & VACUUM FLOW RATE



AUTOMATIC AIR RELEASE FLOW RATE

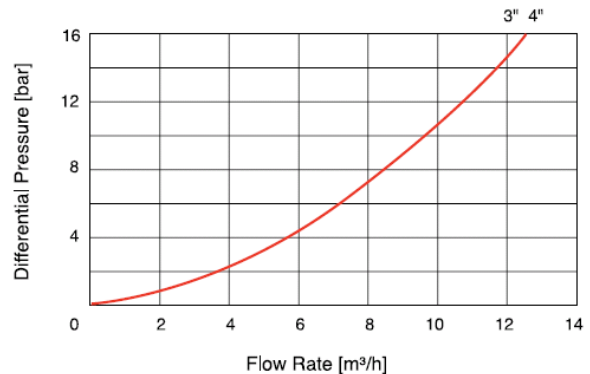


Fig. 1 – Diagrammi delle portate d'aria assicurate dalle valvole DN 80 e DN 100 in condizioni di riempimento e svuotamento condotta (grafico di sinistra) e durante la fase di degasaggio (grafico di destra).

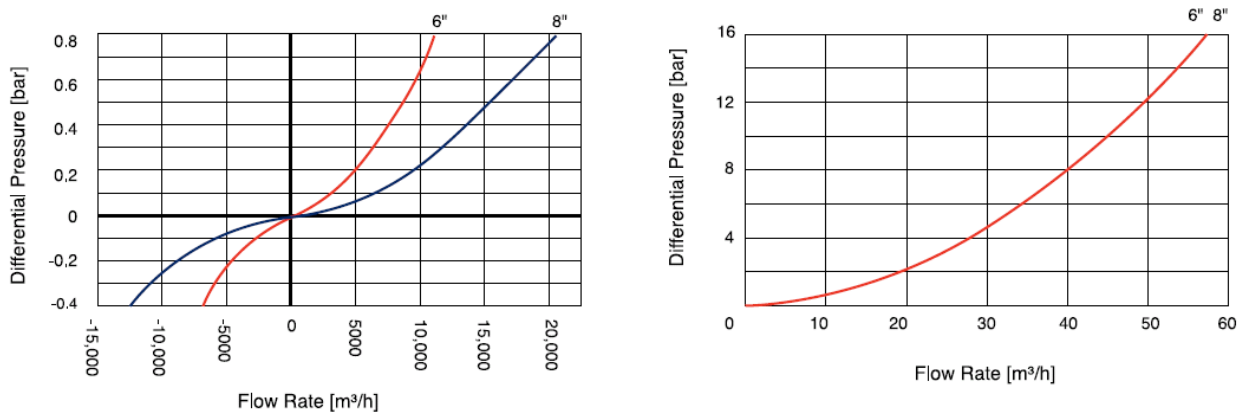


Fig. 2- Diagrammi delle portate d'aria assicurate dalla valvola DN 150 in condizioni di riempimento e svuotamento condotta (grafico di sinistra) e durante la fase di degasaggio (grafico di destra).

L'analisi dei fenomeni fisici che si generano nelle tre condizioni di esercizio di un impianto in pressione e la valutazione delle caratteristiche prestazionali delle valvole dimensionate, porta alle seguenti conclusioni:

- 1) In fase di riempimento della tubazione l'aria presente nella stessa scorre lungo la condotta ed entra nella valvola; la pressione della sacca d'aria agisce sulla superficie inferiore dell'otturatore portandolo in posizione di apertura dell'orifizio di grande sezione, permettendo così la fuoriuscita delle grandi portate d'aria viste in precedenza. Non a caso sono stati presi a riferimento i valori di portata in corrispondenza di bassi valori di ΔP .

Quando l'acqua raggiunge ed entra nella valvola di sfiato un piccolo volume di acqua fuoriesce insieme all'ultima frazione di aria espulsa dalla condotta, sfruttando così il principio di conservazione della quantità di moto, evitando ciò che accade nelle classiche valvole a galleggiante ovvero che l'arrivo dell'acqua causando la chiusura della valvola ne determina una variazione ΔV della colonna d'acqua molto rapida che, per l'equazione di Allievi, dà origine alla sovrappressione e quindi a fenomeni di moto vario nella condotta.

Parte dell'acqua che entra nella valvola passa al di sopra del diaframma della stessa e, per il principio della stessa pressione agente su superfici diverse, si verifica una risultante delle forze agenti sull'otturatore tali da determinarne una lenta chiusura. In questo caso essendo la ΔV molto lenta non si verifica la sovrappressione.

- 2) In fase di svuotamento della condotta la pressione nella valvola si abbassa al di sotto del valore di pressione atmosferica. La pressione negativa, agendo sulle superficie dell'otturatore, permette allo stesso di portarsi in posizione di apertura garantendo l'ingresso di volumi d'aria sufficienti ad evitare all'interno della condotta l'instaurarsi di pericolose depressioni.

Localizzazione e dimensionamento degli sfiati

Come accorgimenti migliorativi ai fini di una adeguata gestione dell'impianto, si sono utilizzati i seguenti criteri di posizionamento degli sfiati:

- una distanza non maggiore di 1 Km uno dall'altro;

- la verifica in corrispondenza delle manovre di apertura degli scarichi;







In allegato alla presente relazione è riportata una tabella riepilogativa dei picchetti ove sono state posizionate tutte le apparecchiature di controllo inserite nel modello, con l'indicazione delle relative tipologie e caratteristiche geometriche.






Effetti positivi dovuti all'inserimento delle valvole di controllo aria




Riassumendo quanto esposto finora, il corretto posizionamento, dimensionamento e scelta della tipologia delle valvole, garantisce:

- una maggiore efficienza della condotta dovuta alla limitazione dell'aria presente in condotta
- l'allungamento della vita utile della condotta per riduzione degli effetti dovuti alla corrosione della condotta per presenza di bolle d'aria
- l'allungamento della vita utile della condotta per riduzione degli effetti del colpo d'ariete
- il minore rischio di collasso della condotta dovuto a fenomeni di depressione in fase di svuotamento della condotta o al verificarsi della separazione della colonna d'acqua.

TRATTO DALLA VASCA DI SIGONA A QUELLA DI GROTTA S.GIORGIO

Station ID	Distance	Elevation	Posizionamento valvole di controllo aria	N. sezione in profilo
Condotta in CAP DN 2000, Maximum Negative Pressure: 4				
Vasca di partenza	0,00	75,30	 Reservoir / Water tower Flowrate: 2,284.00, Water level: 75.30	
1	899,06	34,26		
Condotta in CAP DN 1600, Maximum Negative Pressure: 4				
Condotta pensile CAP DN 1600	1.150,00	22,80		
.1.1	1.798,80	20,67		
.1.2	2.698,79	17,72		
.1.3	3.598,79	14,77		
.1.4	4.498,78	11,82		
.1.5	5.398,78	8,87		
Inizio tratto condotta in Ghisa DN 1000. Maximum Negative Pressure: 4 ,				
STA_000	5.410,00	8,83		
STA_001	5.545,85	7,90		
STA_002 Attraversamento N. 1 Stradella	5.761,07	7,89	 D-070 Selected diameter: 3	14
STA_002.1	6.298,78	7,84	 D-070 Selected diameter: 3	24
STA_003	6.516,02	7,82		
STA_004 Attraversamento Fosso	6.531,25	6,10		
STA_005	6.550,26	7,82	 D-070 Selected diameter: 3	39
STA_006 Attraversamento T. Benante	6.560,12	7,81		
STA_007 Attraversamento T. Benante	6.568,10	5,01		
STA_008 Attraversamento T. Benante	6.583,03	5,01		
STA_009 Attraversamento T. Benante	6.594,88	7,81	 D-070 Selected diameter: 3	44
STA_010 Scarico fosso scolo	6.678,73	5,77		
STA_011 Inizio Attraversamento	6.745,28	6,30		
STA_012 Secondaria 12-13 Derivazione portata complessiva Q=510 l/s	6.813,37	7,96	 D-070 Selected diameter: 3	79

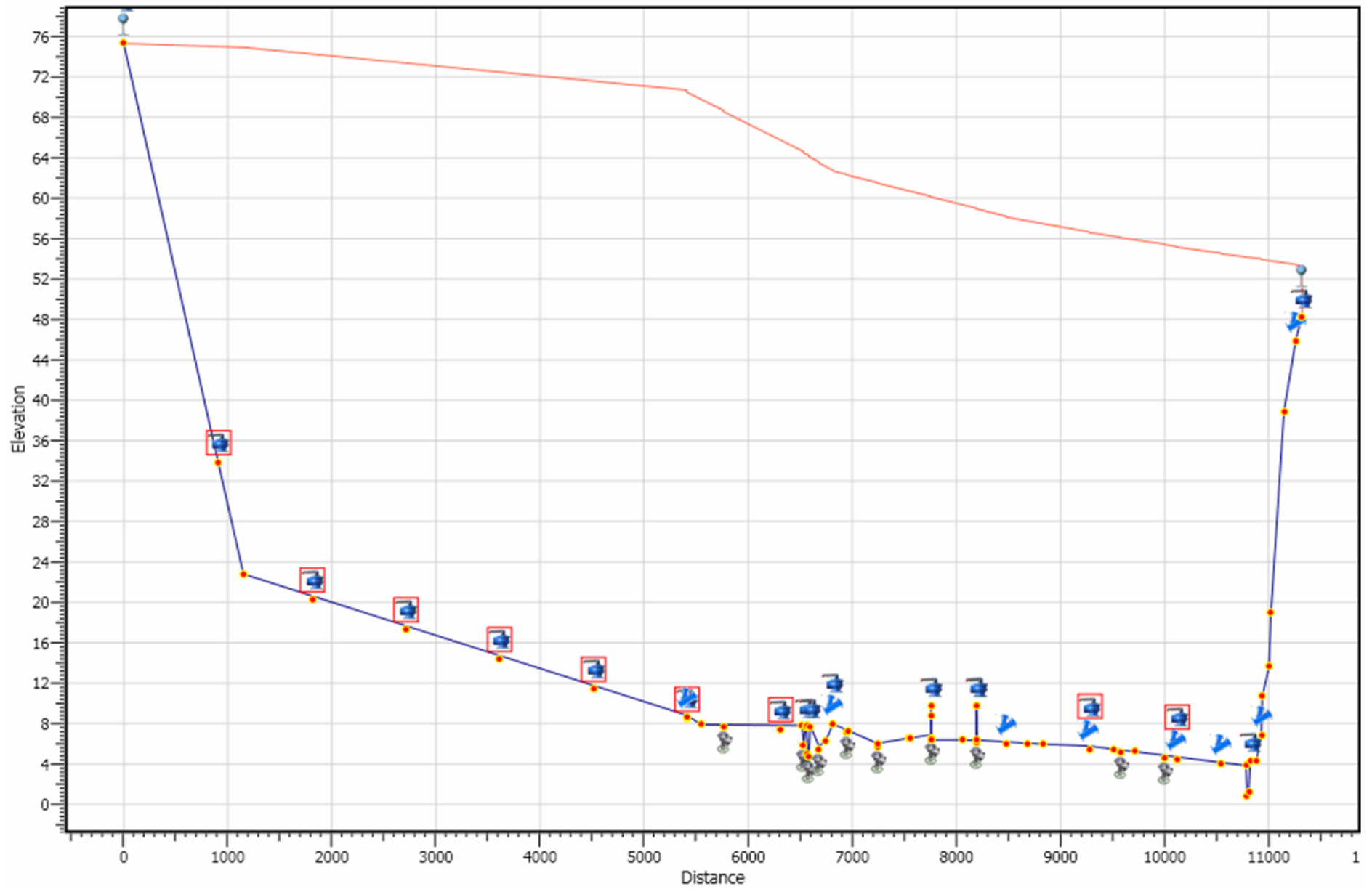
Station ID	Distance	Elevation	Posizionamento valvole di controllo aria	N. sezione in profilo
STA_013 Attraversamento N.1	6.947,88	7,35		
STA_014Attraversamento N.1	6.957,64	7,31	 D-070 Selected diameter: 3	88
STA_015 Attraversamento	7.237,96	6,05		
STA_016 Attraversamento	7.244,76	6,05		
STA_017 Nodo 220A	7.548,96	6,56		
STA_018 Nodo 220B	7.556,26	6,57		
STA_019 Attraversamento N.2	7.754,02	6,89		
STA_020 Attraversamento N.2	7.755,30	9,85	 D-070 Selected diameter: 3	116
STA_021 Attraversamento N.2	7.759,88	8,85		
STA_022 Attraversamento N.2	7.760,89	6,39		
STA_023 Nodo N. 17	8.064,03	6,38		
STA_024 Attraversamento N.3	8.189,05	6,37		
STA_025 Attraversamento N.3	8.190,73	9,85	 D-070 Selected diameter: 3	128
STA_026 Attraversamento N.3	8.196,95	9,85	 D-070 Selected diameter: 3	132
STA_027 Attraversamento N.3	8.199,85	6,37		
Inizio tratto da sostituire con tubazione in Ghisa DN 800, Maximum Negative Pressure: 4				
STA_028 Nodo 18 derivazione Q complessiva =432 l/s (Variazione sezione DN 1000/DN800)	8.476,13	6,19		
STA_029	8.685,41	6,06		
STA_030	8.834,03	5,97		
Inizio tratto da sostituire con tubazione in Ghisa DN 700, Maximum Negative Pressure: 4				
STA_031 N. 19 Q=192 l/s (Variazione sezione DN 800 Ghisa/DN710 PEAD)	9.271,36	5,78	 D-070 Selected diameter: 3	164

Station ID	Distance	Elevation	Posizionamento valvole di controllo aria	N. sezione in profilo
STA_032	9.511,03	5,48		
STA_033 Attraversamento	9.572,32	5,41		
STA_034	9.707,45	5,23		
STA_035 Attraversamento	10.003,39	4,85		
STA_036 Nodo 20 Q=20 l/s	10.108,28	4,72	 D-070 Selected diameter: 3	194
STA_037 Nodo 21 Q=20 l/s	10.539,28	4,15		
STA_038	10.781,35	3,86		
STA_039 Attraversamento T. Benante	10.791,45	0,87		
STA_040 Attraversamento T. Benante	10.807,97	1,27		
STA_041	10.823,46	4,39	 D-070 Selected diameter: 3	222
STA_042	10.882,62	4,38		
STA_043 Tratto in acciaio DN 700	10.929,57	7,03		
STA_044	10.938,09	10,68		
STA_045	11.003,49	13,68		
STA_046	11.022,15	18,98		
STA_047	11.146,67	38,92		
STA_048 Nodo N. 23 Q=20 l/s	11.261,65	46,06		
STA_049 Vasca di accumulo	11.319,24	48,29	 D-070 Selected diameter: 4 Reservoir / Water tower Flowrate: -560.00, Water level 52.75	268



Elenco valvole di controllo aria

DN	Tipologia	Quantità
80	Valvola del tipo NC a diaframma a triplice funzione con chiusura anti colpo d'ariete	12
100	Valvola del tipo NC a diaframma a triplice funzione con chiusura anti colpo d'ariete	1

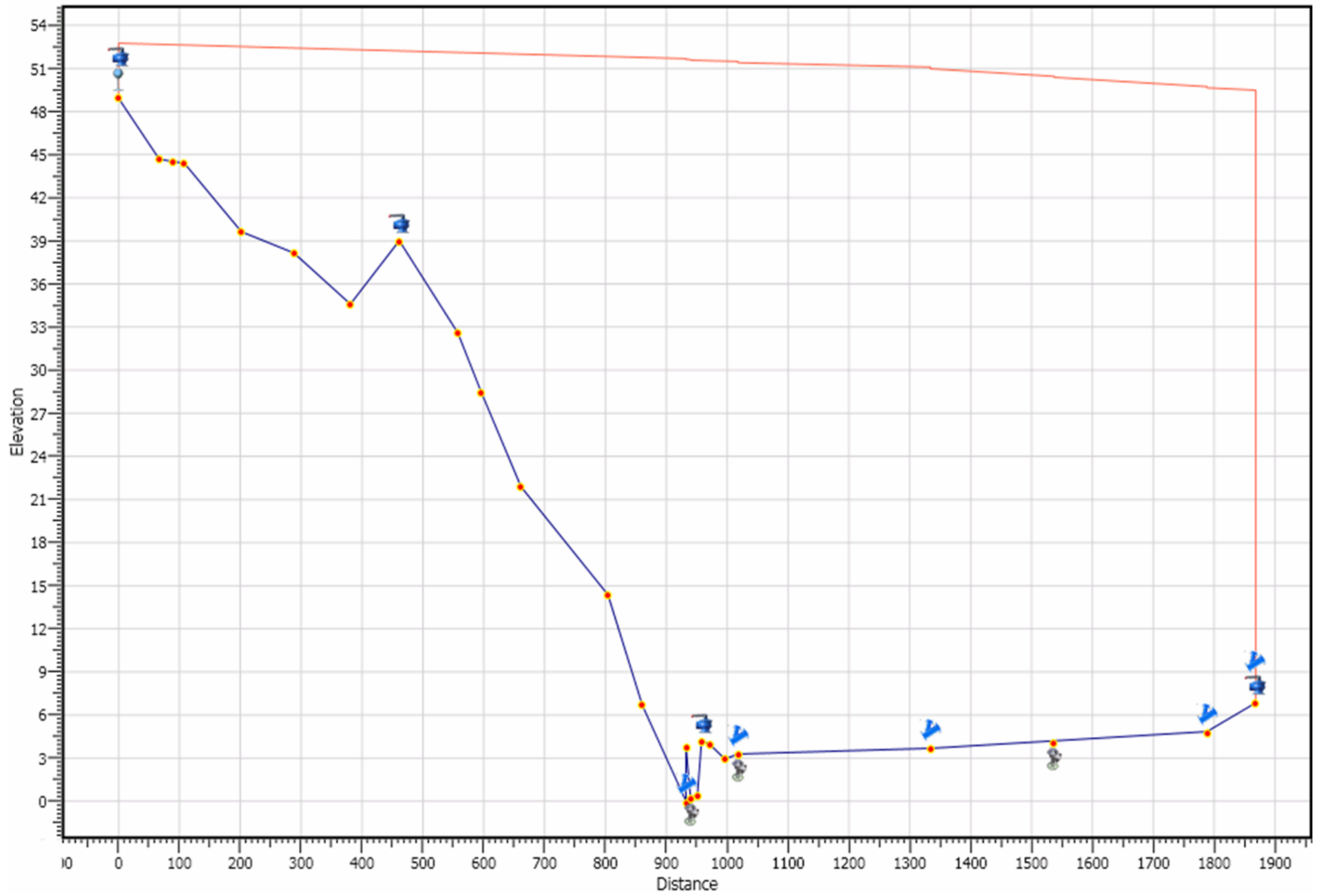
Profile



TRATTO DALLA VASCA DI GROTTA S. GIORGIO AL FIUME GORNALUNGA

Station ID	Distance	Elevation	Posizionamento valvole di controllo aria	
STA_000 Partenza dalla vasca di accumulo condotta Ghisa DN 800	0,00	48,91		
STA_001	66,77	44,68		
STA_002	89,37	44,52		
STA_003	108,06	44,40		
STA_004	201,81	39,63		
STA_005	288,26	38,15		
STA_006	380,88	34,60		
STA_007	461,13	39,01		
STA_008	557,26	32,60		
STA_009	596,02	28,45		
STA_010	661,00	21,90		
STA_011	804,00	14,37		
STA_012	860,60	6,67		
STA_013 Nodo N. 24 Q=40 l/s	932,40	0,00		
STA_014	932,40	3,72		
STA_015 Attraversamento T. Benante	939,49	0,34		
STA_016	950,80	0,34		
STA_017	957,81	4,25	 D-070 65 Tav. 5.8 Selected diameter: 3	
STA_018	972,25	3,93		
STA_019 Allaccio a condotta Pizzarotti	996,15	2,94		
STA_020 Nodo N. 25 Q=48 l/s	1.017,73	3,29		
Inizio tratto da sostituire con condotta in Ghisa 600, Maximum Negative Pressure: 4				
STA_021 Ripresa Nuovo Tratto Ghisa 600. Nodo N. 26 Q=48 l/s	1.333,88	3,69		
STA_022 Attraversamento Stradella	1.537,07	4,21		
STA_023 Nodo N. 27 Q=66 l/s	1.788,13	4,85		
STA_024 Fine Intervento. Allaccio rete esistente	1.868,08	6,85	 D-070 99 Tav. 5.8 Selected diameter: 3	
Elenco valvole di controllo aria				
DN	Tipologia	Quantità		
80	Valvola del tipo NC a diaframma a triplice funzione con chiusura anti colpo d'ariete	2		

Profile



Definizione delle condizioni di esercizio (dati di input)

Definire le condizioni d'esercizio significa assegnare ai singoli elementi della rete alcune grandezze sì da rendere quanto più possibile aderente alle condizioni reali la modellazione matematica. Le caratteristiche necessarie affinché si possa dare inizio alla simulazione sono:

Per il Nodo otturatore:

- la sezione;
- la curva dei coefficienti di perdita in funzione delle aree di apertura. In alternativa può essere inserito un solo valore del coefficiente d'efflusso.

Per il Nodo serbatoio:

- l'altezza piezometrica.

Per il Tubo:

- la lunghezza quando non la si fa calcolare automaticamente;
- la formula che s'intende utilizzare per il calcolo della perdita di carico, il diametro, lo spessore ed il modulo di elasticità del materiale che costituisce il tubo.

Per la Valvola:

- il diametro, la curva delle perdite in funzione del grado di chiusura ed il grado di chiusura stesso; in alternativa a quest'ultimo punto, può essere inserito un unico valore di coefficiente di perdita;
- nel caso in cui la valvola sia una regolatrice di pressione,

Il programma di default considera come fluido interno le condotte l'acqua e come fluido esterno l'aria, con caratteristiche di temperatura e viscosità standard.

Nel calcolo, poiché si tratta di condotte reali, i valori di pressione e velocità, sono stati rispettosi dei valori minimi massimi. Il tutto al fine di assicurare sia la qualità minima del servizio, evitando che pressioni o velocità troppo basse provochino un degrado dell'acqua, sia evitare una prematura rottura delle condotte a causa di valori di pressione o velocità troppo elevati.

La risoluzione di una rete idraulica segue gli stessi principi di una rete composta da nodi e segmenti. Le equazioni che si hanno a disposizione dono eq di continuità ai nodi ed eq di bilancio energetico per i segmenti.

Il procedimento proposto per risolvere le equazioni di continuità ai nodi e di moto lungo i tratti si basa sul metodo che comunemente viene chiamato metodo "Nodo-Maglia" o del "Gradiente".

Questo tipo di approccio propone una soluzione del problema ottenuta risolvendo dapprima un sistema nel quale le incognite sono i carichi ai nodi, mentre i termini noti sono costituiti dalle portate erogate ai nodi e da un termine che contiene dei fattori di correzione che accelerano la convergenza del sistema.

Successivamente una volta trovati questi carichi, sostituendoli nelle equazioni del moto, si possono così calcolare le portate lungo i tratti e tutte le grandezze idrauliche del caso.

Pertanto, avendo una rete costituita da n nodi ed m tratti a carico fissato (pozzi piezometrici con livello fissato e serbatoi) l'equazione del moto lungo il generico tratto tra i nodi i e j potrà essere scritta nella seguente forma:

$$H_i - H_j = rQ_{ij}^\alpha$$

dove:

H_i è il carico sul generico nodo iniziale;

H_j è il carico sul generico nodo finale;

r è il coefficiente di resistenza al moto;

Q_{ij} è la portata circolante nel tratto;

α è l'esponente della portata;

L'equazione di continuità al nodo potrà essere scritta nella forma:

$$\sum Q_{ij} - D_i = 0$$

per: $i = 1, \dots, n$ (2)

dove:

D_i è la portata erogata dal nodo i -esimo;

Q_{ij} sono le portate circolanti nei tronchi che confluiscono al nodo i .

Una volta considerata la prima per esprimere l'equazione del moto lungo i segmenti è necessario calcolare il coefficiente r per ciascuna delle tipologie presenti all'interno della rete.

Il metodo considerato parte da una distribuzione casuale delle portate lungo la rete che non necessariamente debbano soddisfare il criterio di congruenza. Una volta determinate queste portate viene costruito un sistema del tipo:

$$AH = F$$

dove:

H è il vettore degli n carichi incogniti

A è la matrice jacobiana costituita dalle derivate delle resistenze r degli elementi all'interno della rete. In particolare gli elementi sulla diagonale principale sono:

$$A_{ij} = \sum p_{ij}$$

Il termine noto è invece rappresentato dalla seguente relazione:

$$F_i = (\sum Q_{ij} - D_i) + \sum y_{ij} + \sum p_{if} H_j$$

Dove il terzo termine viene applicato ai segmenti che connettono il nodo i ad un nodo a a livello fissato mentre il termine di correzione della portata y_{ij} viene dato dalla seguente espressione:

$$y_{ij} = p_{ij} * r * |Q_{ij}|^n \operatorname{sgn}(Q_{ij})$$

Una volta determinati i nuovi carichi ai nodi attraverso la risoluzione del sistema costruito, la sostituzione di questi valori all'interno dell'equazione del moto di ciascun tratto, consentirà di determinare le portate circolanti all'interno di questi:

$$Q_{ij} = Q_{ij} - (y_{ij} - p_{ij}(H_i - H_f))$$

Quando la correzione da apportare alla portata calcolata in ciascun tratto è minore di un certo valore fissato come tolleranza, finiscono le iterazioni, altrimenti l'algoritmo continua fino a quando questa condizione non viene soddisfatta.

Lavorando con ERACLITO sono stati impostati:

- il numero massimo di iterazioni che si deve effettuare se la convergenza non è raggiunta;
- la tolleranza sulle portate.

È possibile impostare parametri di configurazioni differenti. Alla fine del calcolo poiché è disponibile il vettore H , cioè sono noti i carichi ai nodi (e quindi anche le altezze piezometriche) è possibile ricavare indirettamente i seguenti risultati:

- le portate in tutti i segmenti della rete;
- le velocità del fluido in tutti i segmenti della rete (tubi, pompe e saracinesche);
- i valori del numero di Reynolds nei tubi e nelle valvole.

Appresso si riporta il quadro riepilogativo:

Ripristino e Adeguamento Funzionale Condotta Principale tra C.da Sigona in territorio di Lentini e C.da Grotta S. Giorgio in territorio di Catania

CONDOTTA ADDUTTRICE DA VASCA DI SIGONA A VASCA GROTTA S. GIORGIO

		Quota Idrodinam. m. s.l.m.						74,40		Quota Idrostatica m. s.l.m.							74,40	
Nodo	Tratto	Quota nodo	Quota di monte	Lungh. tratto	Materiale	D.N.	D.I.	Scabrezza	Portata	Velocità	Perdite di carico unitarie	Perdite di carico	Perdite di carico progressive	Carico idrostatico al nodo	Carico idrodinamico al nodo	Quota piezometr.	Pressione esercizio	Pressione Idrostatica
		m. s.l.m.	m. s.l.m.	m.		mm.	mm.	mm.	lt/sec.	m/sec	m./m.	m.		m.	m.	m.	bar	bar
Vasca Sigona		74,40																
1	Vasca nodo 1	18,00	74,40	908,00	CAP	2000	2000,00	1,000	2284	0,727	0,00023	0,21	0,21	56,40	56,19	74,19	5,44	5,46
2	1-2	17,25	18,00	251,00	CAP	2000	2000,00	1,000	2226	0,709	0,00022	0,06	0,26	57,15	57,09	74,34	5,53	5,53
3	2-3	20,65	17,25	270,00	CAP	1600	1600,00	1,000	2148	1,069	0,00065	0,18	0,44	53,75	53,31	73,96	5,16	5,20
4	3-4	19,55	20,65	770,00	CAP	1600	1600,00	1,000	2110	1,050	0,00063	0,48	0,92	54,85	53,93	73,48	5,22	5,31
5	4-5	18,22	19,55	930,00	CAP	1600	1600,00	1,000	2024	1,007	0,00058	0,54	1,46	56,18	54,72	72,94	5,30	5,44
6	5-6	17,80	18,22	295,00	CAP	1600	1600,00	1,000	1976	0,983	0,00055	0,16	1,62	56,60	54,98	72,78	5,32	5,48
7	6-7	16,72	17,80	755,00	CAP	1600	1600,00	1,000	1952	0,971	0,00054	0,41	2,03	57,68	55,65	72,37	5,39	5,58
8	7-8	15,89	16,72	578,00	CAP	1600	1600,00	1,000	1904	0,947	0,00051	0,30	2,33	58,51	56,18	72,07	5,44	5,66
9	8-9	15,00	15,89	616,00	CAP	1600	1600,00	1,000	1886	0,938	0,00050	0,31	2,64	59,40	56,76	71,76	5,50	5,75
10	9-10	10,85	15,00	43,00	Ghisa	1000	1021,00	0,150	1611	1,969	0,00264	0,11	2,75	63,55	60,80	71,65	5,89	6,15
11	10-11	12,15	10,85	1.122,00	Ghisa	1000	1021,00	0,150	1593	1,947	0,00259	2,90	5,65	62,25	56,60	68,75	5,48	6,03
12	11-12	12,13	12,15	15,00	Ghisa	1000	1021,00	0,150	1499	1,832	0,00230	0,03	5,69	62,27	56,58	68,71	5,48	6,03
13	12-13	11,20	12,13	689,00	Ghisa	1000	1021,00	0,150	1481	1,810	0,00224	1,55	7,23	63,20	55,97	67,17	5,42	6,12
14	13-14	11,20	11,20	13,00	Ghisa	1000	1021,00	0,150	1101	1,345	0,00126	0,02	7,25	63,20	55,95	67,15	5,42	6,12
15	14-15	7,96	11,20	1.386,00	Ghisa	1000	1021,00	0,150	1077	1,316	0,00121	1,68	8,92	66,44	57,52	65,48	5,57	6,43
16	15-16	6,56	7,96	737,00	Ghisa	1000	1021,00	0,150	1023	1,250	0,00109	0,81	9,73	67,84	58,11	64,67	5,63	6,57
17	16-17	6,38	6,56	511,00	Ghisa	1000	1021,00	0,150	949	1,160	0,00095	0,48	10,21	68,02	57,81	64,19	5,60	6,58
18	17-18	6,15	6,38	426,00	Ghisa	1000	1021,00	0,150	885	1,081	0,00083	0,35	10,57	68,25	57,68	63,83	5,58	6,61
19	18-19	5,72	6,15	784,00	Ghisa	800	818,60	0,150	669	1,272	0,00148	1,16	11,72	68,68	56,96	62,68	5,51	6,65
20	19-20	4,72	5,72	835,00	Ghisa	700	716,40	0,150	477	1,184	0,00151	1,26	12,98	69,68	56,70	61,42	5,49	6,75
21	20-21	4,13	4,72	461,00	Ghisa	700	716,40	0,150	457	1,134	0,00139	0,64	13,62	70,27	56,65	60,78	5,48	6,80
22	21-22	4,50	4,13	322,00	Ghisa	700	716,40	0,150	437	1,085	0,00127	0,41	14,03	69,90	55,87	60,37	5,41	6,77
23	22-23	46,75	4,50	381,00	Ghisa	700	716,40	0,150	417	1,035	0,00116	0,44	14,48	27,65	13,17	59,92	1,28	2,68
Vasca	23 - vasca	52,75	46,75	37,00	Ghisa	700	716,40	0,150	397	0,985	0,00106	0,04	14,52	21,65	7,13	59,88	0,69	2,10

PSRN 2014-2020 - Mis. 4.3.1 - Misure per Investimenti Infrastrutture Irrigue

OGGETTO: Progetto per il ripristino ed adeguamento funzionale della condotta principale ubicata tra c.da "Sigona", nel comune di Lentini e c.da "Grotta S.Giorgio" nel comune di Catania

PROGETTO ESECUTIVO 1° STRALCIO FUNZIONALE

0	0	1	1	7	C	T	S	R	14.1
Codice Lavoro		Anno		Provincia				ALLEGATO	

STUDIO IDROLOGICO ED IDRAULICO

il Progettista:



Vittorio Angelo Longo
Dott. Ing. Vittorio Angelo Longo

Il R.U.P.



Vito D'Angelo
Dott. Ing. Vito D'Angelo

Visto: Il Dirigente Tecnico:



Massimo Paterna
Dott. Ing. Massimo Paterna

REV.	DATA	REDATTO	CONTROLLATO	APPROVATO	ANNOTAZIONI
0	Giugno 2017	LNG	DNG	DNG	
1					
2					

indice

1. Premesse	1
2. Studio idrologico	3
3. Verifica idraulica	7
3.1 <i>Verifica della cunetta</i>	7
3.2 <i>Verifica del canale ricettore esistente</i>	8
4. Conclusioni	9

1. **Premesse**

Gli interventi compresi nel *Progetto per il ripristino ed adeguamento funzionale della condotta principale ubicata tra contrada "Sigona" nel comune di Lentini e contrada "Grotta S. Giorgio" nel comune di Catania* consistono essenzialmente nella sostituzione di circa 9 chilometri dell'adduttrice principale posata in territorio comunale di Lentini (SR) e Catania.

Il tracciato di posa della nuova tubazione segue per buona parte quello del collettore attualmente in esercizio variandone, in alcuni tratti, la quota.

Tra i tratti in cui la sezione di posa differisce con l'esistente c'è quello che va dall'inizio intervento al nodo V7 per una lunghezza di circa 2.700 metri.

Appare utile premettere che gli interventi di manutenzione e riparazione della condotta in cemento armato precompresso di diametro 1600 mm si sono recentemente presentati sempre più frequenti per la vetustà della tubazione ma anche oltremodo complicati per la difficoltà di accesso alla tubazione.

Infatti il tracciato della tubazione segue una fascia di terreno compresa tra le colline di Poggio Santalenea e Pianometa ed il rilevato della Strada Consortile parallela al canale Benanti. Questa porzione di territorio non presenta un reticolo idrografico definito e ciò comporta che le acque di pioggia si accumulino sul terreno senza potere essere smaltite ad alcun recapito con la conseguenza che qualsiasi intervento di riparazione risulta ostacolato dalla presenza di acqua.



Figura 1 – zone di accumulo di acque di pioggia



Figura 2 – zone di accumulo di acque di pioggia

Per rendere possibile le operazioni di manovra e di manutenzione il progetto di sostituzione della condotta principale ha giustamente previsto degli accorgimenti consistenti in una modalità di posa che consente facilità di accesso e di operatività. La soluzione progettuale è rappresentata nella seguente figura e consiste nella posa della tubazione a quota più alta e protetta da un rilevato. Sul lato sinistro è prevista la realizzazione di una cunetta a sezione trapezia che consente di raccogliere ed allontanare le acque accumulate in prossimità della condotta. A sinistra della tubazione saranno previsti anche interventi di pulizia e risagomatura del fosso di guardia esistente. Sia la cunetta di progetto che il fosso di guardia recapitano nel fosso Benante.

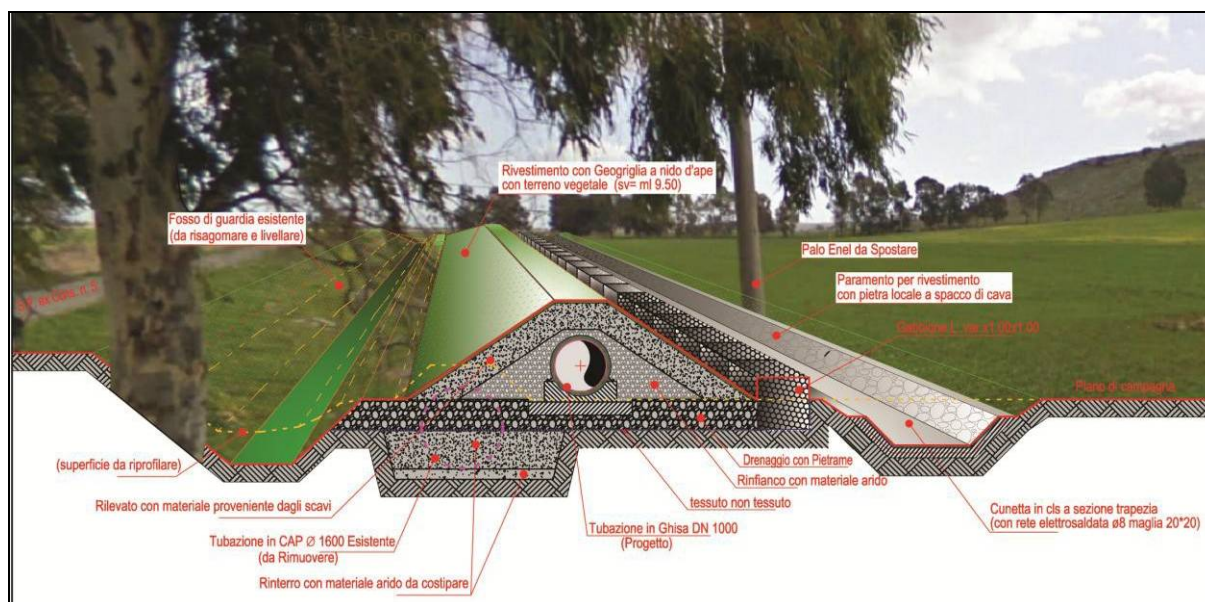


Figura 3 – modalità di posa della tubazione di progetto

Lo scopo del presente studio è la verifica della capacità di deflusso della cunetta di progetto e si articolerà in.

- ❑ Determinazione della curva di probabilità pluviometrica;
- ❑ Calcolo della portata di progetto;
- ❑ Verifica idraulica della cunetta di progetto

Progetto per il ripristino ed adeguamento funzionale della condotta principale ubicata tra contrada "Sigona" nel comune di Lentini e contrada "Grotta S.Giorgio" nel comune di Catania
Studio Idrologico ed idraulico

2. Studio idrologico

Nella Figura 4 è rappresentato il bacino idrografico sotteso dalla cunetta di progetto. Il tracciamento dello spartiacque è stato riportato sulla Carta Tecnica Regionale 1:10.000 ed è stato eseguito con l'ausilio del reticolo idrografico esistente riportato sulla stessa CTR o a seguito di sopralluogo.

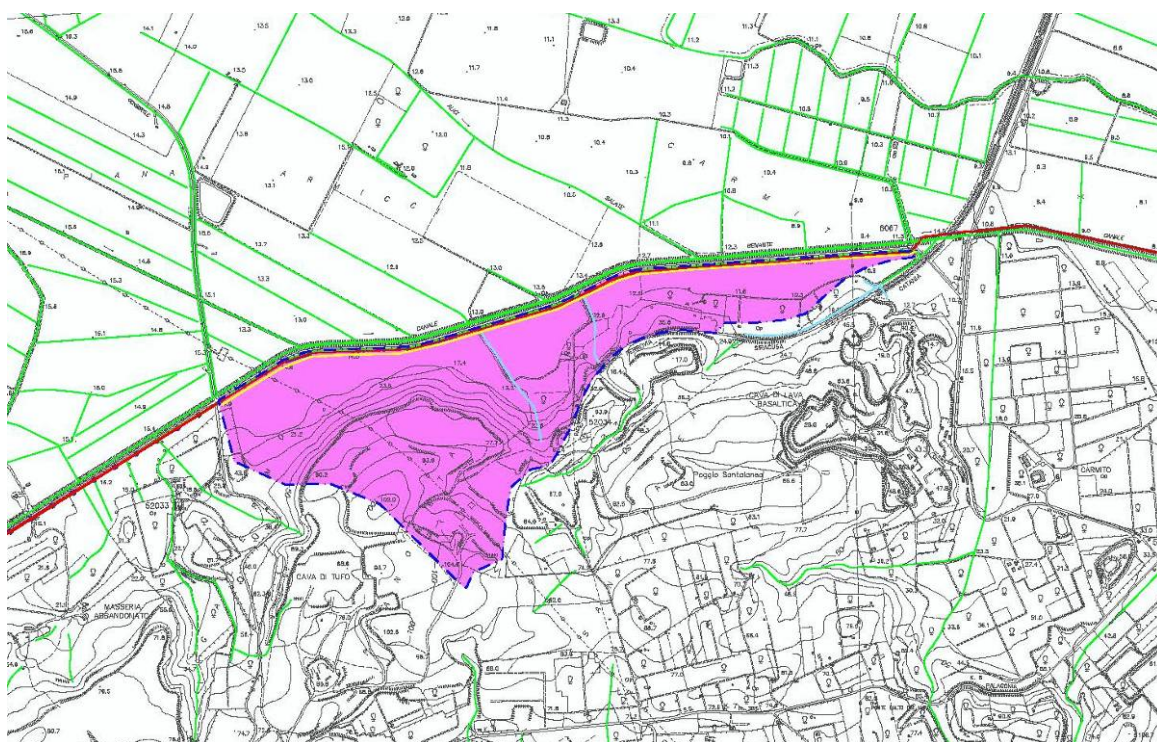


Figura 4 – bacini idrografici teorici sottesi dalla cunetta di progetto

Ai fini della stima della portata di verifica della cunetta si fa riferimento a quanto elaborato dal **Gruppo Nazionale per la Difesa dalla Catastrofi Idrogeologiche** del Consiglio Nazionale delle Ricerche che ha previsto uno speciale programma operativo denominato **VAPI (Valutazione Piene Italia)** con l'obiettivo di unificare a scala nazionale le procedure di valutazione probabilistica delle piene. In quest'ambito è stato pubblicato il rapporto regionale *"Valutazione delle piene in Sicilia"*.

Lo studio del GNDCI suddivide il territorio regionale in tre sottozone pluviometriche omogenee per ciascuna di esse fornisce una espressione per la determinazione semplificata della curva di probabilità pluviometrica.

Per la sottozona C (sud est), delimitata a nord dal bacino del Fiume Salso Simeto e ad ovest dallo spartiacque del Fiume Imera meridionale, è stata indicata l'espressione:

$$x'_{t,T} = 0,5015 - 0,003516 t + (0,0003720 t^2 + 0,00102 t + 1,0101) \log T \quad (1)$$

in cui:

t: durata dell'evento di pioggia (in ore)

Progetto per il ripristino ed adeguamento funzionale della condotta principale ubicata tra contrada "Sigona" nel comune di Lentini e contrada "Grotta S.Giorgio" nel comune di Catania
Studio Idrologico ed idraulico

T: tempo di ritorno (in anni).

La curva di probabilità pluviometrica si ottiene moltiplicando la (1) per la legge di variazione della media della legge TCEV (*two components extreme value distribution* ovvero legge di distribuzione a doppia componente):

$$h(t,T) = x'_{t,T} \mu(t) \quad (2)$$

in cui:

$h(t,T)$: altezza di pioggia per una durata t e un tempo di ritorno T (in mm);

$\mu(t) = a t^n$.

Per la valutazione della $\mu(t)$ è stata proposta una tabella con i valori di a e n per le principali stazioni siciliane.

Le stazioni pluviometriche più vicine al bacino e che possono ritenersi rappresentative sono quelle di Lentini e Catania. Per esse i coefficienti indicati sono i seguenti:

stazione	a	n
Catania	32,3	0,3266
Lentini	32,4	0,3698

Per quanto riguarda il Tempo di ritorno si ritiene sufficiente fissarlo pari a 2 anni. Questa scelta potrebbe fare pensare all'accadimento di frequenti eventi critici (mediamente uno ogni due anni) ma occorre ribadire che l'intervento in oggetto non deve intendersi come regimentazione delle acque ma come opera di smaltimento di acque che, altrimenti, stagnerebbero in prossimità della nuova tubazione. Non rientra tra gli obiettivi dell'intervento quello della sistemazione idraulica dell'area sebbene la realizzazione della cunetta migliorerà sicuramente il recapito delle acque meteoriche al ricettore finale (canale Benanti) migliorando lo schema idrografico.

Lo scopo della realizzazione della cunetta è, pertanto, quello di realizzare un sistema di raccolta e allontanamento delle acque che, normalmente, si accumulano su parte dei terreni nei quali sarà posata la nuova tubazione. Avere scelto un tempo di ritorno di 2 anni vorrà pertanto dire che potranno verificarsi ancora accumuli di acque meteoriche ma questi saranno transitori e le acque saranno progressivamente allontanate dalla cunetta in progetto alla fine dell'evento meteorico.

Per la stima della portata di progetto possono utilizzarsi diversi metodi:

- Formule empiriche;
- Formule regionali;
- Formule cinematiche.

I primi due metodi prescindono da considerazioni statistiche mentre le formule cinematiche fanno riferimento ad un tempo di ritorno.

Le formule cinematiche consentono di valutare la portata di piena esplicitando il tempo che impiegano i deflussi meteorici a raggiungere la sezione di chiusura dal punto idraulicamente più lontano del bacino (tempo di corrivazione).

Per ogni sezione si ha una pioggia critica la cui durata e intensità sono dipendenti dal tempo di corrivazione che provoca la piena massima. In genere si assume che la durata della pioggia critica sia uguale al tempo di corrivazione.

Tra le formule cinematiche quella più usata è la formula di Turazza:

$$Q_{\max} = c i A = c h A / t_c \quad (\text{m}^3/\text{s}) \quad (3)$$

In cui:

- c: coefficiente di deflusso;
- i: intensità della pioggia che provoca la piena (supposta costante nel tempo e nello spazio);
- A: superficie del bacino;
- h: altezza di pioggia;
- t_c : tempo di corrivazione.

Per la determinazione del tempo di corrivazione sono state proposte diverse espressioni. Una delle più usate è quella di Pezzoli

$$t_c = 0,055 \frac{L}{\sqrt{I}}$$

in cui:

- L: lunghezza dell'asta principale (km)
- I = pendenza media (m/m) calcolata tra il punto più alto e la sezione di chiusura.

Nel caso in progetto essendo:

$$L = 2737 \text{ m} = 2,737 \text{ km}$$

$$I = (102 \text{ m s.l.m.} - 10,4 \text{ m s.l.m.}) / 2737 \text{ m} = 0,0334 = 3,34 \%$$

si ottiene:

$$t_c = 0,82 \text{ ore}$$

Per la determinazione del coefficiente di deflusso si segue il metodo proposto da Frevert che lega il coefficiente di deflusso c alle caratteristiche geomorfologiche del bacino come descritto nella Tabella 1.

Le caratteristiche del bacino idrografico sono principalmente quelle evidenziate dai cerchi rossi. In particolare la porzione di bacino più valliva è costituita da terreni con argilla e limo. La porzione di bacino posta a quota più alta ha caratteristiche dei terreni diverse con una permeabilità maggiore. Si adotta pertanto un coefficiente di deflusso medio:

$$C = 0,20$$

Questo valore si ritiene rappresentativo data la diffusa presenza di invasi per depressione superficiale e dei sistemi di impluvi senza elevate pendenze.

Caratteristiche del bacino			C		
Manto vegetale	Morfologia del suolo	Pendenza della principale della rete idrografica (%)	Terreno con sabbia grossa	Terreno con argilla e limo	Terreno con argilla compatta
Bosco	Pianeggiante	0 ÷ 5	0.10	0.30	0.40
Bosco	Ondulato	5 ÷ 10	0.25	0.35	0.50
Bosco	Montuoso	10 ÷ 30	0.30	0.50	0.60
Pascolo	Pianeggiante	0 ÷ 5	0.10	0.30	0.40
Pascolo	Ondulato	5 ÷ 10	0.16	0.36	0.55
Pascolo	Montuoso	10 ÷ 30	0.22	0.42	0.60
Coltivato	Pianeggiante	0 ÷ 5	0.30	0.50	0.60
Coltivato	Ondulato	5 ÷ 10	0.40	0.60	0.70
Coltivato	Montuoso	10 ÷ 30	0.52	0.72	0.82

Tabella 1 – Valori del coefficiente di deflusso C secondo Frevert

Adottando i parametri a ed n di Lentini e di Catania nelle curve di probabilità pluviometrica (1) e (2) proposte dallo studio VAPI si ottengono i due diversi valori di altezza di pioggia critica da adottare per la valutazione della portata di progetto.

Lentini: $h = 24,21 \text{ mm}$

Catania: $h = 24,34 \text{ mm}$

Conseguentemente, con la formula di Turazza (3), si determinano le seguenti portate per la verifica della cunetta di progetto.

Lentini: $Q = 2,06 \text{ m}^3/\text{s}$

Catania: $Q = 2,07 \text{ m}^3/\text{s}$

Pertanto, ai fini della verifica idraulica, si utilizzerà la portata:

$$Q = 2,07 \text{ m}^3/\text{s}$$

3. Verifica idraulica

3.1 Verifica della cunetta

In Figura 5 è raffigurata la sezione della cunetta di progetto. Per una lunghezza di circa 2700 metri verrà realizzata un canale a sezione trapezia con:

base minore = 1,5 metri,
 altezza = 0,6 metri,
 pareti inclinate a 45°

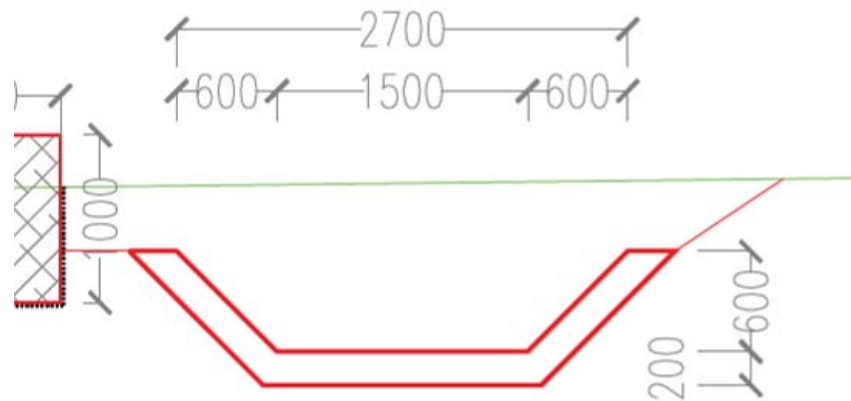


Figura 5 – Cunetta di progetto

Il tracciato della cunetta affiancherà quello della condotta in progetto e si svilupperà seguendo la pendenza media naturale del terreno che di poco superiore allo 0,15 %.

Per la verifica si considereranno le condizioni di deflusso in regime di moto uniforme utilizzando la formula di Chezy:

$$Q = C \cdot A \cdot \sqrt{R \cdot i} \quad (4)$$

In cui

C : coefficiente scabrezza
 A : area della sezione
 R : raggio idraulico (A/P)
 P : perimetro bagnato
 i : pendenza

Per il calcolo del coefficiente di scabrezza esistono diverse formule. Uno delle più usate è quella di Strickler:

$$C = k \cdot R^{\frac{1}{6}} \quad (5)$$

con k che, nel caso di rivestimento dei canali in calcestruzzo, può essere assunto pari a 80.

Pertanto, nel caso della sezione trapezia della cunetta in progetto, essendo:

$$A = (2,7+1,5) \times 0,6 / 2 = 1,26 \text{ m}^2$$

$$P = 1,5 + 2 \times 1,4142 \times 0,6 = 3,192 \text{ m}$$

$$R = A/P = 0,3947 \text{ m}$$

$$i = 0,0015 = 0,15 \%$$

$$k = 80 \times 0,3947^{1/6}$$

la portata massima convogliabile risulta pari a $2,10 \text{ m}^3/\text{s}$ che è superiore a quella per Tempo di ritorno pari a 2 anni.

In definitiva la cunetta può ritenersi correttamente dimensionata.

3.2 Verifica del canale ricettore esistente

La cunetta converge verso il canale che attualmente raccoglie le acque del bacino idrografico sotteso dalla cunetta. Pertanto a valle del punto di sbocco della cunetta (punto A della Figura 6) si avrà la stessa portata attuale e, quindi, non si avrà alcun sovraccarico di deflusso nel canale di guardia fino al canale Benante (punto B).

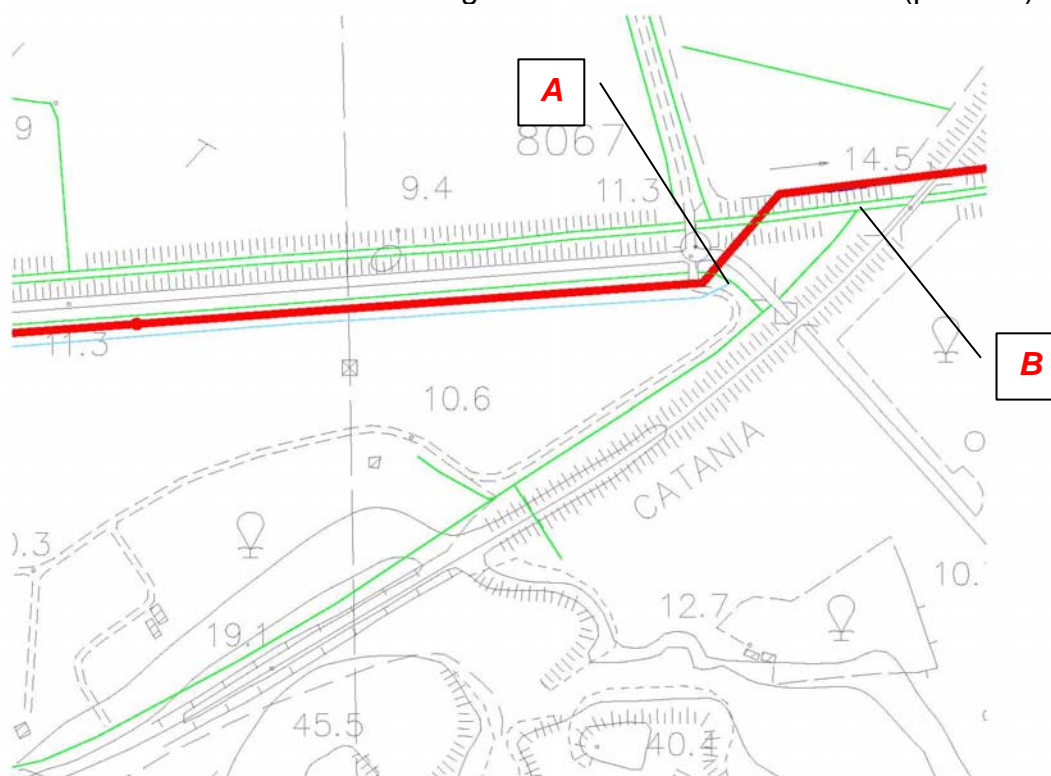


Figura 6 – Sbocco della cunetta di progetto

4. Conclusioni

Il Consorzio di bonifica 9 di Catania deve effettuare interventi di ripristino ed adeguamento funzionale della condotta principale ubicata tra contrada "Sigona" nel comune di Lentini e contrada "Grotta S. Giorgio" nel comune di Catania.

Gli interventi di manutenzione e riparazione sempre più frequenti sulla attuale condotta in CAP ϕ 1600 mm sono complicati per la difficoltà di accesso alla tubazione dato che, anche nei periodi lontani da eventi di pioggia, i terreni circostanti sono ricolmi di acque che non riescono ad essere recapitate verso la rete idrografica.

Per questo motivo si è inserito in progetto anche l'intervento di realizzazione di una cunetta che consente la raccolta e l'allontanamento delle acque che, normalmente, si accumulano sui terreni circostanti la fascia nei quali sarà posata la nuova tubazione.

La cunetta, come detto, non rappresenta un intervento di regimentazione delle acque ma una semplice opera di smaltimento di acque che, altrimenti, stagnerebbero in prossimità della nuova tubazione. Per questo motivo si è scelto di progettarela per un tempo di ritorno di 2 anni che consente, seppure con possibili accumuli transitori di acque meteoriche, un progressivo ed efficace allontanamento delle acque grazie alla cunetta in progetto.

PSRN 2014-2020 - Mis. 4.3.1 - Misure per Investimenti Infrastrutture Irrigue

OGGETTO: Progetto per il ripristino ed adeguamento funzionale della condotta principale ubicata tra c.da "Sigona", nel comune di Lentini e c.da "Grotta S.Giorgio" nel comune di Catania

PROGETTO ESECUTIVO 1° STRALCIO FUNZIONALE

0	0	1	1	7	C	T	S	R	14.2
Codice Lavoro		Anno		Provincia				ALLEGATO	

RELAZIONE SULLA COMPATIBILITA' IDRAULICA DELL'INTERVENTO

il Progettista:



Vittorio Angelo Longo
Dott. Ing. Vittorio Angelo Longo

Il R.U.P.



Vito D'Angelo
Dott. Ing. Vito D'Angelo

Visto: Il Dirigente Tecnico:



Massimo Paterna
Dott. Ing. Massimo Paterna

REV.	DATA	REDATTO	CONTROLLATO	APPROVATO	ANNOTAZIONI
0	Giugno 2017	LNG	DNG	DNG	
1					
2					

indice

1. Premesse	1
2. Il PAI della Regione Siciliana.....	1
3. Studio idraulico del PAI e perimetrazione delle aree potenzialmente inondabili	3
4. Verifica della compatibilità dell'intervento	6
5. Conclusioni.....	8

1. Premesse

Il tracciato della condotta principale gestita dal Consorzio di Bonifica n. 9 di Catania ricade nell'area territoriale compresa tra il bacino idrografico del fiume Simeto e il bacino del fiume San Leonardo il cui Piano per l'Assetto Idrogeologico è stato approvato con Decreto del Presidente della Regione Siciliana n. 238 del 20/9/2006 e pubblicato sulla GURS n. 51 del 3/11/2006.

Nel dettaglio, il tracciato dell'adduttrice da sostituire, attraversa nell'intero sviluppo, aree indicate con livello di pericolosità alta "P3" nella carta della pericolosità idraulica per fenomeni di esondazione n. 112 (CTR 640040) e n. 113 (CTR 641010). Per quanto riguarda il rischio, le carte del rischio idraulico per i fenomeni di esondazione assegnano un livello di rischio medio "R2"

Nel seguito sarà descritta la compatibilità dell'intervento rispetto ai vincoli derivanti dal PAI.

2. Il PAI della Regione Siciliana

Per gli interventi in aree con livello di pericolosità P3 si applicano le Norme di Attuazione contenute nel Capitolo 11 della Relazione Generale del PAI – anno 2004.

In particolare si ritiene utile riportare l'**Art. 11 - Disciplina delle aree a pericolosità idraulica**

1. *Nelle aree a pericolosità idraulica P4 e P3 sono vietate tutte le opere e le attività di trasformazione dello stato dei luoghi e quelle di carattere urbanistico ed edilizio, relativamente agli elementi individuati in E4 ed E3.*
2. *In queste aree, la realizzazione di elementi inseriti nelle classi E4 ed E3 è subordinata all'esecuzione degli interventi necessari alla mitigazione dei livelli di rischio atteso e pericolosità esistenti.*
3. *La documentazione tecnica comprovante la realizzazione degli interventi di riduzione della pericolosità dovrà essere trasmessa all'Assessorato Regionale Territorio e Ambiente che, previa adeguata valutazione, provvederà alle conseguenti modifiche.*
4. *In queste aree sono esclusivamente consentiti:*
 - a) *I cambi colturali, purché non interessino un'ampiezza dal ciglio della sponda adeguata all'area potenzialmente inondabile;*
 - b) *Gli interventi volti alla ricostituzione degli equilibri naturali alterati e all'eliminazione, per quanto possibile, dei fattori incompatibili di interferenza antropica;*
 - c) *Le opere di difesa, di sistemazione e di manutenzione idraulica, atte a mitigare il rischio;*
 - d) *Eccezionalmente, la realizzazione di nuovi interventi infrastrutturali e nuove opere pubbliche a condizione che sia incontrovertibilmente dimostrata l'assenza di alternative di localizzazione e che sia compatibile con la pericolosità dell'area;*

- e) Nuove costruzioni necessarie per la conduzione aziendale delle attività agricole esistenti, non localizzabili nell'ambito dell'azienda agricola, purché le superfici abitabili siano realizzate a quote compatibili rispetto al livello idrico definito dalla piena di riferimento;
 - f) Gli interventi relativi ad attività di tempo libero compatibili con la pericolosità idraulica della zona, che non comportino edificazione o riduzione della funzionalità idraulica e purché siano attivate opportune misure di allertamento;
 - g) Occupazioni temporanee, se non riducono la capacità di portata dell'alveo, realizzate in modo da non recare danno o da risultare di pregiudizio per la pubblica incolumità in caso di piena. Gli interventi di cui all'articolo 20, comma 1, lettera d) della legge regionale 27 dicembre 1978, n. 71, a condizione che gli stessi non aumentino il livello di rischio e non comportino significativo ostacolo o riduzione dell'attuale capacità d'invaso delle aree stesse;
 - h) La realizzazione di nuove infrastrutture pubbliche e di interesse pubblico, nonché l'ampliamento o la ristrutturazione delle esistenti, purché compatibili con il livello di pericolosità esistente. A tal fine i progetti dovranno essere corredati da uno studio di compatibilità idraulica redatto secondo gli indirizzi contenuti nell'Appendice "B";**
 - i) I depositi temporanei conseguenti e connessi ad attività estrattive autorizzate da realizzarsi secondo le modalità prescritte dai dispositivi di autorizzazione.
5. Nelle aree a pericolosità P4 e P3, l'attività edilizia e di trasformazione del territorio, contenuta negli strumenti urbanistici generali o attuativi, relativa agli elementi E1 ed E2, è subordinata alla verifica della compatibilità idraulica. A tal fine, gli Enti locali competenti nella redazione degli strumenti urbanistici, predispongono e trasmettono all'Assessorato Territorio e Ambiente uno studio di compatibilità idraulica. Gli studi sono redatti sulla base degli indirizzi contenuti nell'Appendice "B".
 6. Gli studi sono sottoposti al parere dell'Assessorato Regionale del Territorio e Ambiente che si esprime in merito alla compatibilità con gli obiettivi del P.A.I..
 7. Nelle suddette aree non è consentito l'uso abitativo e commerciale dei locali interrati e/o seminterrati degli edifici da realizzare, né è consentita la modifica di destinazione nei locali interrati e/o seminterrati degli edifici esistenti.
 8. Nelle aree a pericolosità P2, P1 e P0, è consentita l'attuazione delle previsioni degli strumenti urbanistici, generali e attuativi, e di settore vigenti, corredati da un adeguato studio idrologico-idraulico, esteso ad un ambito significativo, con il quale si dimostri la compatibilità fra l'intervento ed il livello di pericolosità esistente.
 9. Tutti gli studi di cui ai commi precedenti devono tener conto degli elaborati cartografici del P.A.I., onde identificare le interazioni fra le opere previste e le condizioni idrauliche dell'area.

In relazione alle caratteristiche dell'intervento si ritiene debba applicarsi quanto contenuto al comma 4 lettera h del superiore articolo 11 delle Norme di Attuazione del P.A.I. dato che si tratta di un ripristino ed adeguamento funzionale di un acquedotto esistente e quindi può evidentemente classificarsi come **ristrutturazione di un'infrastruttura pubblica esistente**. Pertanto l'intervento dovrà essere corredato da uno Studio di compatibilità idraulica secondo quanto descritto nell'Appendice B della stessa Relazione Generale del PAI. I **Contenuti tecnici degli studi di compatibilità idraulica** vengono di seguito riportati.

Per la realizzazione delle opere consentite nelle aree a pericolosità "molto elevata" (P4) ed "elevata" (P3), di cui all'art. 11, comma 4 lettera h) e comma 5 delle norme di attuazione, deve essere predisposto uno studio di compatibilità idraulica che sia commisurato all'entità e dimensione dell'intervento stesso ed alle effettive problematiche dell'area di intervento e di un congruo intorno.

Tale studio dovrà:

- *verificare i dissesti idraulici che interessano l'area;*
- *definire e descrivere le interferenze tra le aree a pericolosità d'inondazione e le destinazioni, le trasformazioni d'uso e le opere previste o presenti;*
- *confrontare le previsioni urbanistiche e le opere con il grado di pericolosità dell'area.*

Lo studio idraulico deve contenere il censimento ed il rilievo delle opere e del profilo dell'alveo, sul quale basare le verifiche idrauliche per le diverse portate. A tal proposito, la valutazione delle portate verrà eseguita considerando i tempi di ritorno che hanno determinato il livello di pericolosità individuato nel P.A.I. Sulla base di tali dati e delle conoscenze topografiche delle aree limitrofe del corso d'acqua, si determinano i livelli idrici attesi in corrispondenza delle portate di piena da esaminare.

In considerazione della complessità del fenomeno da studiare e del grado di approfondimento necessario, possono essere utilizzati schemi di moto permanente monodimensionale, moto vario monodimensionale o quasi-bidimensionale, moto vario bidimensionale, ciascuno dei quali tiene conto di rappresentazioni delle condizioni di moto di complessità crescente.

Di norma, ed in particolare nel caso della verifica di opere, può essere impiegato lo schema di corrente monodimensionale in condizioni di moto permanente, salvo i casi in cui sia necessario determinare valori locali della velocità della corrente o modificazioni della capacità di laminazione.

Nella relazione tecnica deve comunque essere sinteticamente descritto il modello matematico utilizzato.

In ogni caso, lo studio va condotto per tratti idraulicamente significativi del corso d'acqua, delimitati cioè da sezioni in cui sia possibile assegnare il valore del livello idrico della corrente.

Nelle carte del rischio idraulico le aree attraversate dal tracciato dell'adduttrice consortile sono indicate con livello di rischio R2. Per questa classificazione non è previsto nulla nelle Norme di Attuazione del PAI.

3. Studio idraulico del PAI e perimetrazione delle aree potenzialmente inondabili

L'area è indicata con livello di pericolosità P3 perché soggetta ad inondazione per piene del fiume Simeto e del fiume Gornalunga.

Nel PAI del bacino idrografico del fiume Simeto redatto dall'Assessorato Regionale Territorio e Ambiente, la modellazione idraulica del corso d'acqua è stata condotta per i seguenti tratti:

- Il fiume Simeto dalla stazione Mandarano di Centuripe alla foce;
- il fiume Dittaino dalla diga Nicoletti alla confluenza con il fiume Simeto;

- il fiume Gornalunga dalla diga Ogliastro alla confluenza con il fiume Simeto.

Limitatamente al tratto del fiume Simeto compreso tra la confluenza del fiume Dittaino e la foce sono stati utilizzati i risultati del modello di calcolo fornito dal Dipartimento di Ingegneria Idraulica ed Applicazioni Ambientali di Palermo con uno schema che si basa sulle classiche equazioni del moto e di continuità di una corrente bidimensionale, associate ad un'opportuna equazione per la stima delle dissipazioni energetiche di tipo distribuito. Per i restanti tratti si è adoperato il codice di calcolo monodimensionale HEC-RAS.

Per classificare il livello di pericolosità si è seguita la "metodologia semplificata", in funzione del solo tempo di ritorno e, precisamente, in modo inversamente proporzionale ad esso come descritto nella tabella seguente.

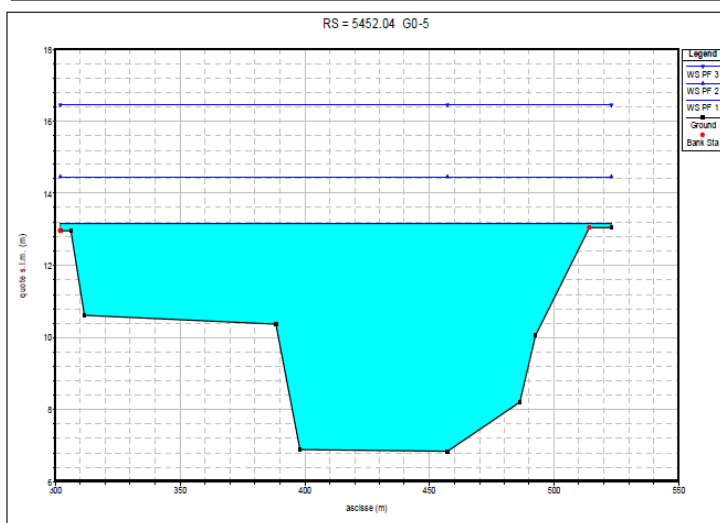
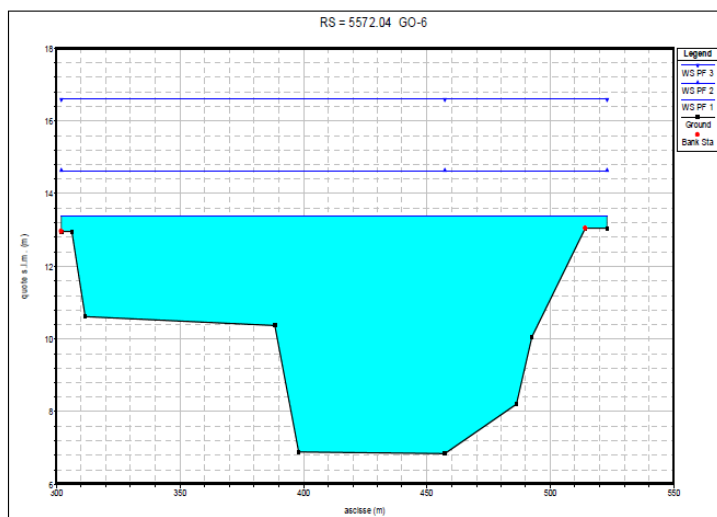
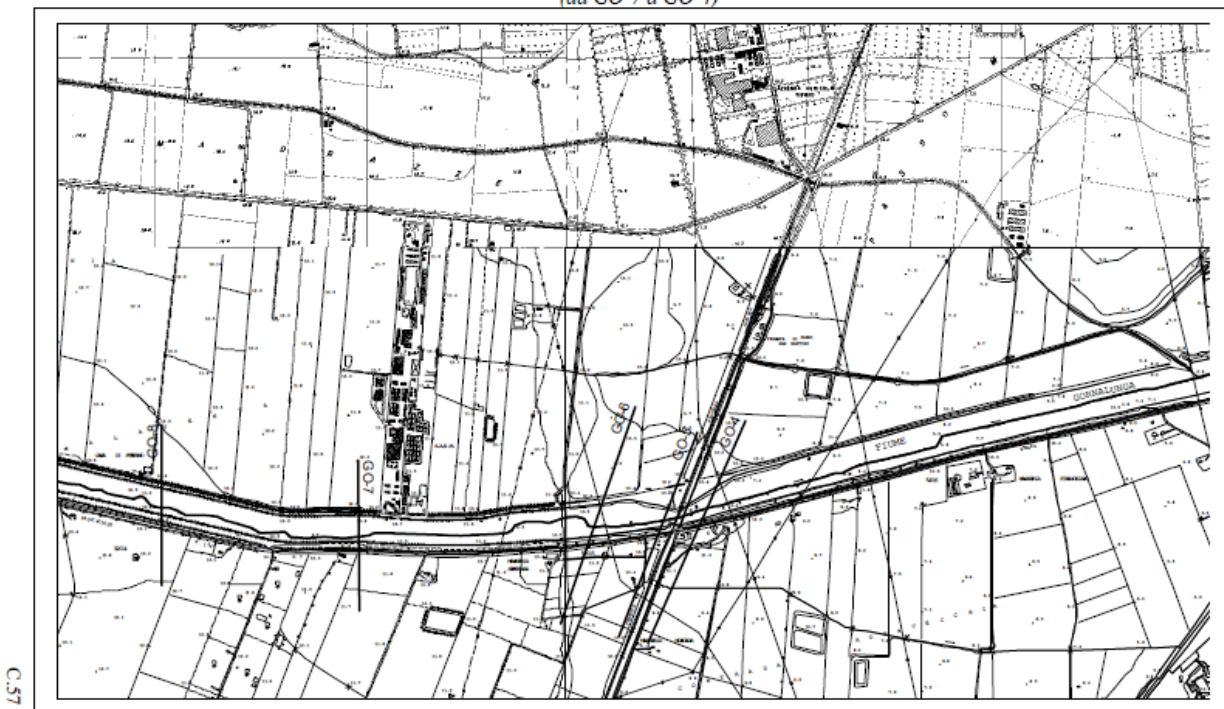
T (anni)	P
50	P3 (alta)
100	P2 (moderata)
300	P1 (bassa)

Si è quindi potuto pervenire all'individuazione delle aree inondate facendo riferimento alle quote del pelo libero, ottenute dai calcoli del modello HEC-RAS, cercando ove possibile di intersecare tali piani ideali con le curve di livello riportate nella cartografia di riferimento.

Tutto ciò premesso, l'area oggetto dell'intervento è segnalata con livello di pericolosità "P3" perché soggetta ad inondazione in occasione di eventi di piena sia del fiume Simeto sia del fiume Gornalunga con tempo di ritorno 50 anni.

Nello specifico l'area oggetto dell'intervento è prossima al tratto terminale del fiume Gornalunga (a monte e a valle del ponte della linea ferroviaria) prossimo alla confluenza nel Simeto. Per questo tratto nel PAI sono state verificate le sezioni idrauliche indicate nello schema planimetrico riportato di seguito. In base a queste verifiche le sezioni GO-6 e GO-5 risultano insufficienti a convogliare le portate di piena corrispondenti ad eventi con tempo di ritorno 50 anni. In questi casi, infatti, il tirante idrico è di circa 13,3 metri s.l.m. e non può essere contenuto all'interno degli argini del corso d'acqua.

Schema planimetrico con l'ubicazione delle sezioni di calcolo per le verifiche idrauliche nel tratto del Fiume Gornalunga (da GO-7 a GO-4)



Progetto per il ripristino ed adeguamento funzionale della condotta principale ubicata tra contrada "Sigona" nel comune di Lentini e contrada "Grotta S. Giorgio" nel comune di Catania
Relazione sulla compatibilità idraulica dell'intervento

Applicando la “metodologia semplificata” si è pertanto assegnato un livello di pericolosità P3 a tutte le aree a quota inferiore a 13,3 m s.l.m. e, tra queste, ci sono le aree su cui è posata l’adduttrice del Consorzio di Bonifica che deve essere sostituita.

4. Verifica della compatibilità dell’intervento

Le Norme di Attuazione del PAI consentono la ristrutturazione delle infrastrutture pubbliche e di interesse pubblico esistenti, purché compatibili con il livello di pericolosità esistente.

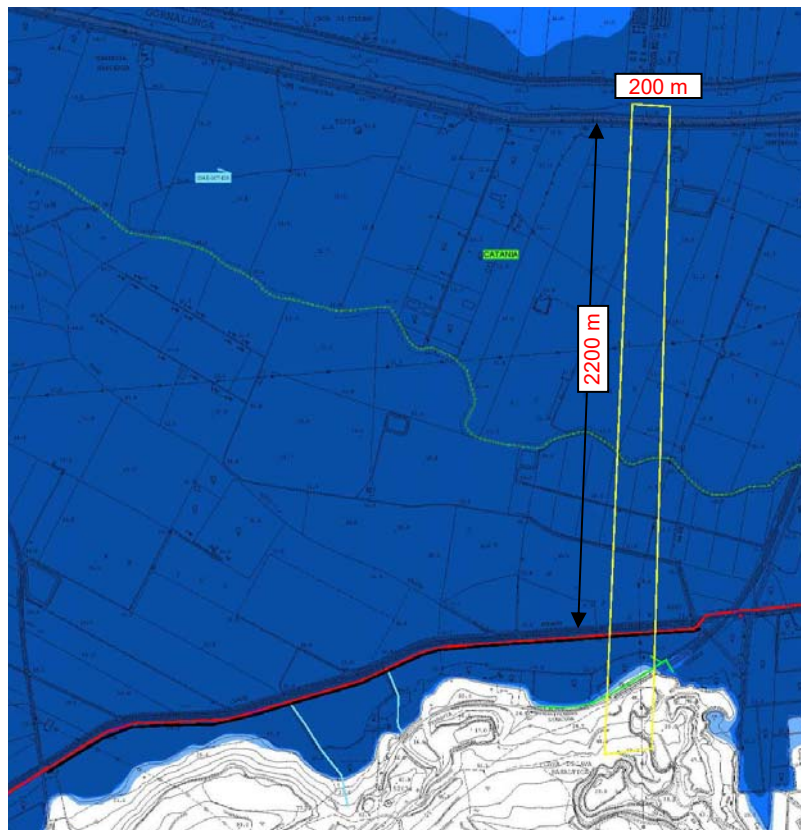
L’intervento in progetto consiste nella sostituzione dell’adduttrice esistente per una lunghezza di circa 9 km. La nuova tubazione sarà completamente interrata per la maggior parte del tracciato. In sostanza ciò non modificherà in alcun modo né il livello di pericolosità idraulica né l’estensione dell’area soggetta ad inondazione.

La prima parte del tratto da sostituire, lungo poco meno di 3 km, sarà invece posata ad una quota superiore all’esistente, al di sopra della quota attuale del piano di campagna e sarà ricoperta da un rilevato artificiale di dimensioni variabili (vedi figura).



Ai fini della verifica della compatibilità idraulica dell’intervento si è verificato quali siano gli effetti della realizzazione dell’intervento sul livello di pericolosità e sull’estensione dell’area inondata. Pertanto si è valutata l’incidenza della realizzazione del rilevato di protezione della condotta sull’altezza dell’acqua nell’area inondata. A favore di sicurezza si è trascurato il contributo della realizzazione della cunetta.

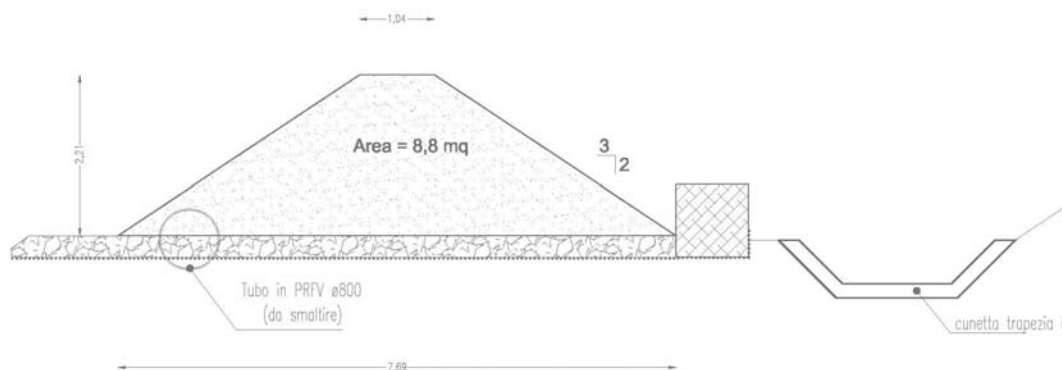
Per fare questa valutazione si è considerata una fascia di terreno larga 200 prossima alla sezione 6 riportata precedentemente. Tra l'argine destro del Gornalunga e la cunetta in progetto c'è una lunghezza media di 200 metri.



Su questa fascia di terreno, in occasione dell'inondazione potenziale, è presente un tirante idrico con quota di 13,3 m s.l.m.. Considerando una quota media dei terreni di 10,5 m s.l.m. (rilevabile dalla CTR) si ha un tirante di altezza 2,8 metri. Questo comporta che, nella stessa fascia di terreno, è presente un volume di acqua pari a:
 $2,80 \text{ m} \times 200 \text{ metri} \times 2.200 \text{ metri} = 1.232.000 \text{ metri cubi}$.

La realizzazione del rilevato a protezione della condotta occuperà un volume che, oggi, sarebbe occupato dall'inondazione. Se si considera la sezione del rilevato (8,8 mq) il volume nella fascia è:

$$8,84 \text{ mq} \times 200 \text{ metri} = 1.768 \text{ metri cubi}$$



Nella situazione con intervento il volume di inondazione si distribuirebbe con un tirante idrico maggiore a causa della presenza del rilevato:

$$(1.232.000 + 1.768 \text{ metri cubi}) / (200 \text{ m} \times 2.200 \text{ m}) = 2,804 \text{ m}$$

In sostanza, pur assumendo alcune variabili a favore di sicurezza, la presenza del rilevato comporterebbe un tirante idrico maggiore di 4 mm. Ciò significa che non vi è alcuna variazione dell'estensione dell'area di inondazione.

5. Conclusioni

L'intervento in oggetto è esterno e distante dai corsi d'acqua che hanno comportato l'attribuzione del livello di pericolosità nell'area. La tipologia di intervento rientra tra quelli che le Norme di Attuazione del PAI consente di realizzare nelle aree con livello di pericolosità P3.

Ai fini della verifica di compatibilità idraulica non vi è alcun motivo di eseguire una nuova modellazione che porterebbe a risultati identici a quelli indicati nel PAI.

L'unica verifica di compatibilità idraulica consiste nel valutare che la realizzazione dell'intervento possa peggiorare il livello di pericolosità idraulica e l'estensione dell'area soggetta a inondazione.

Nel caso degli oltre 6 km di tubazione che sarà posata completamente interrata, non vi sarà alcuna modifica dello stato dei luoghi e, conseguentemente, delle indicazioni riportate del PAI. Per i circa 2 km di tubazione ricoperta dal rilevato si è dimostrato che non vi è alcun peggioramento del livello di pericolosità né del livello di rischio.

PSRN 2014-2020 - Mis. 4.3.1 - Misure per Investimenti Infrastrutture Irrigue

OGGETTO: Progetto per il ripristino ed adeguamento funzionale della condotta principale ubicata tra c.da "Sigona", nel comune di Lentini e c.da "Grotta S.Giorgio" nel comune di Catania

PROGETTO ESECUTIVO 1° STRALCIO FUNZIONALE

0	0	1	1	7	C	T	S	R	14.3
Codice Lavoro		Anno		Provincia				ALLEGATO	

STUDIO SUL COLPO D'ARIETE

il Progettista:



Vittorio Angelo Longo
Dott. Ing. Vittorio Angelo Longo

Il R.U.P.



Vito D'Angelo
Dott. Ing. Vito D'Angelo

Visto: Il Dirigente Tecnico:



Massimo Paterna
Dott. Ing. Massimo Paterna

REV.	DATA	REDATTO	CONTROLLATO	APPROVATO	ANNOTAZIONI
0	Giugno 2017	LNG	DNG	DNG	
1					
2					

indice

1. Premesse	1
2. Colpo d'ariete: equazioni e velocità di propagazione.....	2
3. Schema idraulico dell'adduttrice.....	5

1. Premesse

Il presente studio integra l'allegato 14 (Relazione Idraulica) del *Progetto per il ripristino ed adeguamento funzionale della condotta principale ubicata tra contrada "Sigona" nel comune di Lentini e contrada "Grotta S. Giorgio" nel comune di Catania.*

In questa saranno descritti i calcoli effettuati per valutare le sovrappressioni agenti sull'adduttrice legati a fenomeni di colpo d'ariete.

Si ritiene utile premettere che la condotta in progetto, che collega il serbatoio di testata (vasca Sigona) al serbatoio terminale (vasca Grotta San Giorgio), lungo il tracciato ha 23 punti di consegna molti dei quali sono normalmente attivi. Per questo motivo è improbabile che si verifichino fenomeni di colpo d'ariete dato che le sovrappressioni da colpo d'ariete generate da un'eventuale chiusura della valvola di consegna alla vasca San Giorgio si espanderebbero e smorzerebbero nelle reti di consegna a valle dei 23 nodi suddetti.

Nel seguito, dopo una breve descrizione teorica del moto vario nelle condotte in pressione, verrà descritto lo schema idraulico utilizzato per la stima della sovrappressione.

2. Colpo d'ariete: equazioni e velocità di propagazione

Il fenomeno di moto vario in correnti in pressione o colpo d'ariete può aversi in tutti gli impianti idraulici dove si abbia moto di liquido in condotte: esso è infatti accompagnato da notevolissime variazioni della pressione rispetto a quella che regna in regime permanente. Tali variazioni sono positive (sovrappressioni) o negative (depressioni) e possono essere entrambe temibili: infatti la sovrappressione può raggiungere valori tali da compromettere la resistenza della condotta, mentre, se la pressione scende al di sotto della pressione atmosferica, la condotta viene ad essere compressa dall'esterno e può cedere per fenomeni di instabilità.

Lo studio del fenomeno fa riferimento a diverse schematizzazioni: si trascurano le perdite di carico per resistenze distribuite, si suppone il liquido perfetto ma comprimibile, si considera inoltre la velocità sempre uniformemente distribuita nel piano di una qualunque sezione normale all'asse della condotta in esame; questo porta, come conseguenza immediata, al fatto che il carico piezometrico è lo stesso in tutti i punti di una tale sezione; esso però varia sia al variare della sezione considerata che al variare del tempo.

L'equazione del moto nel caso in esame è:

$$\frac{\partial h}{\partial x} = \frac{1}{g} \frac{\partial U}{\partial t} \quad (1)$$

con h carico piezometrico, U velocità e g accelerazione di gravità; in essa si è fatta la convenzione che l'asse x di riferimento sia discorde da quello della velocità U . Con tale convenzione si scrive anche l'equazione di continuità:

$$\frac{\partial U}{\partial x} = \frac{g}{a^2} \frac{\partial h}{\partial t} \quad (2)$$

essendo a la velocità di propagazione della perturbazione nella condotta, pari a

$$a = \frac{\sqrt{\frac{e}{\rho}}}{\sqrt{1 + \frac{eD}{Es}}} \quad (3)$$

dove e è il modulo di comprimibilità cubica del liquido, ρ e la sua densità, E il modulo di elasticità del materiale della condotta, D ed s , il diametro e lo spessore della stessa. L'integrale generale del sistema formato dalla (1) (2) è dato dalle:

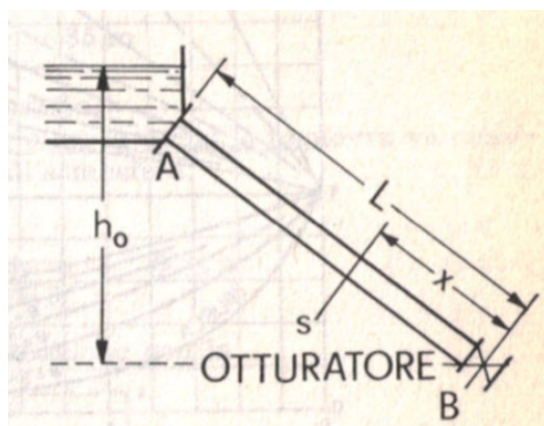
$$\left\{ \begin{array}{l} h - h_0 = F(t - x/a) - f(t + x/a) \\ U - U_0 = -\frac{g}{a} [F(t - x/a) + f(t + x/a)] \end{array} \right. \quad (4)$$

facendo riferimento alle condizioni di regime caratterizzato da $h = h_0$ e $U = U_0$.

Le (4) danno il sovraccarico e la variazione di velocità rispetto al regime permanente; è noto che funzioni di questo tipo rappresentano un fenomeno propagatorio.

Al solito si hanno due onde: la F che è l'onda diretta e si sposta da valle verso monte (stesso verso dell'asse x , quindi verso contrario a quello della velocità), la f che è l'onda riflessa e si sposta da monte a valle.

Per fare riferimento alla situazione dell'adduttrice in progetto, si consideri una condotta che parte da un serbatoio a livello costante e termina con una luce libera di dimensioni molto minori dell'area della condotta stessa. Si suppongano trascurabili le perdite di carico effettivo all'imbocco e distribuite nella condotta. Avendo supposto che l'area della luce sia molto minore dell'area della condotta, si può ritenere trascurabile la caduta di carico piezometrico nel passaggio fra serbatoio e condotta rispetto al passaggio fra condotta ed area allo sbocco. Con tali ipotesi la linea dei carichi piezometrici è orizzontale e passa per il pelo libero del serbatoio.



Siano h_0 ed U_0 carico e velocità, costanti in ogni punto della condotta, in regime permanente. Ad un certo istante, nella sezione di sbocco si produce una manovra (ad esempio una diminuzione dell'area della luce) che dà luogo alla variazione $h(l) - h$, del carico ed $U(t) - u$, della velocità. Con riferimento alla figura, definito il parametro

$$T = \frac{2L}{a} \quad (5)$$

durata di fase della condotta, lunga L , (pari al tempo impiegato dall'onda a percorrere il tratto B A B), durante la prima fase il sovraccarico dovuto al colpo d'ariete è:

$$h - h_0 = \frac{a}{g} (U_0 - U) \quad (6)$$

Nel linguaggio corrente, se una manovra avviene tutta nella prima fase si chiama manovra "brusca", se in più di una fase prende il nome di manovra "lenta". Per una chiusura brusca completa, il massimo sovraccarico è:

$$h_{max} - h_0 = \frac{a U_0}{g} \quad (7)$$

Per una chiusura lineare all'otturatore, lenta completa, la formula di ALLIEVI-MICHAUD fornisce la limitazione:

$$h_{max} - h_0 \leq \frac{2 L U_0}{g \tau} \quad (8)$$

dove τ è la durata della manovra.

Quando si abbia una condotta lunga L , costituita da più tronchi L_n di caratteristiche non troppo diverse, posti in serie fra di loro, tali che

$$\sum L_n = L \quad (9)$$

agli effetti del colpo d'ariete, si può sostituire alla condotta reale, una condotta fittizia a caratteristiche costanti, imponendo che la durata di fase delle due condotte non varii, e che resti parimenti costante l'energia cinetica contenuta in esse; questo porta a scrivere le due condizioni:

$$\sum T_n = T ; \sum T_{cn} = T_c \quad (10)$$

essendo sempre T la durata di fase e T_c un tempo, detto tempo caratteristico della condotta, che vale $LQ/g\Omega h_0$.

Ne consegue che le due relazioni anzidette si scrivono:

$$\frac{L}{a} = \sum_n \frac{L_n}{a_n} ; \frac{L}{\Omega} = \sum_n \frac{L_n}{\Omega_n} \quad (11)$$

Di cui la prima serve per calcolare la velocità di propagazione a nella condotta fittizia e la seconda per valutare la sezione Ω della stessa, in funzione delle caratteristiche dei tronchi componenti la condotta reale.

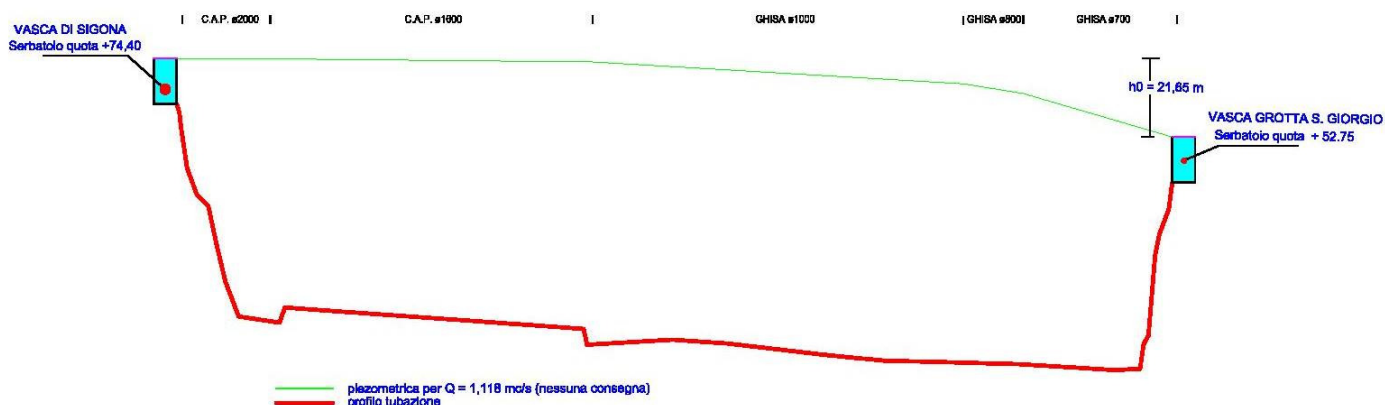
3. Schema idraulico dell'adduttrice

Per considerare qual è la condizione peggiore nel quale possa verificarsi il colpo d'ariete si è immaginato che tutte le derivazioni di consegna siano chiuse e che, pertanto, tutta la portata venga esclusivamente trasferita dalla Vasca Sigona alla Vasca Grotta San Giorgio.

In questo schema la portata massima che, sulla base del dislivello idraulico disponibile, l'adduttrice riesce a convogliare è:

$$Q_{\max} = 1,118 \text{ m}^3/\text{s}$$

Nella figura seguente sono schematizzati il profilo della tubazione e la linea piezometrica.



Nella tabella che segue sono riportati i dati di calcolo ed i risultati per valutare velocità di propagazione a e sezione Ω della condotta equivalente in accordo alle espressioni (11) e (3).

tratto	da nodo	a nodo	Lunghezza (m)	tubazione				(3)	(II)	(II)
				materiale	diametro (m)	spessore (m)	modulo elasticità (kg/mq)	a celerità (m/s)	L_n/a_n	L_n/Ω_n
1	S1	N1	908	CAP	2,00	0,100	2,34E+09	859,17	1,06	289,17
2	N1	N2	251	CAP	2,00	0,100	2,34E+09	859,17	0,29	79,94
3	N2	N3	270	CAP	1,60	0,100	2,34E+09	919,11	0,29	134,36
4	N3	N4	770	CAP	1,60	0,100	2,34E+09	919,11	0,84	383,16
5	N4	N5	930	CAP	1,60	0,100	2,34E+09	919,11	1,01	462,78
6	N5	N6	295	CAP	1,60	0,100	2,34E+09	919,11	0,32	146,80
7	N6	N7	755	CAP	1,60	0,100	2,34E+09	919,11	0,82	375,70
8	N7	N8	578	CAP	1,60	0,100	2,34E+09	919,11	0,63	287,62
9	N8	N9	616	CAP	1,60	0,100	2,34E+09	919,11	0,67	306,53
10	N9	N10	43	Ghisa Sf.	1,00	0,012	1,70E+10	1004,94	0,04	54,78
11	N10	N11	1122	Ghisa Sf.	1,00	0,012	1,70E+10	1004,94	1,12	1429,30
12	N11	N12	15	Ghisa Sf.	1,00	0,012	1,70E+10	1004,94	0,01	19,11
13	N12	N13	689	Ghisa Sf.	1,00	0,012	1,70E+10	1004,94	0,69	877,71
14	N13	N14	13	Ghisa Sf.	1,00	0,012	1,70E+10	1004,94	0,01	16,56
15	N14	N15	1386	Ghisa Sf.	1,00	0,012	1,70E+10	1004,94	1,38	1765,61
16	N15	N16	737	Ghisa Sf.	1,00	0,012	1,70E+10	1004,94	0,73	938,85
17	N16	N17	511	Ghisa Sf.	1,00	0,012	1,70E+10	1004,94	0,51	650,96
18	N17	N18	426	Ghisa Sf.	1,00	0,012	1,70E+10	1004,94	0,42	542,68
19	N18	N19	784	Ghisa Sf.	0,80	0,0104	1,70E+10	1024,64	0,77	1560,51
20	N19	N20	835	Ghisa Sf.	0,70	0,0096	1,70E+10	1037,55	0,80	2170,80
21	N20	N21	461	Ghisa Sf.	0,70	0,0096	1,70E+10	1037,55	0,44	1198,49
22	N21	N22	322	Ghisa Sf.	0,70	0,0096	1,70E+10	1037,55	0,31	837,12
23	N22	N23	381	Ghisa Sf.	0,70	0,0096	1,70E+10	1037,55	0,37	990,51
24	N23	Nserb	37	Ghisa Sf.	0,70	0,0096	1,70E+10	1037,55	0,04	96,19
			13135							
								sommano	13,58	15615,22
									(L/a)	(L/Ω)
								pertanto	a	Ω
									967,30	0,84
									m/s	m ²

Ne consegue che, applicando la (5), si ottiene un tempo di propagazione:

$$T = 27,15 \text{ secondi}$$

che è il valore di riferimento per valutare se la manovra è " Brusca " o " lenta ".

Inoltre, essendo Ω (sezione equivalente) pari a $0,84 \text{ m}^2$, si può calcolare la velocità equivalente U_0 :

$$U_0 = Q / W = 1,118 / 0,84 = 1,33 \text{ m/s}$$

Nel caso di *manovra "brusca"*, ovvero di una chiusura della valvola in un intervallo inferiore a 27,15 secondi, si può applicare la (6) ottenendo una sovrappressione:

$$h_{max} - h_0 = (967,30 \times 1,33) / 9,81 = 131,14 \text{ m} = 12,859 \text{ bar}$$

$$h_{max} = 131,14 \text{ m} + h_0 = 152,79 \text{ m} = 14,982 \text{ bar}$$

che risulta ampiamente compatibile con le caratteristiche della condotta in progetto.

In caso di *manovra "lenta"* si può applicare la (8). Ipotizzando un tempo di manovra di 40 secondi si ricava:

$$h_{max} - h_0 \leq (2 \times 13135 \times 1,33) / (9,81 \times 40) = 89,04 \text{ m} = 8,73 \text{ bar}$$

$$h_{max} \leq 89,04 \text{ m} + h_0 = 110,69 \text{ m} = 10,85 \text{ bar}$$

con risultati di sovrappressione più bassi.

Si può pertanto affermare che, nelle condizioni più sfavorevoli ipotizzate per la stima delle sovrappressioni, il colpo d'ariete crea condizioni compatibili con le caratteristiche della condotta in progetto.