



S T U D I O - S E G A L A
Michele Segala architetto

Via San Salvatore Corte Regia 6 37121 Verona IT
tel +39 045 590903 cel +39 348 7414227
email info@studio-segala.it www.studio-segala.it

C O M U N E
D I
V E R O N A

COMMITTENZA

DAL BOSCO GIANLUCA

C.F. DBL GLC 67D13 L781Z
VIA QUARTO PONTE N. 27

TAVOLA:

TAV. 10-B.01
PUA SANTALUCIA609

REVISIONE:

01 - 06.05.2014
02 -
03 -
04 -

SCALA:

DISEGNO:
APPROVATO:

DATA: 05.03.2014
AGGIORNATO: 06.05.2014

FILE:

COPERTINE.DWG

PUA

SANTALUCIA_609

PER LA REALIZZAZIONE DI UN PIANO
URBANISTICO RESIDENZIALE IN LOCALITA'
SANTA LUCIA, VIA SOMMACAMPAGNA, ATO 9,
CIRCOSCRIZIONE 4a, DENOMINATO PUA
"SANTALUCIA_609"



PROGETTO:

Arch. Michele Segala
Arch. Roberta Corradini
Ing. Margherita Rizzi

COLLABORATORI:

IMPIANTI A RETE :

Ing. Ilario Rossi
Ing. Anna Rossi

GEOLOGIA:

Geol. Luca Zanoni

TOPOGRAFIA:

Geom. Lucio Pippa

OGGETTO:

RELAZIONE DI CALCOLO RETE GAS METANO

PROGETTISTA:

ING. ILARIO ROSSI

ING. ANNA ROSSI



COMMITTENTE:

DAL BOSCO GIANLUCA



Questo disegno non si puo' riprodurre ne' copiare, ne' comunicare a terze persone od a case concorrenti
senza il nostro consenso (vigenti leggi sulle privative industriali e sulla tutela delle opere dell'ingegno)

SOMMARIO

1.	PREMESSA	2
2.	INQUADRAMENTO	3
3.	CARATTERISTICHE RETE ESISTENTE	4
4.	MODALITA' COSTRUTTIVE DELLA RETE	5
4.1.	posa in opera	5
4.2.	giunzioni tra tubazioni in polietilene	7
4.3.	inserimento di pezzi speciali in tubazioni in polietilene	8
4.4.	saldatura mediante raccordi elettrosaldabili	8
5.	TUBAZIONI	9
6.	RESTITUZIONE DELLE MAPPE DEI SERVIZI POSATI	10
7.	COLLAUDI	10
8.	TRATTAZIONE TEORICA ALLA BASE DEL DIMENSIONAMENTO	11
9.	MODELLAZIONE E DIMENSIONAMENTO	15
9.1.	ipotesi preliminari	15
9.2.	planimetria rete a servizio della futura area	16
9.3.	elementi della rete	17
9.4.	materiali utilizzati	18
10.	<u>DATI DI PARTENZA</u>	18
10.1.	RISULTATI	20

1. PREMESSA

Lo studio di Ingegneria Rossi, con l'arch. Segala, che sta predisponendo il "progetto per la realizzazione di un intervento residenziale in località Santa Lucia, Via Sommacampagna, ATO 9, Circoscrizione IV, denominato PUA "SANTALUCIA 609", è stato incaricato di redigere la presente relazione a completamento della pratica per l'ottenimento del parere in merito alla realizzazione della posa della tubazione del gas con lo scopo di verificarlo dimensionalmente.

L'intera area di progetto ha estensione fondiaria di circa è composta da 8 lotti con un numero di utenze complessive pari a 16.

La lottizzazione in oggetto avrà un punto di emungimento già predisposto di recente da AGSM di tubazione in PEAD di diametro 90 mm.

Il dimensionamento è composto da due verifiche:

- la prima ipotizzando di avere solamente la lottizzazione in oggetto e come punto di emungimento quello presente su via Fincato a Nord;
- la seconda ipotizzando di avere l'emungimento da entrambe le lottizzazioni e con due punti di emungimento.

Tale verifiche si sono rese necessarie per un esatto dimensionamento della rete di progetto.

2. INQUADRAMENTO

L'area oggetto di intervento, è in Verona, a sud ovest della città, in località Santa Lucia, A.T.O. 09, definito dalla scheda norma 609.

L'ambito, di forma regolare, è delimitato a sud da Via Sommacampagna e da un edificio della stessa proprietà ad uso residenziale e ricettivo, ad ovest da area agricola e da area interessata da intervento definito dalla scheda norma n.562, a nord da altra proprietà a destinazione agricola, a est con altra proprietà a destinazione agricola e parte da altra proprietà edificata a destinazione residenziale.



Figura 1: Estratto da Carta Tecnica Regionale (elementi 123163 Madonna di Dossobuono)



Figura 2: Foto area di inquadramento dell'area d'intervento.

In riferimento ai D.M. 16/04/2008 e D.M. 17/04/2008 la rete risulta essere classificata come *specie 7^a* ovvero condotte con pressione massima di esercizio (MOP) inferiore od uguale a 0,04 bar (0,004 MPa).

Si tenga conto che le tubazioni dovranno essere conformi alle norme UNI EN 12007 1/2/3/4, UNI 9165/2004 e UNI 9860/2006.

4. MODALITA' COSTRUTTIVE DELLA RETE

4.1. posa in opera

La posa dovrà prevedere le seguenti operazioni:

- trasporto e stoccaggio di tutti i materiali occorrenti;
- posa in opera degli stessi compreso carico e sfilamento;
- formazione dei giunti e collegamenti vari;
- stesura del nastro segnaletico;
- esecuzione delle operazioni e verifiche necessarie e collaudo.

La posa verrà eseguita lungo il tracciato indicato nel progetto.

Prima della posa dovrà essere accertata l'assenza di qualsiasi corpo estraneo all'interno delle tubazioni o canalizzazioni.

La profondità di posa misurata sull'estradosso della canalizzazione dovrà essere conforme al progetto, non inferiore a 0,90 m.

Il carico e lo scarico dovranno essere effettuati imbragando il tubo in modo da non sollecitare lo stesso a sforzi rilevanti di flessione o comunque tali da determinare deformazioni permanenti.

Durante lo sfilamento le canalizzazioni non devono essere fatte cadere, rotolare o strisciare e non dovrà essere danneggiata la tubazione.

Durante lo stoccaggio le canalizzazioni dovranno essere protette dal sole con adeguati mezzi.

Nel caso in cui le condotte poste in sede stradale non possano essere interrate alla profondità minima di 0,90 m, è consentita una profondità minore fino ad un minimo di 0,50 m, purché si provveda alla protezione della condotta mediante struttura tubolare che la contenga e che resista ai carichi massimi del traffico ed alle azioni corrosive del terreno, o mediante piastra sovrastante in cemento armato o altro manufatto equivalente. La protezione deve essere prolungata per almeno 0,50 m oltre il bordo della zona carrabile nei tratti di accesso e di abbandono della sede stradale.

Nel caso di interferenze con altre opere per le quali, ai sensi di particolari prescrizioni, è stabilita la posa ad una profondità inferiore a 0,50 m, è consentita la profondità di interrimento minore della normale purché si provveda alla protezione della condotta con strutture di idonea resistenza.

Solo in casi particolari (terreni rocciosi, terreni di campagna ondulati, sedi stradali, corsi d'acqua) e previa adozione di prescrizioni particolari, è possibile interrare le tubazioni a profondità inferiori.

Nel posizionamento dei tubi è da evitare la vicinanza di condutture aventi temperature superiori a 30°C oppure di serbatoi contenenti materiali infiammabili, inoltre si devono osservare le distanze di sicurezza dai fabbricati.

Le operazioni di collocamento in opera devono essere eseguite da operatori esperti. La posa delle condotte, preparate sul fianco dello scavo e pre-collaudate, avverrà appena lo scavo sarà completato e rifinito.

La posa delle condotte nello scavo dovrà essere realizzata in modo da evitare il loro danneggiamento e sollecitazioni meccaniche.

Sarà necessario mettere un nastro giallo continuo con la dicitura "TUBAZIONE GAS" sotto il piano stradale e sulla proiezione verticale della condotta ad una distanza da essa tale da costituire avviso con sufficiente anticipo rispetto al potenziale danneggiamento dovuto a successivi eventuali lavori di scavo. In aggiunta al nastro, per facilitare il rintracciamento delle condotte in polietilene con appositi rilevatori, dovrà essere applicato idoneo sistema di segnalazione di posizione.

Curve, raccordi, collettori, tappi e simili devono essere ancorati in modo da impedire lo slittamento durante la prova a pressione.

I pezzi speciali quali valvole d'arresto, barilotti, raccogli-condensa e simili, che possono sollecitare i tubi col loro peso, devono essere sostenuti con supporti autonomi in modo da non trasmettere le loro sollecitazioni al gasdotto.

In presenza di parallelismi, sovrappassi e sottopassi con altra canalizzazione, la distanza misurata tra le due superfici affacciate dovrà essere tale da consentire gli interventi di manutenzione su entrambe e comunque non dovrà essere inferiore a 0,3 m per i parallelismi e a 0,5 m per i sovrappassi.

Nel caso in cui, per necessità di installazione, la distanza minima non possa essere rispettata si dovrà ricorrere ad opere di protezione costituite da manufatti, tubi ecc. contenenti la condotta che assicurino una adeguata impermeabilità al gas verso l'esterno. Detti manufatti dovranno essere muniti di appositi sfiati che consentano la fuoriuscita di gas eventualmente disperso dalla condotta.

Dopo la saldatura delle tubazioni è necessario attendere almeno 24 ore per la sabbiatura.

Scavi a sezione ristretta per canalizzazioni

- **profondità:** la profondità misurata sull'estradosso delle condotte o canalizzazioni di distribuzione dovrà essere di norma non inferiore a 90 cm;

- **larghezza:** tale misura sarà data dalla somma dei diametri nominali delle tubazioni, delle distanze fra i tubi, delle distanze fra tubi e terreno.

Le distanze fra i tubi saranno:

- (15 cm fino a DN350);
- (20 cm oltre a DN 400).

La distanza fra i tubi e il terreno sarà:

- (20 cm fino a DN 350);
- (25 cm oltre a DN 400).

Pareti e fondo della trincea saranno piani, livellati e compattati; saranno rimossi sassi, trovanti, radici, ecc. prima della posa delle canalizzazioni.

Rinterro a protezione delle tubazioni con sabbia o ghiaietto (insabbiatura)

Le tubazioni o canalizzazioni saranno posate su un letto di sabbia o ghiaietto, livellato di 10 cm per tubazioni fino al DN 225 compreso e di 15 cm per le tubazioni di diametro superiore.

Seguirà la posa di un ulteriore strato di materiale sabbioso fino alla generatrice superiore delle tubazioni (rinfiacco).

Si completerà l'insabbiatura con l'ultimo strato di ricoprimento fino ad una quota di 20 cm oltre la generatrice superiore.

Sopra tale strato e prima del rinterro con altri materiali verrà posto un nastro segnalatore specifico per ogni tipologia di servizio.

Modalità di costipamento

1. formazione del letto di posa in sabbia, ben compattato e livellato;
2. solo se il diametro esterno della tubazione (rivestimento incluso) è superiore a 40 cm: posa di un primo strato fino alla mezzeria del tubo, avendo la massima cura nel verificare che non rimangano zone vuote sotto al tubo e che il rinfiacco fra tubo e parete sia continuo e compatto;
3. posa di un secondo strato fino alla generatrice superiore del tubo e relativa compattazione;
4. posa del terzo strato di ricoprimento, compattando solo lateralmente al tubo, mai sulla sua verticale.

In ogni caso le operazioni di costipazione dovranno avvenire senza sollecitare o spostare le tubazioni.

Il costipamento dovrà essere uniforme e raggiungere il 90% del valore ottimale individuato dalla prova di penetrazione di Proctor modificata.

4.2. giunzioni tra tubazioni in polietilene

La giunzione delle tubazioni di rete in polietilene sarà eseguita tramite saldatura con termoelemento per polifusione testa a testa.

Le saldature saranno eseguite da saldatori PE/ad dotati di patentino rilasciato dall'Istituto Italiano della Saldatura in accordo con la norma UNI 9737/2007 classe PE-2 + PE-3.

Dovranno essere scrupolosamente rispettati i parametri di funzionamento; in particolare la temperatura del termoelemento in fase di riscaldamento del materiale dovrà essere mantenuta a $200^{\circ} \pm 5^{\circ}$, la pressione in fase di riscaldamento sarà di $0,75 \text{ kg/cm}^2$ mantenuta per il tempo prescritto in funzione dello spessore e del diametro della canalizzazione, la pressione di saldatura sarà di 15 kg/cm^2 .

La saldatura deve essere raffreddata sotto pressione per evitare la formazione di vuoti in fase di ritiro.

I pezzi non andranno movimentati prima del completo raffreddamento della saldatura.

E' consentito l'uso di giunzioni a serraggio meccanico esclusivamente per raccordare tubi in polietilene con tubi di altro materiale.

Le modalità di posa dovranno essere tali da garantire una perfetta tenuta del sistema alle condizioni di collaudo.

La giunzione delle tubazioni dovrà avvenire come da specifiche tecniche AGSM, resta inteso che le giunzioni sulla rete esistente saranno eseguite dall'ente gestore.

4.3. inserimento di pezzi speciali in tubazioni in polietilene

L'inserzione di pezzi speciali potrà essere effettuata tramite saldatura per elettrofusione (utilizzando manicotti).

Qualora l'inserzione del pezzo comporti la foratura o il taglio di una condotta (non avvenga cioè ad una estremità) l'operazione potrà essere effettuata solo su condotte termicamente stabilizzate (rinterro dei tratti non interessati all'operazione di inserimento effettuato da almeno 24 ore).

4.4. saldatura mediante raccordi elettrosaldabili

La tensione di saldatura deve essere inferiore a 50 Volts nominali.

Il diametro degli spinotti di attacco deve essere di 4,7 mm, in particolare devono essere conformi a quanto prescritto al punti 5.2.4 e 5.2.4.1 della norma ISO 13950 (con resistore di autoriconoscimento).

Le spire della resistenza non devono interessare la zona del foro dei raccordi a "collare" o a "setto".

Nei raccordi devono essere presenti le "zone fredde", sia all'imboccatura che al centro del raccordo.

5. TUBAZIONI

I parametri tecnici di fornitura per condotte in PE/ad destinate al trasporto di gas metano sono:

- temperatura di esercizio compresa tra i 5° C e i 20° C;
- trasporto e distribuzione gas naturale con densità non superiore a 0,8;
- massima pressione operativa (MOP) : 0,004 MPa (0,04 bar).

Le tubazioni avranno le seguenti caratteristiche:

- rispondenza al D.M. 24.11.1984 e sua successiva integrazione con il D.M. 17.04.2008;
- rispondenza al tipo 316, classe "A e serie "S 5" (SDRI 1);
- contrassegnate con il marchio di conformità dell'I.I.P. alle norme UNI EN 1555/2004 ed in particolare dovranno essere marchiati almeno con le seguenti diciture:

- indicazione del materiale e della classe (PE/ad);
- indicazione del tipo (316);
- il valore del diametro esterno;
- indicazione della serie di spessore (S5);
- marchio di fabbrica;
- periodo di produzione (mese e anno);
- la parola "gas";
- lotto o altro sistema univoco di identificazione;
- l'indicazione in codice che contraddistingue il nome commerciale ed il produttore del materiale impiegato.

La tubazione dovrà avere delle bande coestruse di colore giallo in numero variabile a seconda del diametro esterno (minimo n° 2 bande per diametri esterni ≤ 90 e n° 4 per diametri esterni superiori).

Le tubazioni dovranno essere fornite in rotoli da 100 m per De 125 mm, in rotoli da 50 m per De compresi tra 40 e 63 mm, in barre da 12 m per diametri superiori.

L'ovalizzazione delle tubazioni deve rispondere alla norma UNI EN ISO 3126/2005.

Il fornitore dovrà allegare all'atto della fornitura la seguente documentazione:

1. certificato di fornitura della materia prima, completo del nome commerciale della stessa;
2. certificato dei controlli effettuati sulla materia prima presso il proprio stabilimento, ed in particolare:
 - Il valore del MFR (Melt Flow Rate);
 - Il valore dell'umidità.
3. certificato delle verifiche effettuate secondo il piano PVT (Process Verification Test) come previsto dalla norma UNI EN 1555/2004.

4. certificato delle prove effettuate secondo quanto previsto nella norma UNI EN 1555/2004.

6. RESTITUZIONE DELLE MAPPE DEI SERVIZI POSATI

All'ente gestore dovranno essere consegnati i seguenti dati:

- la modalità di giunzione tra le condotte;
- l'impresa esecutrice delle saldature;
- i verbali di collaudo effettuati;
- certificazioni delle barre;
- le eventuali pratiche autorizzative di passaggio delle tubazioni a ridosso o in terreni di proprietà di enti terzi.

7. COLLAUDI

Si fa riferimento alla normativa UNI 9165/2004.

Le prove di tenuta saranno effettuate ad aria o ad acqua, con attrezzature, ancoraggi e personale dell'Esecutore con l'osservanza delle disposizioni di seguito riportate.

Ogni tronco di condotta, completo di pezzi speciali, saracinesche e quanto altro di competenza del tronco in esame, sarà sottoposto al controllo a vista dei giunti e ad una prova di tenuta "per tronco" effettuata portando la canalizzazione alla pressione di esercizio per 24h.

L'Esecutore dovrà porre in atto tutte le cautele e gli avvertimenti atti a prevenire possibili incidenti trattandosi di una prova a pressione di canalizzazione fuori terra: in particolare dovrà assicurarsi contro l'espulsione accidentale degli spander eventualmente usati per chiudere le estremità della condotta tramite apposizione di riscontri di sicurezza o simili.

Il tronco così provato, sarà sottoposto ad una prova di verifica dell'intera canalizzazione.

Per le prove di tenuta "per tronco" e per la verifica dell'intera canalizzazione, sarà compilato apposito verbale su cui saranno riportati i dati relativi alla parte di canalizzazione in oggetto, alle modalità seguite e ai risultati ottenuti.

Se durante le operazioni effettuate per raggiungere la pressione di prova e durante il periodo della prova stessa si dovessero riscontrare imperfezioni nella tenuta dei giunti, rottura di giunti o pezzi speciali, deformazioni che possano pregiudicare il perfetto funzionamento della condotta, l'Esecutore provvederà a sua cura e spese ad eseguire le riparazioni e le modifiche necessarie e alla ripetizione delle operazioni di prova.

Prima della messa in esercizio le tubazioni dovranno essere pulite internamente a cura dell'Esecutore in modo che non vi rimangano corpi estranei o residui di alcun genere.

Al termine della posa dell'intera tubazione oggetto di un singolo ordine di esecuzione specifico l'Esecutore dovrà verificare con apposita prova la tenuta dei collegamenti alle estremità.

8. TRATTAZIONE TEORICA ALLA BASE DEL DIMENSIONAMENTO

Le ipotesi assunte per il calcolo sono quelle tipiche delle reti di distribuzione gas, ovvero:

- regime stazionario;
- temperatura costante;
- incomprimibilità del gas.

Le equazioni su cui si basa la risoluzione del problema idraulico, viste le ipotesi assunte, sono le seguenti:

- equazione di continuità

$$dQ / dx = 0 \quad (1)$$

- equazione di conservazione del momento (si trascura il termine cinematico)

$$dp / dx + \lambda \rho U |U| / (2 D) + g \rho dh / dx = 0 \quad (2)$$

- equazione di stato

$$\rho = p / (z R_G T) \quad (3)$$

dove:

- x, coordinata spaziale lungo l'asse della tubazione;
- Q, portata volumetrica;
- p, pressione assoluta;
- λ , fattore d'attrito (notazione di Darcy);
- ρ , densità del gas;
- U, velocità media del gas nella sezione del tubo;
- D, diametro interno della tubazione;
- g, accelerazione di gravità;
- h, quota geodetica;
- z, fattore di compressibilità del gas;
- R_G , costante specifica del gas (o della miscela di gas), uguale a R (8,314 J K⁻¹ mol⁻¹, costante universale dei gas) divisa per la massa molare del gas (o della miscela di gas);
- T, temperatura assoluta del gas.

Moltiplicando la (2) per (2 p dx), si ottiene:

$$2 p dp + [p \lambda r U |U| / D] dx + 2 p g \rho dh = 0 \quad (4)$$

e utilizzando la (3), si ha:

$$2 p dp + [p^2 \lambda U |U| / (z R_G T D)] dx + [2 p^2 g / (z R_G T)] dh = 0 \quad (5)$$

Poiché $2 p dp = d(p^2)$ e $U = Q / (\pi D^2 / 4)$, dalla (5) si ricava:

$$d(p^2) + [16 p^2 \lambda Q |Q| / (z R_G T \pi^2 D^5)] dx + [2 p^2 g / (z R_G T)] dh = 0 \quad (6)$$

Essendo $p = (p_s / T_s) z T$, e definendo la pressione quadratica adimensionale $H = (p / p_s)^2$, si ottiene:

$$p_s^2 dH + [16 p_s^2 z T \lambda Q |Q| / (R_G T_s^2 \pi^2 D^5)] dx + [2 p^2 g / (z R_G T)] dh = 0 \quad (7)$$

Se si divide per p_s^2 e si moltiplica per R_G , risulta:

$$R_G dH + [16 z T \lambda Q |Q| / (T_s^2 \pi^2 D^5)] dx + [2 H g / (z T)] dh = 0 \quad (8)$$

Facendo le seguenti assegnazioni:

$$a = 16 z T / (T_s^2 \pi^2 D^5)$$

$$b = g / (z T)$$

si ricava l'equazione:

$$R_G dH + a \lambda Q |Q| dx + 2 b H dh = 0 \quad (9)$$

Integrando la (8) fra il punto iniziale e quello finale ($x = 0$ e $x = L$) di un tronco di condotta sotto le seguenti ipotesi:

- diametro della tubazione costante da 0 a L;
- temperatura e compressibilità del gas costanti lungo il tronco;

si ottiene:

$$R_G (H_L - H_0) + a \int_{0,L} \lambda Q |Q| dx + 2 b \int_{0,L} H dh = 0 \quad (10)$$

Se si assume la seguente approssimazione:

$$\int_{0,L} H dh \approx (H_0 + H_L) (h_L - h_0) / 2$$

e si divide la (10) per $(a L)$, si ha:

$$R_G (H_L - H_0) / (a L) + (1 / L) \int_{0,L} \lambda Q |Q| dx + b [(H_0 + H_L) (h_L - h_0) / 2] = 0 \quad (11)$$

Ponendo:

$$C_0 = [R_G + b (h_0 - h_L)] / (a L)$$

$$C_L = [R_G + b (h_L - h_0)] / (a L)$$

si ottiene infine:

$$C_0 H_0 - C_L H_L = (1 / L) \int_{0,L} \lambda Q |Q| dx \quad (12)$$

Nel caso di condotta a portata costante (senza erogazione distribuita), essendo anche il fattore d'attrito λ costante lungo il tronco, la (12) diviene:

$$C_0 H_0 - C_L H_L = \lambda Q |Q| \quad (13)$$

Nel caso di condotta con erogazione costante di gas per unità di lunghezza, se q è il valore di tale portata specifica, allora la portata totale erogata lungo il ramo è data da:

$$Q_R = q L$$

Al punto di ascissa x , la portata Q transitante è quindi pari a:

$$Q = Q_0 - Q_R = Q_0 - q x$$

essendo Q_0 la portata al punto iniziale $x = 0$.

Nel tronco possono presentarsi due casi: la portata mantiene direzione costante (flusso monodirezionale), oppure, da un certo punto in poi, la portata inverte il senso di percorrenza del ramo (flusso bidirezionale).

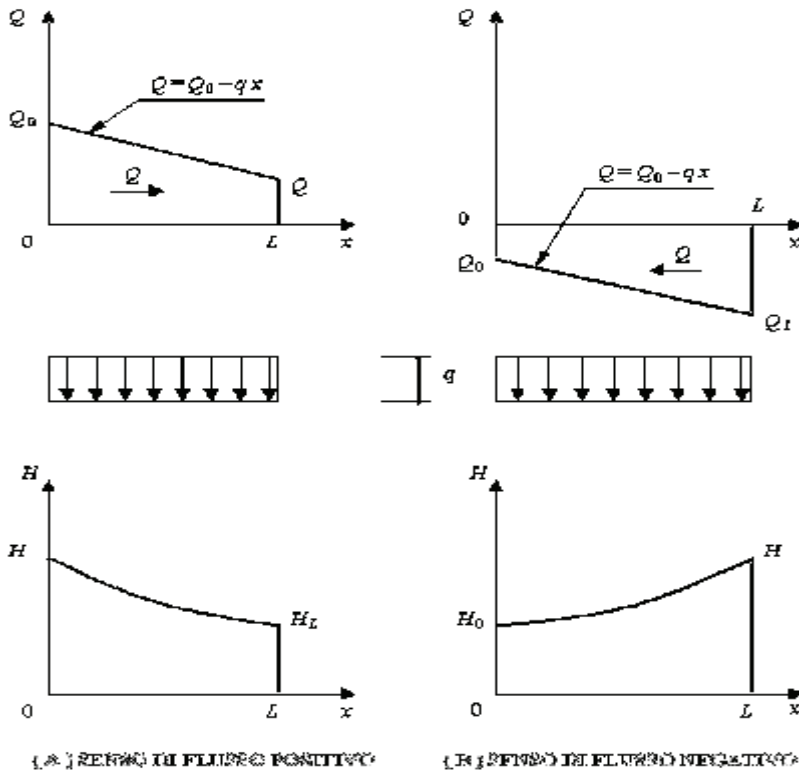
Nel caso di flusso monodirezionale, ipotizzando che il fattore d'attrito λ sia costante lungo il tronco, la (12) diviene:

$$C_0 H_0 - C_L H_L = (\lambda / L) \int_{0,L} (Q_0 - q x) | (Q_0 - q x) | dx \quad (14)$$

da cui:

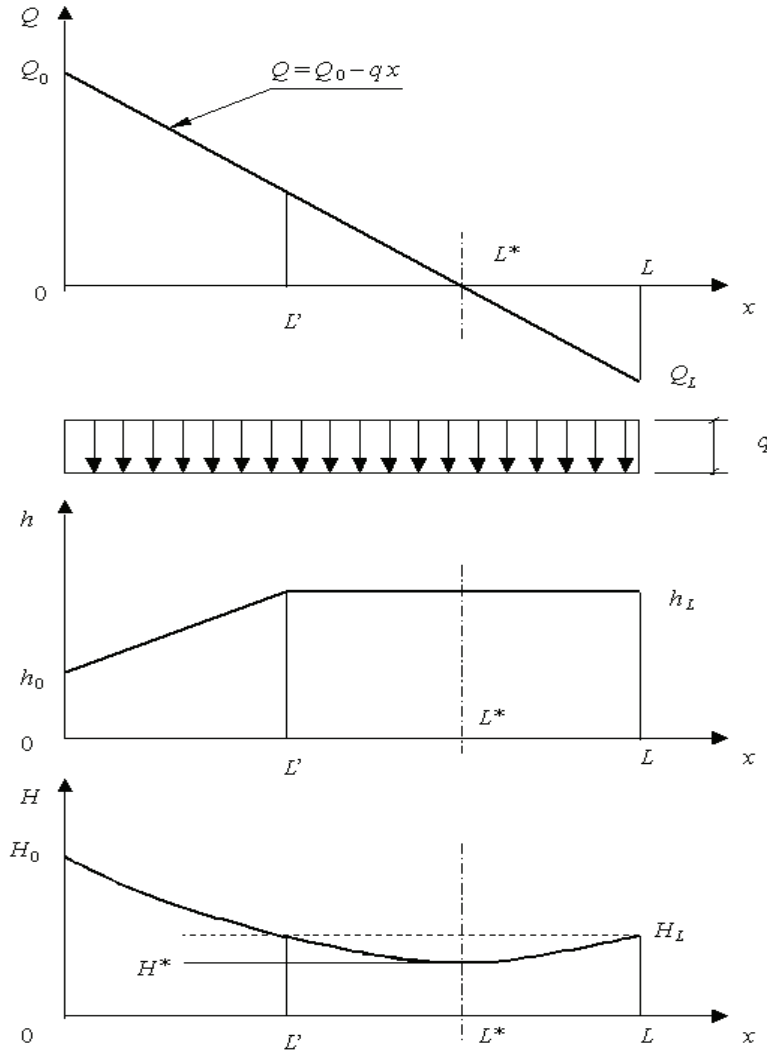
$$C_0 H_0 - C_L H_L = s \lambda [Q_0^2 - Q_0 Q_R + Q_R^2 / 3] \quad (15)$$

dove s è il segno della portata nel ramo (+1 se la direzione è positiva, -1 se la direzione è negativa).



Nel caso di flusso bidirezionale la portata inizialmente positiva (Q_0) decresce fino ad annullarsi in un certo punto ($x = L^*$), per poi ricrescere in valore assoluto, ma con segno negativo; il diagramma della portata presenta quindi una certa porzione simmetrica rispetto ad L^* .

Chiamando L' il punto simmetrico di L rispetto a L^* , nel tratto $L' - L$ si ha la simmetria delle portate, mentre il tratto $0 - L'$ non ha alcun corrispondente simmetrico.



Nell'ipotesi semplificativa che la variazione altimetrica della condotta si concentri nel tratto $0 - L'$ (h_L costante da L' a L), il diagramma delle pressioni (H) ha una porzione di simmetria intorno a L^* tale che $H(L') = H(L) = H_L$.

Il problema si riconduce quindi al caso di flusso monodirezionale, considerando la porzione $0 - L'$ del ramo.

Il fattore di attrito λ è calcolato in questo caso come quello che comporta alla lunghezza del tratto $0 - L'$ quando venisse sottoposta alla differenza di pressione $H_0 - H_L$ ad una portata costante.

Dalla (12) si ricava quindi:

$$C_0 H_0 - C_L H_L = [2 (Q_0 / Q_R) - 1] [(Q_0^2 - Q_0 Q_R + Q_R^2) / 3] \quad (16)$$

Fra le varie correlazioni disponibili per il fattore d'attrito λ è stata scelta quella di Colebrook-White:

$$1 / \lambda^{1/2} = -2 \log_{10} [\varepsilon / (3.71 D) + 2.51 / (Re \lambda^{1/2})] \quad (17)$$

dove:

- ε , scabrezza media della parete;
- Re, numero di Reynolds.

In caso di regime laminare, si utilizza la relazione:

$$\lambda = 64 / Re \quad (18)$$

mentre per la zona di transizione tra regime laminare e regime turbolento, si utilizza caso per caso il maggiore fra i due valori di λ che risultano dalla (17) e dalla (18).

Caratteristiche della miscela

Il gas utilizzato ai fini del calcolo è la miscela metano, caratterizzata dai seguenti parametri:

- peso molecolare 16,042000 (kg/kmole);
- viscosità dinamica 0,010900 (cP);
- fattore di compressibilità 0,998000.

9. MODELLAZIONE E DIMENSIONAMENTO

9.1. ipotesi preliminari

L'ipotesi principale, che servirà anche da successiva verifica sui risultati ottenuti, è quella che la futura rete sarà di 7^a specie, in accordo a quanto stabilito dai D.M. 16/04/2008 e D.M. 17/04/2008; in base a tale classificazione, nei vari tronchi della rete si dovranno rispettare dei limiti di pressione e velocità del fluido trasportato (in questo caso metano):

- pressione massima di esercizio (MOP) ≤ 40 mbar (0,004 MPa);
- velocità massima del fluido ≤ 5 m/s.

9.2. planimetria rete a servizio della futura area

Si riporta di seguito un disegno della futura rete di adduzione; si evidenziano i vari nodi ed i vari rami che la costituiscono.



Figura 4: rete di progetto

9.3. elementi della rete

Un modello di simulazione di una rete gas è creato utilizzando:

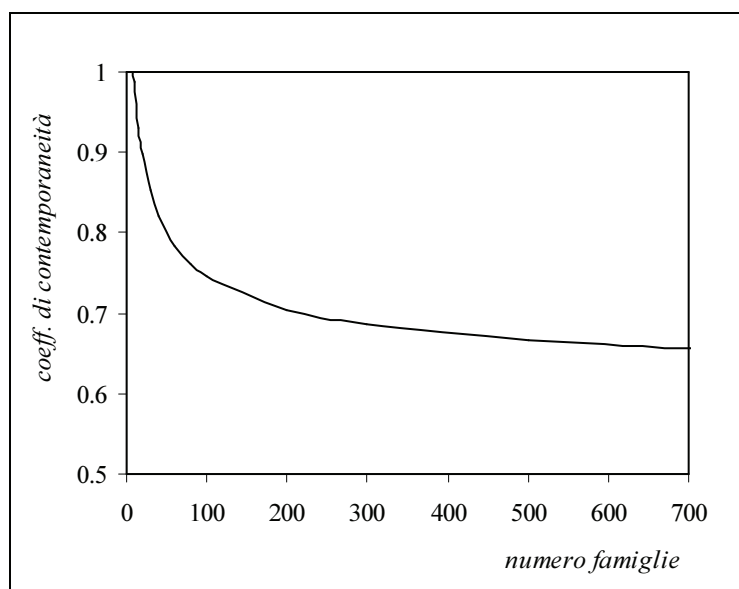
- nodi, ovvero elementi di tipo puntuale che descrivono punti di discontinuità tra due tronchi della rete;
- rami, ovvero elementi di tipo lineare che descrivono tronchi della rete caratterizzati da omogeneità di caratteristiche fisiche ed idrauliche;
- cabine di salto, ovvero elementi di tipo lineare che descrivono un salto di pressione tra la porzione di rete a monte dell'elemento e quella a valle;
- allacciamenti, ovvero elementi che descrivono uno spillamento da un ramo.

La rete è costituita da:

- 6 nodi (di cui 1 a pressione imposta);
- 5 rami. Si sono schematizzate le utenze in *utenze concentrate* nei nodi.

Si è ipotizzato inoltre che tali utenze siano costituite solamente da utenze di tipo civile caratterizzate cioè da un coefficiente di contemporaneità; con tale coefficiente si tiene conto che aumentando il numero delle famiglie allacciate diviene sempre più improbabile che i prelievi siano tutti al loro valore massimo.

Numero di famiglie	Coefficiente di contemporaneità
1	1
3	1
5	1
7	1
10	0.987
15	0.930
20	0.897
30	0.852
40	0.822
60	0.784
80	0.762
100	0.746
200	0.704
300	0.686
500	0.667
700	0.657
1000	0.647
>100	0.640



Il metodo utilizzato per definire il coefficiente di contemporaneità è il calcolo del rapporto tra le utenze massime effettive e le utenze massime teoriche, dove per utenze massime teoriche si intende la somma dei massimi di tutte le utenze collegate; il coefficiente in particolare decresce all'aumentare del

numero delle utenze. Il numero totale di famiglie è pari a 16; in analogia a quanto riportato nella precedente tabella, si è imposto un coefficiente di contemporaneità pari al **70%**.

9.4. materiali utilizzati

Condotto	Scabrezza di parete (micron)	Diametro interno (mm)	Nu mero rami	Lunghezza totale (m)
PE DN 90	100.0000	73.400	5	115.47
			5	115.47

10. DATI DI PARTENZA

Si è utilizzato il valore di pressione al nodo **1** fornito dall'ente gestore della rete attuale (AGSM), a seguito di verifica con loro programma di calcolo.

Per ciascuna utenza si è considerato un consumo medio pro-capite di circa 3 Sm³/h ed un fattore di contemporaneità pari al 95%.

Si riportano di seguito le pressioni imposte ai nodi di allaccio alla rete attuale e le portate delle utenze ai vari nuovi nodi di allaccio alla rete di futura realizzazione.

Pressioni

$P_{imp. 1} = 27.2 \text{ mbar}$;

Nodi

I nodi che costituiscono la rete sono i seguenti:

Nodo	Quota del terreno (m slm)	Quota asse condotti (m slm)	Portata esterna fissata (Smc/h) *	Pressione fissata nel nodo (mBar)	Numero di utenti
1	0.00	0.00	0.0000	27.20	0
2	0.00	0.00	0.0000	0.00	2
3	0.00	0.00	0.0000	0.00	2
4	0.00	0.00	0.0000	0.00	3
5	0.00	0.00	0.0000	0.00	2
6	0.00	0.00	0.0000	0.00	3

* Le portate sono positive se entranti nel nodo, negative se uscenti.

Rami

I rami che costituiscono la rete sono i seguenti:

<i>Ramo</i>	<i>Nodo iniziale</i>	<i>Nodo finale</i>	<i>Condotto</i>	<i>Lunghezza (m)</i>	<i>Portata distribuita (Smc/hm)</i>	<i>Portata di verifica (Smc/h)</i>
1	1	2	PE DN 90	72.20	0.00000	0.0000
2	2	3	PE DN 90	6.97	0.00000	0.0000
3	3	5	PE DN 90	6.29	0.00000	0.0000
4	5	6	PE DN 90	20.59	0.00000	0.0000
5	6	4	PE DN 90	9.42	0.00000	0.0000

10.1. RISULTATI

Nodi

Per ogni nodo vengono riportati:

- *pressione*: pressione calcolata nel nodo (mbar);
- *portata*: portata di gas scambiata dal nodo (Sm^3/h); rappresenta la portata uscente dal nodo (consumo) se negativa, o la portata in ingresso nel nodo se positiva.

<i>Nodo</i>	<i>Pressione (mBar)</i>	<i>Portata entrante (Smc/h)</i>
1	27.20	35.9878
2	26.62	-5.9967
3	26.58	-5.9971
4	26.50	-8.9990
5	26.56	-5.9976
6	26.51	-8.9973

(*) Pressione imposta su indicazioni ente fornitore (AGSM).

Rami

Per ogni ramo vengono riportati:

- *portata in ingresso*: la portata che entra nel ramo (Smc/h);
- *portata in uscita*: la portata che esce dal ramo (Smc/h);
- *pressione minima*: la minima pressione (mBar) calcolata lungo il ramo;
- *velocità massima*: la massima velocità (m/s) calcolata lungo il ramo.

<i>Ramo</i>	<i>Portata in ingresso (Smc/h)</i>	<i>Portata in uscita (Smc/h)</i>	<i>Portata distribuita (Smc/h)</i>	<i>Pressione minima (mBar)</i>	<i>Velocità massima (m/s)</i>
1	35.9878	35.9878	0.00000	26.6224	2.2655
2	29.9910	29.9910	0.00000	26.5820	1.8881
3	23.9939	23.9939	0.00000	26.5575	1.5106
4	17.9963	17.9963	0.00000	26.5089	1.1330
5	8.9990	8.9990	0.00000	26.5022	0.5666