



# COMUNE DI RECANATI



## PROGETTO DEFINITIVO ESECUTIVO

Intervento di restauro dell' edificio  
comunale attiguo al Teatro Persiani  
per la realizzazione del  
museo della musica e del punto di  
accoglienza turistico-culturale

PRIMO STRALCIO

COMMITTENTE

Comune di Recanati

Progetto architettonico: Arch. Jessica Tarducci

Progetto strutturale: Ing. Andrea Schiavoni

Progetto impianti: Ing. Emanuele Gelosi Enrici

Oggetto:

**IMPIANTI TERMICO, IDRICO E GAS  
RELAZIONE TECNICA**

Documento

**doc 05**

rev. 02  
del 14/07/2018

Scala ---:----

PROPRIETA' RISERVATA. E' VIETATO RIPRODURRE O UTILIZZARE IL CONTENUTO SENZA AUTORIZZAZIONE (art. 2575 C.C.)

Data:

Luglio 2018

# COMUNE DI RECANATI

*Provincia di Macerata*

Edificio sito in V. Cavour, 24

**DESTINAZIONE FINALE: MUSEO DELLA MUSICA**

## RELAZIONE TECNICA

## IMPIANTI TERMICO, IDRICO E GAS

Progettista: **Dott. Ing. Emanuele Gelosi Enrici**

P.le Antonio Bianchi, 6 62019 Recanati (MC)

Ordine della provincia di Macerata al numero A797

Tel.: 0717573371 cell. 3398333423 e-mail: [studio.gelosi@studiogelosi.it](mailto:studio.gelosi@studiogelosi.it)

Data: 14/07/2018

P.le Antonio Bianchi, 6

62019 Recanati (MC)

Tel.: 0717573371

Fax: 0717573371

Cell.: 3398333423

emanuele.gelosi@studiogelosi.it

emanuele.gelosienrici@ingpec.eu

C. F. GLSMNL64P14E783T

P. I. 01465920435

Ordine di Macerata: A 797

Albo speciale Min. Int- ex L. 818  
MC 00797 I 00204

Tecnico competente in acustica ambientale  
D. G. R. 172/2007 con atto n. DD n. 95/TRA\_08 del 23/04/2008

Coordinatore sicurezza

Master Energie Rinnovabili

## INDICE

|  |          |
|--|----------|
| <b>INTRODUZIONE.....</b>                   | <b>3</b> |
| <b>FILOSOFIA SEGUITA .....</b>             | <b>3</b> |
| <b>TIPOLOGIA D'IMPIANTO TERMICO.....</b>   | <b>4</b> |
| <b>SCARICHI CONDENSA .....</b>             | <b>4</b> |
| <b>RENDIMENTI E NORMATIVE VIGENTI.....</b> | <b>5</b> |
| <b>IMPIANTO GAS .....</b>                  | <b>5</b> |
| <b>IMPIANTO IDRICO SANITARIO .....</b>     | <b>5</b> |
| <b>MANUTENZIONI DELL'IMPIANTO.....</b>     | <b>6</b> |
| <b>GARANZIE ONERI E PRESCRIZIONI.....</b>  | <b>7</b> |

|   |   |                        |                        |                            |
|---|---|------------------------|------------------------|----------------------------|
| emanuele.gelosi@studiogelosi.it                       | emanuele.gelosienrici@ingpec.eu   | C. F. GLSMNL64P14E783T | P. I. 01465920435      | Ordine di Macerata: A 797  |
| Albo speciale Min. Int- ex L. 818<br>MC 00797 I 00204 | Tecnico competente in acustica ambientale<br>D. G. R. 172/2007 con atto n. DD n. 95/TRA_08 del 23/04/2008 |                        | Coordinatore sicurezza | Master Energie Rinnovabili |

## Introduzione

La distribuzione interna del museo sarà realizzata su 5 differenti quote:

piano terra  
quota 3,08m soppalco  
quota 5,90m (piano secondo)  
quota 9,25m piano terzo  
e quota 10,07m piano terzo rialzato (quarto)

Le opere in oggetto dovranno considerarsi comprensive di

1. smaltimento e trasporto a discarica dell'esistente
2. opere di apertura e chiusura tracce
3. eventuali spese per l'occupazione del suolo pubblico
4. oneri della sicurezza
5. presenza ai collaudi con relativa strumentazione, aggiornamenti as built e dichiarazioni di conformità.

Inoltre le ditte partecipanti dovranno eseguire un sopralluogo prima di redigere l'offerta al fine di poter stilare un'offerta mirata e di poter sperimentare sul campo la fattibilità dell'opera e le sue peculiarità. In tale fase potranno essere fatte osservazioni ritenute utili alla realizzazione stessa.

## Filosofia seguita

La soluzione adottata per il raffrescamento estivo ed il riscaldamento invernale è stata quella di utilizzare un impianto a ventil convettori con produzione di fluidi primari proveniente da una caldaia a condensazione e da una pompa di calore. Tale scelta è stata dettata da diverse motivazioni tra quali: il costo, gli alti carichi termici del livello più alto e gli spessori disponibili sui solai.

Anche la soluzione dell'impianto a pavimento, presente nel progetto preliminare, è stata seguita e quantificata. Dopo aver redatto l'intero progetto ci si è accorti che le problematiche di costi, di spazi in termini di altezze dei pacchetti e passaggi tubazioni e di carichi termici non si sposavano con tale soluzione.

Le esigenze di budget prestabilito non hanno permesso di realizzare un impianto di ventilazione. Le finestre sono tutte apribili.

L'impianto sarà realizzato tenendo presente i vari carichi termici dovuti agli apporti di calore sia interni che esterni.

Nel locale tecnico interno troveranno collocazione la caldaia, il circolatore, la regolazione e l'addolcitore. La pompa di calore è prevista all'esterno e sarà acquistata successivamente a causa della scarsa disponibilità economica.

L'impianto è stato progettato per mantenere le seguenti condizioni interne:

Regime invernale:

$$T_i = 20 \text{ °C } \pm 2$$

Regime estivo

$$\Delta T = T_e - T_i = 7 \text{ °C}$$

Ogni unità interna sarà corredata di termostato che è previsto con installazione a parete. A fronte di più macchine interne, è previsto un singolo comando per locale.

Le macchine interne sono state scelte di normale configurazione a vista, unica eccezione sarà il ventil convettore sotto il servoscala che sarà di tipo ad incasso.

## Tipologia d'impianto termico

L'impianto previsto è un impianto ad acqua. La scarsa disponibilità di spazi tecnici ha portato ad una collocazione della caldaia, del circolatore, dell'addolcitore e della regolazione in un locale tecnico interno ricavato in un soppalco sottotetto. La pompa di calore è prevista all'esterno. L'installazione di quest'ultima dovrà essere oggetto di particolare attenzione alle vie di fuga antincendio che non potranno avere ostacoli.

Tutta la distribuzione delle tubazioni si svilupperà nel pavimento. Particolare attenzione dovrà essere posta nella posa in opera della dorsale di allaccio alla pompa di calore.

Tutte le saldature dovranno essere rigorosamente eseguite in atmosfera d'azoto senza nessuna eccezione e con brasatura forte adatta alle tubazioni annegate.

Le unità interne sono distribuite all'interno dei locali secondo le esigenze di confort del Committente con particolare attenzione sia alla loro funzionalità sia alla loro compatibilità con l'arredo. Potrà essere chiesto, in fase di cantiere, qualche spostamento da parte del Committente.

## Scarichi condensa

Le altre unità potranno essere collegate agli scarichi dei lavandini presenti nei servizi igienici ora esistenti. I vecchi bagni saranno demoliti, ma si dovrà aver cura di mantenerne gli scarichi dei lavandini ben

|   |  |   |  |                        |  |                            |  |                           |  |
|---|--|---|--|------------------------|--|----------------------------|--|---------------------------|--|
| P.le Antonio Bianchi, 6                               |  | 62019 Recanatì (MC)   |  | Tel.: 0717573371       |  | Fax: 0717573371            |  | Cell.: 3398333423         |  |
| emanuele.gelosi@studiogelosi.it                       |  | emanuele.gelosienrici@ingpec.eu   |  | C. F. GLSMNL64P14E783T |  | P. I. 01465920435          |  | Ordine di Macerata: A 797 |  |
| Albo speciale Min. Int- ex L. 818<br>MC 00797 I 00204 |  | Tecnico competente in acustica ambientale<br>D. G. R. 172/2007 con atto n. DD n. 95/TRA_08 del 23/04/2008 |  | Coordinatore sicurezza |  | Master Energie Rinnovabili |  |                           |  |

puliti e a disposizione per o lo scarico condense. Per arrivare a tale punto di scarico sono state previste apposite dorsali. Tutti gli scarichi condensa, così pensati, garantiranno una costante irrorazione d'acqua nei previsti sifoni (lavandini) o un'assenza di cattivi odori di risalita nelle tubazioni di scarico delle unità interne.

Uniche eccezioni sono i due ventil convettori nel locale alto salone e i due ventil convettori del piano terzo che potranno essere allacciati, in termini di scarico condensa, ai nuovi wc.

Non sono state previste pompe di sollevamento e scarico condensa per eliminare il pericolo di allagamenti della filiale dovuti ad eventuale rottura o mal funzionamento delle stesse.

## Rendimenti e normative vigenti

Nelle ristrutturazioni di questo tipo il decreto 311 in vigore dal 02.02.2007, e s.m.i, richiede che siano rispettati i rendimenti imposti dal decreto stesso. Saranno utilizzate unità in grado di soddisfare quanto imposto dalla normativa attuale.

Tutte le tubazioni di mandata e ritorno saranno coibentate a norma di legge. Ogni unità interna sarà corredata di termostato e garantirà il massimo del risparmio energetico possibile.

È stato eseguito il calcolo del rendimento partendo dal fabbisogno energetico dei locali con la stessa identica procedura che si sarebbe utilizzata per la stesura della relazione dell'art. 28 ex legge 10/91. Il calcolo ha dimostrato un ampio rispetto dei limiti di legge.

Particolare attenzione è stata posta nella scelta della pompa di calore che è prevista ad alta efficienza.

## Impianto gas

È stato previsto un nuovo impianto gas con nuovo allaccio e con contatore esterno. La dorsale avrà un percorso sterno in facciata che dovrà essere il più "defilato" possibile proprio per la sua posizione in vista. Al raggiungimento del tetto la tubazione è prevista entrare nel locale tecnico con percorso interno il più breve possibile. Tutto l'impianto gas dovrà rispettare ovviamente la normativa vigente. Sono state previste aperture permanenti a tetto nel locale tecnico al fine di evitare ogni formazione di gas nocivi (CO e CO<sub>2</sub>) o sacche di gas metano dovuti a eventuali guasti.

## Impianto idrico sanitario

Dovranno essere realizzati nuovi servizi igienici e gli esistenti saranno smantellati.

|   |   |                        |                        |                            |
|---|---|------------------------|------------------------|----------------------------|
| P.le Antonio Bianchi, 6                               | 62019 Recanati (MC)   | Tel.: 0717573371       | Fax: 0717573371        | Cell.: 3398333423          |
| emanuele.gelosi@studiogelosi.it                       | emanuele.gelosienrici@ingpec.eu   | C. F. GLSMNL64P14E783T | P. I. 01465920435      | Ordine di Macerata: A 797  |
| Albo speciale Min. Int- ex L. 818<br>MC 00797 I 00204 | Tecnico competente in acustica ambientale<br>D. G. R. 172/2007 con atto n. DD n. 95/TRA_08 del 23/04/2008 |                        | Coordinatore sicurezza | Master Energie Rinnovabili |

L'impianto idrico sanitario sarà derivato, come alimentazione, dall'attuale contatore con allaccio alle nuove tubazioni previste. La dorsale avrà un percorso diretto verso il locale tecnico dove è previsto l'addolcitore.

La distribuzione alle utenze sarà derivata, utenza per utenza, dal collettore intercettabile, sia per gli allacci caldi sia per gli allacci freddi. Tutte le tubazioni saranno installate in traccia.

Sono state previste tubazioni coibentate per le tubazioni calde.

## Manutenzioni dell'impianto

La manutenzione dell'impianto dovrà essere eseguita con regolarità. Le operazioni principali da eseguire sono le seguenti (elenco non esaustivo):

1. Pulizia dei filtri. I filtri dovranno essere regolarmente ispezionati e puliti sia in riferimento alle unità interne (ventil convettori) sia con riferimento ai filtri sull'impianto idrico e a quello termico (filtro ad "Y").
2. Verifica di funzionamento delle pompe di calore in riferimento alle pressioni di alta e di bassa ed alla pulizia delle batterie di scambio. Sarà opportuno controllare le pressioni dei circuiti e le temperature di funzionamento e gli assorbimenti. Si fa presente che lavorando a "bocca libera" la batteria della macchina è soggetta e richiamare polvere dal cortile.
3. Controllo del buon funzionamento delle unità interne avendo cura di verificare l'assenza di fastidi agli occupanti dovuti ad eccessiva velocità d'impostazione. Particolare attenzione dovrà essere posta nella verifica del buon funzionamento degli scarichi condensa. Ciò anche in riferimento ai sifoni dentro i quali dovrà essere garantita una costante presenza d'acqua.
4. Verifica dei parametri impostati sul controllore generale con riferimento anche agli orari di funzionamento settimanali
5. Aggiornamento annuale del libretto d'impianto
6. Verifica dell'efficienza e pulizia delle griglie con particolare riferimento all'estrazione dei servizi igienici.
7. Verifica di mancanza di ogni gocciolio o perdita dell'impianto idrico
8. Manutenzione periodi dell'addolcitore e costante rabbocco di sale
9. Verifica e controllo dei filtri dell'impianto idrico e del dosatore di polifosfati con ricarica
10. Verifica di completa funzionalità delle aperture di ventilazione previste nel Locale Tecnico consistente nella completa assenza di ostruzioni
11. Controllo costate e verifica dell'assenza di materiali dell'impianto che possano ostruire le vie di fuga previste nel progetto antincendio.
12. Varie ed eventuali.

## Garanzie oneri e prescrizioni

L'Installatore invitato alla gara d'appalto dovrà verificare i luoghi, il progetto e le esigenze del Committente per raggiungere piena conoscenza dell'opera anche delle parti che, eventualmente, non sono descritte dagli elaborati.

La formulazione dell'offerta è da intendersi come accettazione del progetto e della sua realizzazione col fine di raggiungere lo scopo della realizzazione in conformità alla regola dell'arte e del buon funzionamento.

Ogni modifica sarà a carico dell'installatore, come saranno a carico dell'Installatore i disegni "As built" da allegare alla dichiarazione di conformità.

Dovranno essere rispettate tutte le norme impiantistiche in vigore, i regolamenti comunali ed igienici (ASUR o ASL) e la normativa sulla sicurezza in cantiere, garantendo, in quest'ultimo, anche la pulizia con allontanamento e invio a discarica dei materiali di risulta.

Nel caso la DDL giudicasse inadeguato il comportamento degli addetti della Ditta installatrice, la stessa DDL potrà richiederne la sostituzione senza che ciò implichi ritardi nei termini di consegna dei lavori.

La Ditta installatrice sarà inoltre responsabile del materiale portato in cantiere e dovrà garantirne la custodia e l'integrità dello stato oltre a doverne garantire la rispondenza alle richieste del Committente.

Le opere dovranno essere eseguite a Regola dell'Arte, contrariamente, il Committente o la direzione lavori, a loro insindacabile giudizio, si riservano il diritto di rescindere il contratto senza che la Ditta Installatrice possa rivalersi per eventuali danni subiti.

**Rimangono a carico dell'installatore tutte indistintamente le altre opere murarie inerenti all'installazione dell'impianto e del sanitario. Per tali opere si intendono includere anche quelle da realizzare per passaggi su cartongesso, lamiera, pavimenti e su tutte le superfici che prevedono il passaggio o l'installazione delle apparecchiature del condizionamento o dell'idrico con relativo ripristino esclusa verniciatura.**

Il tutto come anche ampiamente descritto nel Capitolato.

Il tecnico



Ing. Emanuele Gelosi Enrici

All. Appendice. Relazione di calcolo tubazioni idrauliche

|   |   |                        |                        |                            |
|---|---|------------------------|------------------------|----------------------------|
| P.le Antonio Bianchi, 6                               | 62019 Recanati (MC)   | Tel.: 0717573371       | Fax: 0717573371        | Cell.: 3398333423          |
| emanuele.gelosi@studiogelosi.it                       | emanuele.gelosienrici@ingpec.eu   | C. F. GLSMNL64P14E783T | P. I. 01465920435      | Ordine di Macerata: A 797  |
| Albo speciale Min. Int- ex L. 818<br>MC 00797 I 00204 | Tecnico competente in acustica ambientale<br>D. G. R. 172/2007 con atto n. DD n. 95/TRA_08 del 23/04/2008 |                        | Coordinatore sicurezza | Master Energie Rinnovabili |

**APPENDICE**  
**RELAZIONE DI CALCOLO TUBAZIONI**

## Sommario

### **01. Dimensionamento del circuito idraulico primario pompa di calore.....3**

|   |    |
|---|----|
| 01.01. Portata, diametri e velocità .....       | 3  |
| 01.02. Perdita di carico .....                  | 3  |
| 01.03. Calcolo delle perdite accidentali.....   | 7  |
| 01.04. Scelta del circolatore del primario..... | 10 |

### **02. Dimensionamento del circuito idraulico secondario. ....11**

|  |    |
|--|----|
| 02.01. Portate, diametri e velocità .....          | 11 |
| 02.02. Scelta del circolatore del secondario. .... | 20 |

# 01. Dimensionamento del circuito idraulico primario pompa di calore.

## 01.01. Portata, diametri e velocità

Per il calcolo di tutti i parametri, in termini di diametri e perdite di carico, è necessario stabilire la portata totale dell'impianto. La portata presa in considerazione è quella calcolata in base alla potenza in freddo della pompa di calore pari a 22,4kW. Con tale potenza e un  $\Delta T$  pari a 5°C è stata calcolata la portata nominale pari a 3853 l/h arrotondati a 3860 l/h.

Per le condotte la scelta è caduta su tubazioni in rame da 35mm esterni e 33 mm di diametro interno. Tutte le tubazioni dovranno essere coibentate con spessore a norma di legge (DPR 412/93 e s. , e i.).

I calcoli effettuati che seguono dimostrano come il diametro commerciale scelto offra una velocità particolarmente bassa. La scelta è voluta, trattandosi di un museo, anche per evitare qualunque problema di rumore. Le lunghezze sono state stabilite con l'ausilio dei percorsi indicati nel progetto.

Per il fluido utilizzato nei calcoli (miscela acqua e glicole) sono state assunte le seguenti caratteristiche:

$$\begin{aligned} \text{densità } \rho &= 1030 \text{ kg/m}^3; \\ \text{viscosità cinematica } \nu &= 1,1 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2 / \text{s} \end{aligned}$$

I dati del fluido sono anche riportati in tabella 01.

La descrizione dei tratti nella secondo colonna di sx, permetterà di seguire il calcolo con l'aiuto della planimetria a partire dalla pompa di calore e ritorno.

## 01.02. Perdita di carico

I tubi di rame scelti hanno una scabrezza assoluta  $\varepsilon$  (mm) molto piccola, spesso si trascura nei calcoli, ma si è preferito utilizzare un valore diverso da zero per avere un margine di sicurezza in termini di calcolo. Il valore di scabrezza assunto è pari a 0,007 ed è stato preso come valore massimo tra le scabrezze delle tubazioni in rame indicate in letteratura  $0,001\text{mm} < \varepsilon < 0,007\text{mm}^1$  al fine di garantire il calcolo anche con tubazioni sporche.

Con i diametri scelti in base alle velocità sono stati calcolati i numeri di Reynolds con i dati relativi alla viscosità cinematica ed il numero di Reynolds con i valori di velocità (u) e diametro del tubo scelto in metri (D):

$$\text{Re} = \frac{u \cdot D}{\nu}$$

I calcoli relativi ai vari tratti sono illustrati in tabella. Non essendoci variazioni di diametro, né di portata nella tubazione dorsale, parecchi dati in tabella rimangono identici.

---

<sup>1</sup> Fonte. Volume, della serie Quaderni Caleffi, "Tabelle e diagrammi perdite di carico acqua", Marco e Mario Doninelli p. 7 Cap. 2.4 punto 1.

I valori del numero di Reynolds sono quelli che hanno permesso di trovare il valore di ascissa da inserire nell'abaco di Moody e di intercettare le curve parametrizzate in base al valore di  $\frac{\epsilon}{D}$  al fine di trovare il primo valore di iterazione  $\lambda$  ( o  $f$ ) del calcolo come tra breve illustrato.

|                | Tratto o punto                       | Lunghezza (m)<br>(se perdita concentrata L=0) | Portata (m <sup>3</sup> /h) | Densità (kg/m <sup>3</sup> ) | DN         | D <sub>in</sub> (mm) | v<br>viscosità cinematica (m <sup>2</sup> /s) | Velocità (m/s)       | # di Re | Scabrezza rame                      |                             |                          |
|----------------|--------------------------------------|---|-----------------------------|------------------------------|------------|----------------------|---|----------------------|---------|-------------------------------------|-----------------------------|--------------------------|
|                |                                      |   | 3,860                       | 1030                         |            |                      |   |                      |         | Portata (VOLUMICA)                  | assoluta<br>$\epsilon$ (mm) | relativa<br>$\epsilon/D$ |
|                |                                      |   |                             |                              |            |                      |   |                      |         | Portata (kg/s)<br>m <sup>3</sup> /s |                             |                          |
| <b>mandate</b> | Tubo d'allaccio e antivibrante       | 1   | 0,2                         | 1,10438889                   | 0,00107222 | 35                   | 33  | 1,1*10 <sup>-6</sup> | 1,2543  | 37628                               | 0,007                       | 0,0002121                |
|                | Valvola d'intercettazione            | 2   | 0                           | 1,10438889                   | 0,00107222 | 35                   | 33  | 1,1*10 <sup>-6</sup> | 1,2543  | 37628                               | 0,007                       | 0,0002121                |
|                | Tubo di allaccio                     | 3   | 0,2                         | 1,10438889                   | 0,00107222 | 35                   | 33  | 1,1*10 <sup>-6</sup> | 1,2543  | 37628                               | 0,007                       | 0,0002121                |
|                | Curva verso il basso                 | 4   | 0                           | 1,10438889                   | 0,00107222 | 35                   | 33  | 1,1*10 <sup>-6</sup> | 1,2543  | 37628                               | 0,007                       | 0,0002121                |
|                | Tubo d'allaccio                      | 5   | 1,5                         | 1,10438889                   | 0,00107222 | 35                   | 33  | 1,1*10 <sup>-6</sup> | 1,2543  | 37628                               | 0,007                       | 0,0002121                |
|                | Curva verso scale                    | 6   | 0                           | 1,10438889                   | 0,00107222 | 35                   | 33  | 1,1*10 <sup>-6</sup> | 1,2543  | 37628                               | 0,007                       | 0,0002121                |
|                | Tubo da scala a zona macchina        | 7   | 5                           | 1,10438889                   | 0,00107222 | 35                   | 33  | 1,1*10 <sup>-6</sup> | 1,2543  | 37628                               | 0,007                       | 0,0002121                |
|                | Curva sotto le scale                 | 8   | 0                           | 1,10438889                   | 0,00107222 | 35                   | 33  | 1,1*10 <sup>-6</sup> | 1,2543  | 37628                               | 0,007                       | 0,0002121                |
|                | Tubo da sotto le scale a salita      | 9   | 8                           | 1,10438889                   | 0,00107222 | 35                   | 33  | 1,1*10 <sup>-6</sup> | 1,2543  | 37628                               | 0,007                       | 0,0002121                |
|                | Tee in punto di salita               | 10  | 0                           | 1,10438889                   | 0,00107222 | 35                   | 33  | 1,1*10 <sup>-6</sup> | 1,2543  | 37628                               | 0,007                       | 0,0002121                |
|                | Tubo di salita                       | 11  | 9                           | 1,10438889                   | 0,00107222 | 35                   | 33  | 1,1*10 <sup>-6</sup> | 1,2543  | 37628                               | 0,007                       | 0,0002121                |
|                | Curva verso collettore in L. T.      | 12  | 0                           | 1,10438889                   | 0,00107222 | 35                   | 33  | 1,1*10 <sup>-6</sup> | 1,2543  | 37628                               | 0,007                       | 0,0002121                |
|                | Tubo verso collettore in L. T.       | 13  | 4                           | 1,10438889                   | 0,00107222 | 35                   | 33  | 1,1*10 <sup>-6</sup> | 1,2543  | 37628                               | 0,007                       | 0,0002121                |
|                | Valvola d'intercettazione            | 14  | 0                           | 1,10438889                   | 0,00107222 | 35                   | 33  | 1,1*10 <sup>-6</sup> | 1,2543  | 37628                               | 0,007                       | 0,0002121                |
|                | Tubo di allaccio                     | 15  | 0,2                         | 1,10438889                   | 0,00107222 | 35                   | 33  | 1,1*10 <sup>-6</sup> | 1,2543  | 37628                               | 0,007                       | 0,0002121                |
|                | Tee allaccio a tubi collettore       | 16  | 0                           | 1,10438889                   | 0,00107222 | 35                   | 33  | 1,1*10 <sup>-6</sup> | 1,2543  | 37628                               | 0,007                       | 0,0002121                |
|                | Tubo di allaccio                     | 17  | 0,5                         | 1,10438889                   | 0,00107222 | 35                   | 33  | 1,1*10 <sup>-6</sup> | 1,2543  | 37628                               | 0,007                       | 0,0002121                |
|                | Collettore d'equil. assimilato a tee | 18  | 0                           | 1,10438889                   | 0,00107222 | 35                   | 33  | 1,1*10 <sup>-6</sup> | 1,2543  | 37628                               | 0,007                       | 0,0002121                |
| <b>ritorni</b> | Collettore d'equil. assimilato a tee | 19  | 0                           | 1,10438889                   | 0,00107222 | 35                   | 33  | 1,1*10 <sup>-6</sup> | 1,2543  | 37628                               | 0,007                       | 0,0002121                |
|                | Tubo di allaccio                     | 20  | 0,5                         | 1,10438889                   | 0,00107222 | 35                   | 33  | 1,1*10 <sup>-6</sup> | 1,2543  | 37628                               | 0,007                       | 0,0002121                |
|                | Tee allaccio a tubi collettore       | 21  | 0                           | 1,10438889                   | 0,00107222 | 35                   | 33  | 1,1*10 <sup>-6</sup> | 1,2543  | 37628                               | 0,007                       | 0,0002121                |
|                | Tubo di allaccio                     | 22  | 0,2                         | 1,10438889                   | 0,00107222 | 35                   | 33  | 1,1*10 <sup>-6</sup> | 1,2543  | 37628                               | 0,007                       | 0,0002121                |
|                | Valvola d'intercettazione            | 23  | 0                           | 1,10438889                   | 0,00107222 | 35                   | 33  | 1,1*10 <sup>-6</sup> | 1,2543  | 37628                               | 0,007                       | 0,0002121                |
|                | Tubo verso discesa                   | 24  | 4                           | 1,10438889                   | 0,00107222 | 35                   | 33  | 1,1*10 <sup>-6</sup> | 1,2543  | 37628                               | 0,007                       | 0,0002121                |
|                | Curva di discesa                     | 25  | 0                           | 1,10438889                   | 0,00107222 | 35                   | 33  | 1,1*10 <sup>-6</sup> | 1,2543  | 37628                               | 0,007                       | 0,0002121                |
|                | Tubo di discesa                      | 26  | 9                           | 1,10438889                   | 0,00107222 | 35                   | 33  | 1,1*10 <sup>-6</sup> | 1,2543  | 37628                               | 0,007                       | 0,0002121                |
|                | Tee punto di discesa a pav.          | 27  | 0                           | 1,10438889                   | 0,00107222 | 35                   | 33  | 1,1*10 <sup>-6</sup> | 1,2543  | 37628                               | 0,007                       | 0,0002121                |
|                | Tubo da discesa a sotto scala        | 28  | 8                           | 1,10438889                   | 0,00107222 | 35                   | 33  | 1,1*10 <sup>-6</sup> | 1,2543  | 37628                               | 0,007                       | 0,0002121                |
|                | Curva sotto le scale                 | 29  | 0                           | 1,10438889                   | 0,00107222 | 35                   | 33  | 1,1*10 <sup>-6</sup> | 1,2543  | 37628                               | 0,007                       | 0,0002121                |
|                | Tubo da scala a zona macchina        | 30  | 5                           | 1,10438889                   | 0,00107222 | 35                   | 33  | 1,1*10 <sup>-6</sup> | 1,2543  | 37628                               | 0,007                       | 0,0002121                |
|                | Curva verso macchina                 | 31  | 0                           | 1,10438889                   | 0,00107222 | 35                   | 33  | 1,1*10 <sup>-6</sup> | 1,2543  | 37628                               | 0,007                       | 0,0002121                |
|                | Tubo d'allaccio                      | 32  | 1,5                         | 1,10438889                   | 0,00107222 | 35                   | 33  | 1,1*10 <sup>-6</sup> | 1,2543  | 37628                               | 0,007                       | 0,0002121                |
|                | Curva verso l'alto                   | 33  | 0                           | 1,10438889                   | 0,00107222 | 35                   | 33  | 1,1*10 <sup>-6</sup> | 1,2543  | 37628                               | 0,007                       | 0,0002121                |
|                | Tubo di allaccio                     | 34  | 0,2                         | 1,10438889                   | 0,00107222 | 35                   | 33  | 1,1*10 <sup>-6</sup> | 1,2543  | 37628                               | 0,007                       | 0,0002121                |
|                | Valvola d'intercettazione            | 35  | 0                           | 1,10438889                   | 0,00107222 | 35                   | 33  | 1,1*10 <sup>-6</sup> | 1,2543  | 37628                               | 0,007                       | 0,0002121                |
|                | Tubo d'allaccio e antivibrante       | 36  | 0,2                         | 1,10438889                   | 0,00107222 | 35                   | 33  | 1,1*10 <sup>-6</sup> | 1,2543  | 37628                               | 0,007                       | 0,0002121                |

Tabella 01. Elenco dei tratti e valori dei parametri di calcolo

È stato eseguito un calcolo iterativo fino ad ottenere l'uguaglianza dei due membri per risolvere la formula di Colebrook:

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log_{10} \left( \frac{2,51}{Re \sqrt{f}} + \frac{1}{3,71} \cdot \frac{\varepsilon}{D} \right)$$

Con:

- $f$ : fattore di attrito calcolato partendo dall'abaco di Moody con la formula di Colebrook
- $Re$ : numero di Reynolds
- $D$ : diametro interno delle tubazioni in m
- $\varepsilon$ : scabrezza assoluta

Soluzione iterativa con

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = x$$

Tenere presente che, in termini di nomenclatura dell'abaco di Moody,  $\lambda = f$ .

In figura 01 il valore di primo tentativo  $X_0$  calcolato come l'inverso della radice quadrata di 0,023.  $X_n$  è il valore ipotizzato  $X_{n+1}$  è il valore calcolato con il secondo membro della formula di Colebrook.

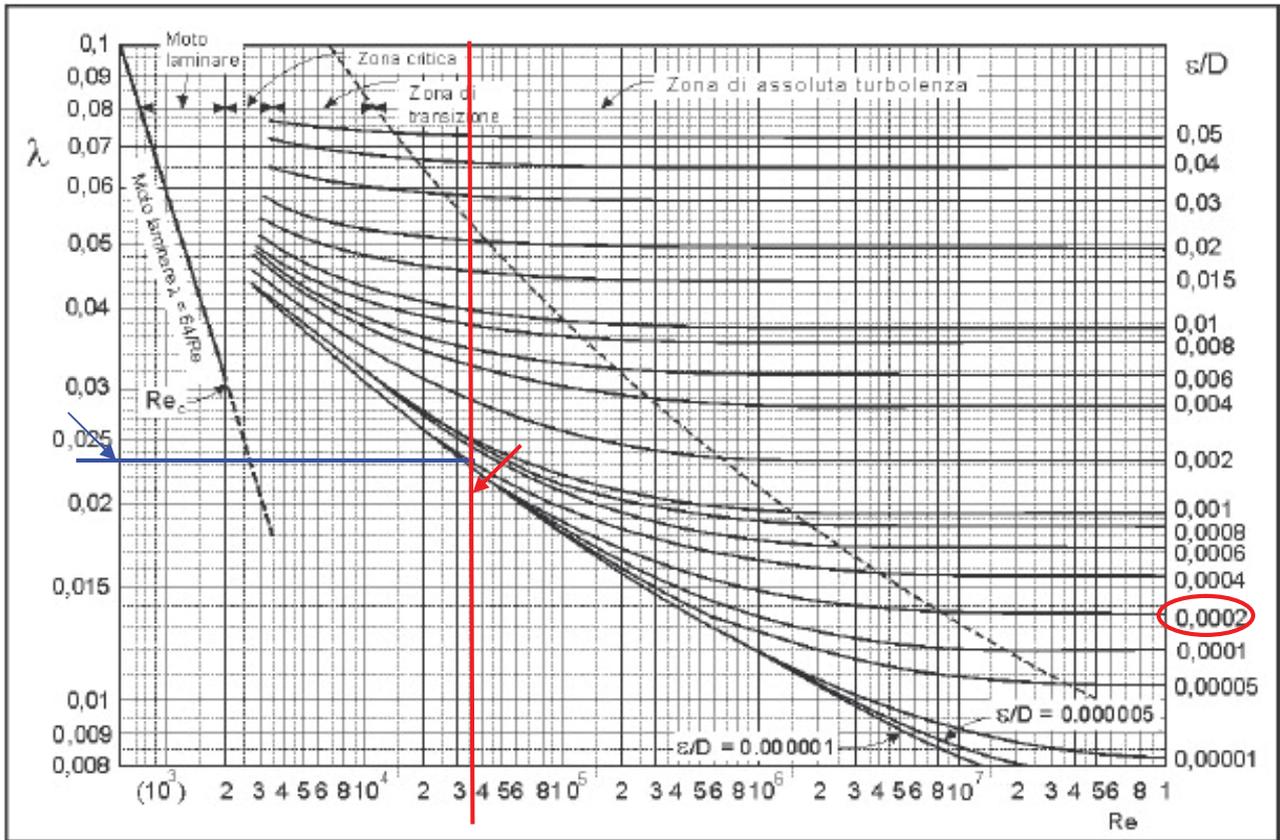


Figura 01. Ricerca del primo valore del fattore di Darcy da inserire nel calcolo iterativo

Il calcolo è stato fermato alla terza iterazione. Le cinque cifre dopo la virgola, del valore ipotizzato ( $x_n$ ) e di quello calcolato ( $x_{n+1}$ ), sono identiche come si nota in tabella.

Nella tabella che segue sono indicate le perdite di carico continue, si nota infatti che le righe con le denominazioni delle perdite accidentali hanno l'ultima colonna pari a zero.

La formula utilizzata per le perdite distribuite è:

$$\Delta p_{dis} = f \cdot \frac{L}{D} \cdot \rho \cdot \frac{u^2}{2} \quad (\text{Pa})$$

Con:

- $f$ : fattore di attrito calcolato partendo dall'abaco di Moody con la formula di Colebrook
- $L$ : lunghezza del tratto di tubazione in m
- $D$ : diametro interno delle tubazioni in m
- $\rho$ : densità del fluido in  $\text{kg/m}^3$  (valore utilizzato pari a  $1030 \text{ kg/m}^3$ )
- $u$ : velocità del fluido in m/s

|                |                                      | Moody di partenza $\lambda$ | CALCOLO DELLE PERDITE DISTRIBUITE |         |                 |         |               |         |             |                         |                      |
|----------------|--------------------------------------|-----------------------------|-----------------------------------|---------|-----------------|---------|---------------|---------|-------------|-------------------------|----------------------|
|                |                                      |                             | Prima iterata                     |         | Seconda iterata |         | Terza iterata |         | fattore $f$ | $\Delta_p$ unit. (Pa/m) | $\Delta_p$ dis. (Pa) |
|                |                                      |                             | $x_0$                             | $x_1$   | $x_1$           | $x_2$   | $x_2$         | $x_3$   |             |                         |                      |
| <b>mandate</b> | Tubo d'allaccio e antivibrante       | 0,023                       | 6,59380                           | 6,60725 | 6,60725         | 6,60568 | 6,60585       | 6,60585 | 0,0229      | 563                     | 113                  |
|                | Valvola d'intercettazione            | 0,023                       | 6,59380                           | 6,60725 | 6,60725         | 6,60568 | 6,60585       | 6,60585 | 0,0229      |                         |                      |
|                | Tubo di allaccio                     | 0,023                       | 6,59380                           | 6,60725 | 6,60725         | 6,60568 | 6,60585       | 6,60585 | 0,0229      | 563                     | 113                  |
|                | Curva verso il basso                 | 0,023                       | 6,59380                           | 6,60725 | 6,60725         | 6,60568 | 6,60585       | 6,60585 | 0,0229      |                         |                      |
|                | Tubo d'allaccio                      | 0,023                       | 6,59380                           | 6,60725 | 6,60725         | 6,60568 | 6,60585       | 6,60585 | 0,0229      | 563                     | 844                  |
|                | Curva verso scale                    | 0,023                       | 6,59380                           | 6,60725 | 6,60725         | 6,60568 | 6,60585       | 6,60585 | 0,0229      |                         |                      |
|                | Tubo da scala a zona macchina        | 0,023                       | 6,59380                           | 6,60725 | 6,60725         | 6,60568 | 6,60585       | 6,60585 | 0,0229      | 563                     | 2813                 |
|                | Curva sotto le scale                 | 0,023                       | 6,59380                           | 6,60725 | 6,60725         | 6,60568 | 6,60585       | 6,60585 | 0,0229      |                         |                      |
|                | Tubo da sotto le scale a salita      | 0,023                       | 6,59380                           | 6,60725 | 6,60725         | 6,60568 | 6,60585       | 6,60585 | 0,0229      | 563                     | 4501                 |
|                | Tee in punto di salita               | 0,023                       | 6,59380                           | 6,60725 | 6,60725         | 6,60568 | 6,60585       | 6,60585 | 0,0229      |                         |                      |
|                | Tubo di salita                       | 0,023                       | 6,59380                           | 6,60725 | 6,60725         | 6,60568 | 6,60585       | 6,60585 | 0,0229      | 563                     | 5064                 |
|                | Curva verso collettore in L. T.      | 0,023                       | 6,59380                           | 6,60725 | 6,60725         | 6,60568 | 6,60585       | 6,60585 | 0,0229      |                         |                      |
|                | Tubo verso collettore in L. T.       | 0,023                       | 6,59380                           | 6,60725 | 6,60725         | 6,60568 | 6,60585       | 6,60585 | 0,0229      | 563                     | 2250                 |
|                | Valvola d'intercettazione            | 0,023                       | 6,59380                           | 6,60725 | 6,60725         | 6,60568 | 6,60585       | 6,60585 | 0,0229      |                         |                      |
|                | Tubo di allaccio                     | 0,023                       | 6,59380                           | 6,60725 | 6,60725         | 6,60568 | 6,60585       | 6,60585 | 0,0229      | 563                     | 113                  |
|                | Tee allaccio a tubi collettore       | 0,023                       | 6,59380                           | 6,60725 | 6,60725         | 6,60568 | 6,60585       | 6,60585 | 0,0229      |                         |                      |
|                | Tubo di allaccio                     | 0,023                       | 6,59380                           | 6,60725 | 6,60725         | 6,60568 | 6,60585       | 6,60585 | 0,0229      | 563                     | 281                  |
|                | Collettore d'equil. assimilato a tee | 0,023                       | 6,59380                           | 6,60725 | 6,60725         | 6,60568 | 6,60585       | 6,60585 | 0,0229      |                         |                      |
| <b>ritorni</b> | Collettore d'equil. assimilato a tee | 0,023                       | 6,59380                           | 6,60725 | 6,60725         | 6,60568 | 6,60585       | 6,60585 | 0,0229      |                         |                      |
|                | Tubo di allaccio                     | 0,023                       | 6,59380                           | 6,60725 | 6,60725         | 6,60568 | 6,60585       | 6,60585 | 0,0229      | 563                     | 281                  |
|                | Tee allaccio a tubi collettore       | 0,023                       | 6,59380                           | 6,60725 | 6,60725         | 6,60568 | 6,60585       | 6,60585 | 0,0229      |                         |                      |
|                | Tubo di allaccio                     | 0,023                       | 6,59380                           | 6,60725 | 6,60725         | 6,60568 | 6,60585       | 6,60585 | 0,0229      | 563                     | 113                  |
|                | Valvola d'intercettazione            | 0,023                       | 6,59380                           | 6,60725 | 6,60725         | 6,60568 | 6,60585       | 6,60585 | 0,0229      |                         |                      |
|                | Tubo verso discesa                   | 0,023                       | 6,59380                           | 6,60725 | 6,60725         | 6,60568 | 6,60585       | 6,60585 | 0,0229      | 563                     | 2250                 |
|                | Curva di discesa                     | 0,023                       | 6,59380                           | 6,60725 | 6,60725         | 6,60568 | 6,60585       | 6,60585 | 0,0229      |                         |                      |
|                | Tubo di discesa                      | 0,023                       | 6,59380                           | 6,60725 | 6,60725         | 6,60568 | 6,60585       | 6,60585 | 0,0229      | 563                     | 5064                 |
|                | Tee punto di discesa a pav.          | 0,023                       | 6,59380                           | 6,60725 | 6,60725         | 6,60568 | 6,60585       | 6,60585 | 0,0229      |                         |                      |
|                | Tubo da discesa a sotto scala        | 0,023                       | 6,59380                           | 6,60725 | 6,60725         | 6,60568 | 6,60585       | 6,60585 | 0,0229      | 563                     | 4501                 |
|                | Curva sotto le scale                 | 0,023                       | 6,59380                           | 6,60725 | 6,60725         | 6,60568 | 6,60585       | 6,60585 | 0,0229      |                         |                      |
|                | Tubo da scala a zona macchina        | 0,023                       | 6,59380                           | 6,60725 | 6,60725         | 6,60568 | 6,60585       | 6,60585 | 0,0229      | 563                     | 2813                 |
|                | Curva verso macchina                 | 0,023                       | 6,59380                           | 6,60725 | 6,60725         | 6,60568 | 6,60585       | 6,60585 | 0,0229      |                         |                      |
|                | Tubo d'allaccio                      | 0,023                       | 6,59380                           | 6,60725 | 6,60725         | 6,60568 | 6,60585       | 6,60585 | 0,0229      | 563                     | 844                  |
|                | Curva verso l'alto                   | 0,023                       | 6,59380                           | 6,60725 | 6,60725         | 6,60568 | 6,60585       | 6,60585 | 0,0229      |                         |                      |
|                | Tubo di allaccio                     | 0,023                       | 6,59380                           | 6,60725 | 6,60725         | 6,60568 | 6,60585       | 6,60585 | 0,0229      | 563                     | 113                  |
|                | Valvola d'intercettazione            | 0,023                       | 6,59380                           | 6,60725 | 6,60725         | 6,60568 | 6,60585       | 6,60585 | 0,0229      |                         |                      |
|                | Tubo d'allaccio e antivibrante       | 0,023                       | 6,59380                           | 6,60725 | 6,60725         | 6,60568 | 6,60585       | 6,60585 | 0,0229      | 563                     | 113                  |

Tabella 02. Ricerca del valore del fattore  $f(o \lambda)$  e perdite di carico continue

### 01.03. Calcolo delle perdite accidentali

Le perdite accidentali (o concentrate o localizzate) sono state calcolate in base alle accidentalità create o volute nel circuito. Il calcolo dei valori di tali perdite è stato eseguito con la formula:

$$\Delta p_{con} = \zeta \cdot \rho \cdot \frac{u^2}{2} \quad (\text{Pa})$$

Con<sup>2</sup>:

ζ: 0,2 per le valvole di intercettazione a passaggio totale

ζ: 2 per le valvole di non ritorno

ζ: 1,5 per i gomiti

ζ: 1 per le curve

ζ: 1 per gli "T"

Il calcolo è illustrato in tabella.

|                | Saracinesca a passaggio totale ζ | Δp (Pa) | Valvole non ritorno ζ | Δp (Pa) | Gomiti ζ | Δp (Pa) | Curve ζ | Δp (Pa) | TEE ζ | Δp (Pa) | Δp (Pa) totale |
|----------------|----------------------------------|---------|-----------------------|---------|----------|---------|---------|---------|-------|---------|----------------|
|                | 0,2                              |         | 2                     |         | 1,5      |         | 1       |         | 1     |         |                |
| <b>mandate</b> | Tubo d'allaccio e antivibrante   | 0       | 0                     | 0       | 0        | 0       | 0       | 0       | 0     | 0       | 0              |
|                | Valvola d'intercettazione        | 1       | 162                   | 0       | 0        | 0       | 0       | 0       | 0     | 0       | 162            |
|                | Tubo di allaccio                 | 0       | 0                     | 0       | 0        | 0       | 0       | 0       | 0     | 0       | 0              |
|                | Curva verso il basso             | 0       | 0                     | 0       | 0        | 0       | 1       | 810     | 0     | 0       | 810            |
|                | Tubo d'allaccio                  | 0       | 0                     | 0       | 0        | 0       | 0       | 0       | 0     | 0       | 0              |
|                | Curva verso scale                | 0       | 0                     | 0       | 0        | 0       | 1       | 810     | 0     | 0       | 810            |
|                | Tubo da scala a zona macchina    | 0       | 0                     | 0       | 0        | 0       | 0       | 0       | 0     | 0       | 0              |
|                | Curva sotto le scale             | 0       | 0                     | 0       | 0        | 0       | 1       | 810     | 0     | 0       | 810            |
|                | Tubo da sotto le scale a salita  | 0       | 0                     | 0       | 0        | 0       | 0       | 0       | 0     | 0       | 0              |
|                | Tee in punto di salita           | 0       | 0                     | 0       | 0        | 0       | 0       | 0       | 1     | 810     | 810            |
|                | Tubo di salita                   | 0       | 0                     | 0       | 0        | 0       | 0       | 0       | 0     | 0       | 0              |
|                | Curva verso collettore in L. T.  | 0       | 0                     | 0       | 0        | 0       | 1       | 810     | 0     | 0       | 810            |
|                | Tubo verso collettore in L. T.   | 0       | 0                     | 0       | 0        | 0       | 0       | 0       | 0     | 0       | 0              |
|                | Valvola d'intercettazione        | 1       | 162                   | 0       | 0        | 0       | 0       | 0       | 0     | 0       | 162            |
|                | Tubo di allaccio                 | 0       | 0                     | 0       | 0        | 0       | 0       | 0       | 0     | 0       | 0              |
|                | Tee allaccio a tubi collettore   | 0       | 0                     | 0       | 0        | 0       | 0       | 0       | 1     | 810     | 810            |
|                | Tubo di allaccio                 | 0       | 0                     | 0       | 0        | 0       | 0       | 0       | 0     | 0       | 0              |
|                | Dosgiuntore assimilato a tee     | 0       | 0                     | 0       | 0        | 0       | 0       | 0       | 1     | 810     | 810            |
| <b>ritorni</b> | Disgiuntore assimilato a tee     | 0       | 0                     | 0       | 0        | 0       | 0       | 0       | 1     | 810     | 810            |
|                | Tubo di allaccio                 | 0       | 0                     | 0       | 0        | 0       | 0       | 0       | 0     | 0       | 0              |
|                | Tee allaccio a tubi collettore   | 0       | 0                     | 0       | 0        | 0       | 0       | 0       | 1     | 810     | 810            |
|                | Tubo di allaccio                 | 0       | 0                     | 0       | 0        | 0       | 0       | 0       | 0     | 0       | 0              |
|                | Valvola d'intercettazione        | 1       | 162                   | 0       | 0        | 0       | 0       | 0       | 0     | 0       | 162            |
|                | Tubo verso discesa               | 0       | 0                     | 0       | 0        | 0       | 0       | 0       | 0     | 0       | 0              |
|                | Curva di discesa                 | 0       | 0                     | 0       | 0        | 0       | 1       | 810     | 0     | 0       | 810            |
|                | Tubo di discesa                  | 0       | 0                     | 0       | 0        | 0       | 0       | 0       | 0     | 0       | 0              |
|                | Tee punto di discesa a pav.      | 0       | 0                     | 0       | 0        | 0       | 0       | 0       | 1     | 810     | 810            |
|                | Tubo da discesa a sotto scala    | 0       | 0                     | 0       | 0        | 0       | 0       | 0       | 0     | 0       | 0              |
|                | Curva sotto le scale             | 0       | 0                     | 0       | 0        | 0       | 1       | 810     | 0     | 0       | 810            |
|                | Tubo da scala a zona macchina    | 0       | 0                     | 0       | 0        | 0       | 0       | 0       | 0     | 0       | 0              |
|                | Curva verso macchina             | 0       | 0                     | 0       | 0        | 0       | 1       | 810     | 0     | 0       | 810            |
|                | Tubo d'allaccio                  | 0       | 0                     | 0       | 0        | 0       | 0       | 0       | 0     | 0       | 0              |
|                | Curva verso l'alto               | 0       | 0                     | 0       | 0        | 0       | 1       | 810     | 0     | 0       | 810            |
|                | Tubo di allaccio                 | 0       | 0                     | 0       | 0        | 0       | 0       | 0       | 0     | 0       | 0              |
|                | Valvola d'intercettazione        | 1       | 162                   | 0       | 0        | 0       | 0       | 0       | 0     | 0       | 162            |
|                | Tubo d'allaccio e antivibrante   | 0       | 0                     | 0       | 0        | 0       | 0       | 0       | 0     | 0       | 0              |

Tabella 03. Perdite di carico accidentali

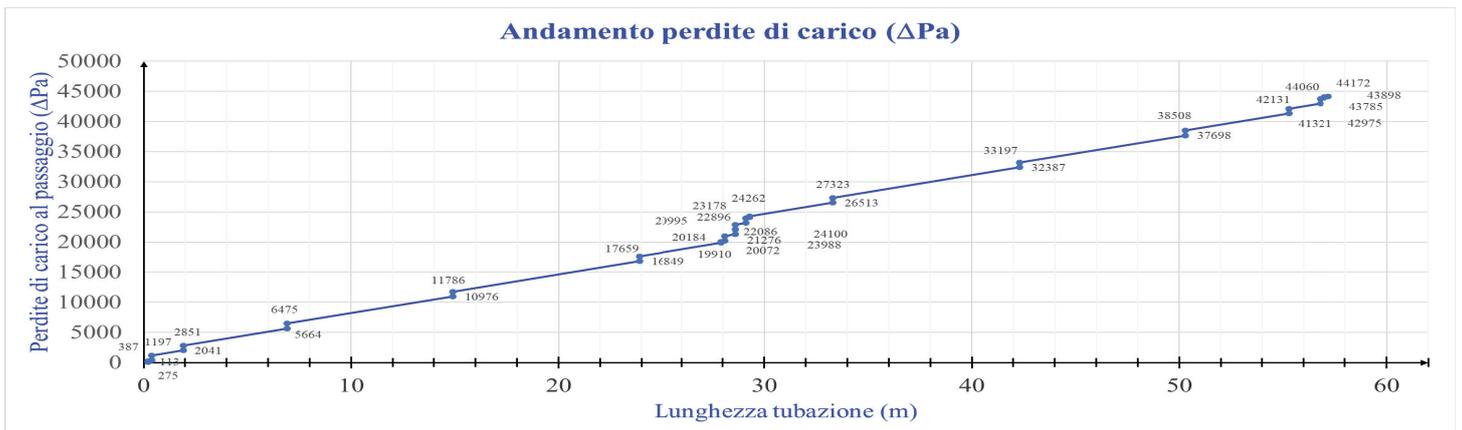
<sup>2</sup> Fonte. Volume, della serie Quaderni Caleffi, "Tabelle e diagrammi perdite di carico acqua", Marco e Mario Doninelli p. 46-1 e 46-2.

Infine sono stati raccolti i dati delle perdite distribuite (grassetto **nero**) e localizzate (grassetto **blu**) illustrate in tabella.

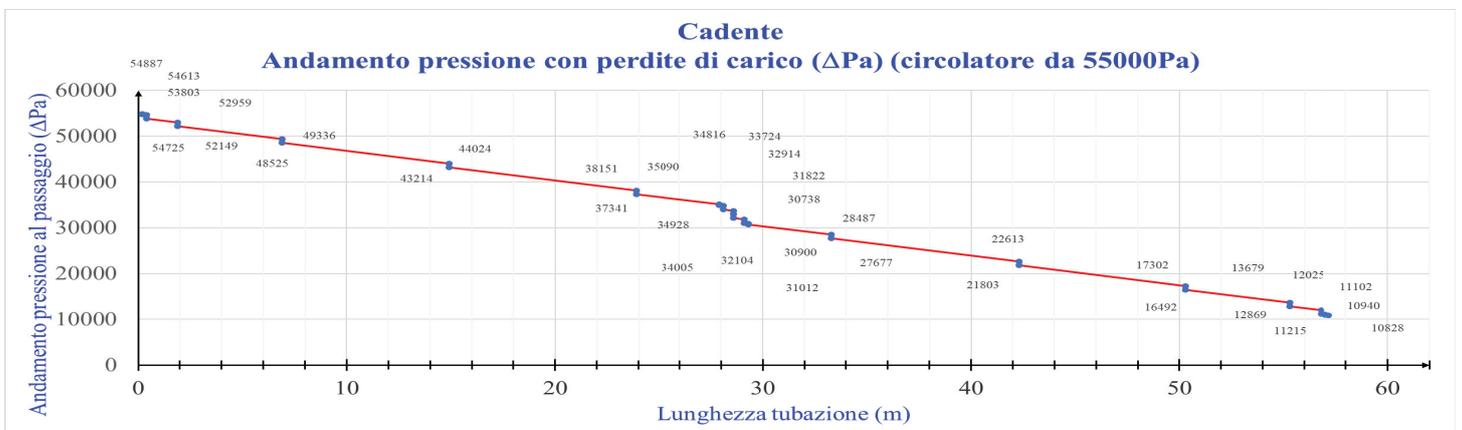
| <b>Riepilogo resistenze al passaggio</b> |                                      |                        |                          |                                   |
|--|--------------------------------------|------------------------|--------------------------|-----------------------------------|
|  | <b>Denominazione tratto</b>          | <b>Specifiche (Pa)</b> | <b>Incrementali (Pa)</b> | <b>Lunghezza incrementale (m)</b> |
| <b>mandate</b>                           | Tubo d'allaccio e antivibrante       | <b>113</b>             | <b>113</b>               | 0,2                               |
|  | Valvola d'intercettazione            | <b>162</b>             | <b>275</b>               | 0,2                               |
|  | Tubo di allaccio                     | <b>113</b>             | <b>387</b>               | 0,4                               |
|  | Curva verso il basso                 | <b>810</b>             | <b>1197</b>              | 0,4                               |
|  | Tubo d'allaccio                      | <b>844</b>             | <b>2041</b>              | 1,9                               |
|  | Curva verso scale                    | <b>810</b>             | <b>2851</b>              | 1,9                               |
|  | Tubo da scala a zona macchina        | <b>2813</b>            | <b>5664</b>              | 6,9                               |
|  | Curva sotto le scale                 | <b>810</b>             | <b>6475</b>              | 6,9                               |
|  | Tubo da sotto le scale a salita      | <b>4501</b>            | <b>10976</b>             | 14,9                              |
|  | Tee in punto di salita               | <b>810</b>             | <b>11786</b>             | 14,9                              |
|  | Tubo di salita                       | <b>5064</b>            | <b>16849</b>             | 23,9                              |
|  | Curva verso collettore in L. T.      | <b>810</b>             | <b>17659</b>             | 23,9                              |
|  | Tubo verso collettore in L. T.       | <b>2250</b>            | <b>19910</b>             | 27,9                              |
|  | Valvola d'intercettazione            | <b>162</b>             | <b>20072</b>             | 27,9                              |
|  | Tubo di allaccio                     | <b>113</b>             | <b>20184</b>             | 28,1                              |
|  | Tee allaccio a tubi collettore       | <b>810</b>             | <b>20995</b>             | 28,1                              |
|  | Tubo di allaccio                     | <b>281</b>             | <b>21276</b>             | 28,6                              |
|  | Collettore d'equil. assimilato a tee | <b>810</b>             | <b>22086</b>             | 28,6                              |
| <b>ritorni</b>                           | Collettore d'equil. assimilato a tee | <b>810</b>             | <b>22896</b>             | 28,6                              |
|  | Tubo di allaccio                     | <b>281</b>             | <b>23178</b>             | 29,1                              |
|  | Tee allaccio a tubi collettore       | <b>810</b>             | <b>23988</b>             | 29,1                              |
|  | Tubo di allaccio                     | <b>113</b>             | <b>24100</b>             | 29,3                              |
|  | Valvola d'intercettazione            | <b>162</b>             | <b>24262</b>             | 29,3                              |
|  | Tubo verso discesa                   | <b>2250</b>            | <b>26513</b>             | 33,3                              |
|  | Curva di discesa                     | <b>810</b>             | <b>27323</b>             | 33,3                              |
|  | Tubo di discesa                      | <b>5064</b>            | <b>32387</b>             | 42,3                              |
|  | Tee punto di discesa a pav.          | <b>810</b>             | <b>33197</b>             | 42,3                              |
|  | Tubo da discesa a sotto scala        | <b>4501</b>            | <b>37698</b>             | 50,3                              |
|  | Curva sotto le scale                 | <b>810</b>             | <b>38508</b>             | 50,3                              |
|  | Tubo da scala a zona macchina        | <b>2813</b>            | <b>41321</b>             | 55,3                              |
|  | Curva verso macchina                 | <b>810</b>             | <b>42131</b>             | 55,3                              |
|  | Tubo d'allaccio                      | <b>844</b>             | <b>42975</b>             | 56,8                              |
|  | Curva verso l'alto                   | <b>810</b>             | <b>43785</b>             | 56,8                              |
|  | Tubo di allaccio                     | <b>113</b>             | <b>43898</b>             | 57                                |
|  | Valvola d'intercettazione            | <b>162</b>             | <b>44060</b>             | 57                                |
|  | Tubo d'allaccio e antivibrante       | <b>113</b>             | <b>44172</b>             | 57,2                              |

**Tabella 04.** Perdite di carico distribuite e accidentali

Con le perdite distribuite, le perdite accidentali e lo sviluppo della tubazione è stato realizzato un digramma dell'andamento della perdita di carico al passaggio del fluido primario nella tubazione dorsale. Si riporta qui di seguito il diagramma. Stabilite le perdite di carico è stato realizzato il diagramma dell'adamento della pressione nel circuito ipotizzando un circolatore con prevalenza pari a 55000Pa e portata nominale pari a 3860 l/h.



**Diagramma 1.** Andamento delle perdite di carico al passaggio del fluido lungo tutta la tubazione di andata e ritorno



**Diagramma 2.** Andamento della pressione (cadente). Perdite di carico.

#### *01.04. Scelta del circolatore del primario.*

Il circolatore della pompa di calore dovrà avere almeno prevalenza pari a 55kPa tenendo conto dei margini di sicurezza sempre necessari per le incertezze del calcolo, dei percorsi in fase di cantiere che potrebbero essere cambiati per esigenze tecniche specifiche e impreviste, della vecchiaia delle tubazioni con conseguente sporcizia e di ogni eventuale imprevisto non considerato nel calcolo.

Le macchine in commercio con la potenza di progetto indicata e in configurazione con accumulo e circolatore, hanno circolatori in grado di soddisfare l'esigenza indicata con prevalenza residua, cioè disponibile e al netto della perdita di carico della pompa di calore stessa, ben oltre i valori di perdita di carico calcolati.

## 02. Dimensionamento del circuito idraulico secondario.

### 02.01. Portate, diametri e velocità

Le stesse considerazioni relative al calcolo precedente possono essere fatte in merito al circuito secondario in termini generali. In particolare però si aggiunge che per il calcolo è stata considerata l'utenza più sfavorita e, come tale, è stato preso il ventil convettore a ridosso della pompa di calore esterna.

Per il calcolo delle perdite di carico è stato percorso tutto il tratto di tubazione di andata e ritorno con i rispettivi diametri e le rispettive portate e, di volta in volta sono stati calcolati il numero di Reynolds e la scabrezza relativa per entrare nel diagramma di Moody e scegliere il valore di  $\lambda$  ( $\alpha f$ ) da inserire nel calcolo come prima ipotesi iterativa. Tutti i dati delle perdite accidentali sono desumibili in letteratura come indicato precedentemente. Il valore della perdita di carico del ventil convettore è stato dedotto dalla scheda tecnica.

|                | Tratto o punto                               | Lunghezza (m)<br>(se perdita concentrata L=0) | Potenza ai ventil (kW) | Densità (kg/m <sup>3</sup> )         |                                      | DN         | D <sub>in</sub> (mm) | v<br>viscosità cinematica (m <sup>2</sup> /s) | Velocità (m/s)       | # di Re | Scabrezza rame           |                       |           |
|----------------|--|---|------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|------------|----------------------|---|----------------------|---------|--------------------------|-----------------------|-----------|
|                |  |   |                        | 1030                                 |                                      |            |                      |   |                      |         | assoluta $\epsilon$ (mm) | relativa $\epsilon/D$ |           |
|                |  |   |                        | Portata (VOLUMICA) m <sup>3</sup> /h | Portata (VOLUMICA) m <sup>3</sup> /s |            |                      |   |                      |         |                          |                       |           |
| <b>mandate</b> | Uscita circolatore                           | 1   | 0,2                    | 32,08                                | 5,51776000                           | 0,00153271 | 35                   | 33  | 1,1*10 <sup>-6</sup> | 1,7929  | 53788                    | 0,007                 | 0,0002121 |
|                | Valvola d'intercettazione tubo verso discesa | 2   | 0                      | 32,08                                | 5,51776000                           | 0,00153271 | 35                   | 33  | 1,1*10 <sup>-6</sup> | 1,7929  | 53788                    | 0,007                 | 0,0002121 |
|                | Tee di allaccio sala grande                  | 3   | 0,2                    | 32,08                                | 5,51776000                           | 0,00153271 | 35                   | 33  | 1,1*10 <sup>-6</sup> | 1,7929  | 53788                    | 0,007                 | 0,0002121 |
|                | Ramo verso discesa                           | 4   | 0                      | 32,08                                | 5,51776000                           | 0,00153271 | 35                   | 33  | 1,1*10 <sup>-6</sup> | 1,7929  | 53788                    | 0,007                 | 0,0002121 |
|                | Curva  | 5   | 2,5                    | 14,4                                 | 2,47680000                           | 0,00068800 | 35                   | 33  | 1,1*10 <sup>-6</sup> | 0,8048  | 24144                    | 0,007                 | 0,0002121 |
|                | Discesa                                      | 6   | 0                      | 14,4                                 | 2,47680000                           | 0,00068800 | 35                   | 33  | 1,1*10 <sup>-6</sup> | 0,8048  | 24144                    | 0,007                 | 0,0002121 |
|                | Tee stacco 1                                 | 7   | 3,2                    | 14,4                                 | 2,47680000                           | 0,00068800 | 35                   | 33  | 1,1*10 <sup>-6</sup> | 0,8048  | 24144                    | 0,007                 | 0,0002121 |
|                | Tee stacco 2                                 | 8   | 0                      | 14,4                                 | 2,47680000                           | 0,00068800 | 35                   | 33  | 1,1*10 <sup>-6</sup> | 0,8048  | 24144                    | 0,007                 | 0,0002121 |
|                | Discesa al livello soppalco                  | 9   | 0                      | 14,4                                 | 2,47680000                           | 0,00068800 | 35                   | 33  | 1,1*10 <sup>-6</sup> | 0,8048  | 24144                    | 0,007                 | 0,0002121 |
|                | Tee stacco                                   | 10  | 2,6                    | 8,12                                 | 1,39664000                           | 0,00038796 | 35                   | 33  | 1,1*10 <sup>-6</sup> | 0,4538  | 13615                    | 0,007                 | 0,0002121 |
|                | Discesa p. t                                 | 11  | 0                      | 8,12                                 | 1,39664000                           | 0,00038796 | 35                   | 33  | 1,1*10 <sup>-6</sup> | 0,4538  | 13615                    | 0,007                 | 0,0002121 |
|                | Tee stacco 1                                 | 12  | 3                      | 6,28                                 | 1,08016000                           | 0,00030004 | 35                   | 33  | 1,1*10 <sup>-6</sup> | 0,3510  | 10530                    | 0,007                 | 0,0002121 |
|                | Tee stacco 2                                 | 13  | 0                      | 6,28                                 | 1,08016000                           | 0,00030004 | 35                   | 33  | 1,1*10 <sup>-6</sup> | 0,3510  | 10530                    | 0,007                 | 0,0002121 |
|                | Tubo verso ventil c/o p.d.c.                 | 14  | 0                      | 6,28                                 | 1,08016000                           | 0,00030004 | 35                   | 33  | 1,1*10 <sup>-6</sup> | 0,3510  | 10530                    | 0,007                 | 0,0002121 |
|                | Curva tubo                                   | 15  | 5,5                    | 2,78                                 | 0,47816000                           | 0,00013282 | 18                   | 16  | 1,1*10 <sup>-6</sup> | 0,6609  | 9614                     | 0,007                 | 0,0004375 |
|                | Valvola apparecchio                          | 16  | 0                      | 2,78                                 | 0,47816000                           | 0,00013282 | 18                   | 16  | 1,1*10 <sup>-6</sup> | 0,6609  | 9614                     | 0,007                 | 0,0004375 |
|                |  | 17  | 8,5                    | 2,78                                 | 0,47816000                           | 0,00013282 | 18                   | 16  | 1,1*10 <sup>-6</sup> | 0,6609  | 9614                     | 0,007                 | 0,0004375 |
|                |  | 18  | 0                      | 2,78                                 | 0,47816000                           | 0,00013282 | 18                   | 16  | 1,1*10 <sup>-6</sup> | 0,6609  | 9614                     | 0,007                 | 0,0004375 |
| <b>ritorni</b> | Ventil                                       | 19  |                        |                                      |                                      |            |                      |   |                      |         |                          |                       |           |
|                | Detentore apparecchio tubo                   | 18  | 0                      | 2,78                                 | 0,47816000                           | 0,00013282 | 18                   | 16  | 1,1*10 <sup>-6</sup> | 0,6609  | 9614                     | 0,007                 | 0,0004375 |
|                | Curva tubo                                   | 17  | 8,5                    | 2,78                                 | 0,47816000                           | 0,00013282 | 18                   | 16  | 1,1*10 <sup>-6</sup> | 0,6609  | 9614                     | 0,007                 | 0,0004375 |
|                | Tee stacco 2                                 | 16  | 0                      | 2,78                                 | 0,47816000                           | 0,00013282 | 18                   | 16  | 1,1*10 <sup>-6</sup> | 0,6609  | 9614                     | 0,007                 | 0,0004375 |
|                | Tee stacco 1                                 | 15  | 5,5                    | 2,78                                 | 0,47816000                           | 0,00013282 | 18                   | 16  | 1,1*10 <sup>-6</sup> | 0,6609  | 9614                     | 0,007                 | 0,0004375 |
|                | Salita                                       | 14  | 0                      | 6,28                                 | 1,08016000                           | 0,00030004 | 35                   | 33  | 1,1*10 <sup>-6</sup> | 0,3510  | 10530                    | 0,007                 | 0,0002121 |
|                | Salita                                       | 13  | 0                      | 6,28                                 | 1,08016000                           | 0,00030004 | 35                   | 33  | 1,1*10 <sup>-6</sup> | 0,3510  | 10530                    | 0,007                 | 0,0002121 |
|                | Salita                                       | 12  | 3                      | 6,28                                 | 1,08016000                           | 0,00030004 | 35                   | 33  | 1,1*10 <sup>-6</sup> | 0,3510  | 10530                    | 0,007                 | 0,0002121 |
|                | Salita                                       | 11  | 0                      | 8,12                                 | 1,39664000                           | 0,00038796 | 35                   | 33  | 1,1*10 <sup>-6</sup> | 0,4538  | 13615                    | 0,007                 | 0,0002121 |
|                | Salita                                       | 10  | 2,6                    | 8,12                                 | 1,39664000                           | 0,00038796 | 35                   | 33  | 1,1*10 <sup>-6</sup> | 0,4538  | 13615                    | 0,007                 | 0,0002121 |
|                | Salita                                       | 9   | 0                      | 14,4                                 | 2,47680000                           | 0,00068800 | 35                   | 33  | 1,1*10 <sup>-6</sup> | 0,8048  | 24144                    | 0,007                 | 0,0002121 |
|                | Salita                                       | 8   | 0                      | 14,4                                 | 2,47680000                           | 0,00068800 | 35                   | 33  | 1,1*10 <sup>-6</sup> | 0,8048  | 24144                    | 0,007                 | 0,0002121 |
|                | Salita                                       | 7   | 3,2                    | 14,4                                 | 2,47680000                           | 0,00068800 | 35                   | 33  | 1,1*10 <sup>-6</sup> | 0,8048  | 24144                    | 0,007                 | 0,0002121 |
|                | Salita                                       | 6   | 0                      | 14,4                                 | 2,47680000                           | 0,00068800 | 35                   | 33  | 1,1*10 <sup>-6</sup> | 0,8048  | 24144                    | 0,007                 | 0,0002121 |
|                | Salita                                       | 5   | 2,5                    | 14,4                                 | 2,47680000                           | 0,00068800 | 35                   | 33  | 1,1*10 <sup>-6</sup> | 0,8048  | 24144                    | 0,007                 | 0,0002121 |
|                | Salita                                       | 4   | 0                      | 32,08                                | 5,51776000                           | 0,00153271 | 35                   | 33  | 1,1*10 <sup>-6</sup> | 1,7929  | 53788                    | 0,007                 | 0,0002121 |
|                | Salita                                       | 3   | 1                      | 32,08                                | 5,51776000                           | 0,00153271 | 35                   | 33  | 1,1*10 <sup>-6</sup> | 1,7929  | 53788                    | 0,007                 | 0,0002121 |
|                | Salita                                       | 2   | 0                      | 32,08                                | 5,51776000                           | 0,00153271 | 35                   | 33  | 1,1*10 <sup>-6</sup> | 1,7929  | 53788                    | 0,007                 | 0,0002121 |
| Salita         | 1  | 0   | 32,08                  | 5,51776000                           | 0,00153271                           | 35         | 33                   | 1,1*10 <sup>-6</sup>                          | 1,7929               | 53788   | 0,007                    | 0,0002121             |           |
| Salita         | 0  | 0   | 32,08                  | 5,51776000                           | 0,00153271                           | 35         | 33                   | 1,1*10 <sup>-6</sup>                          | 1,7929               | 53788   | 0,007                    | 0,0002121             |           |
| Salita         | -1   | 0   | 32,08                  | 5,51776000                           | 0,00153271                           | 35         | 33                   | 1,1*10 <sup>-6</sup>                          | 1,7929               | 53788   | 0,007                    | 0,0002121             |           |
| Salita         | -2   | 0   | 32,08                  | 5,51776000                           | 0,00153271                           | 35         | 33                   | 1,1*10 <sup>-6</sup>                          | 1,7929               | 53788   | 0,007                    | 0,0002121             |           |
| Salita         | -3   | 0   | 32,08                  | 5,51776000                           | 0,00153271                           | 35         | 33                   | 1,1*10 <sup>-6</sup>                          | 1,7929               | 53788   | 0,007                    | 0,0002121             |           |
| Salita         | -4   | 0   | 32,08                  | 5,51776000                           | 0,00153271                           | 35         | 33                   | 1,1*10 <sup>-6</sup>                          | 1,7929               | 53788   | 0,007                    | 0,0002121             |           |
| Salita         | -5   | 0   | 32,08                  | 5,51776000                           | 0,00153271                           | 35         | 33                   | 1,1*10 <sup>-6</sup>                          | 1,7929               | 53788   | 0,007                    | 0,0002121             |           |
| Salita         | -6   | 0,5   | 32,08                  | 5,51776000                           | 0,00153271                           | 35         | 33                   | 1,1*10 <sup>-6</sup>                          | 1,7929               | 53788   | 0,007                    | 0,0002121             |           |

Tabella 05. Elenco dei tratti e valori dei parametri di calcolo del secondario divise per numero di Re

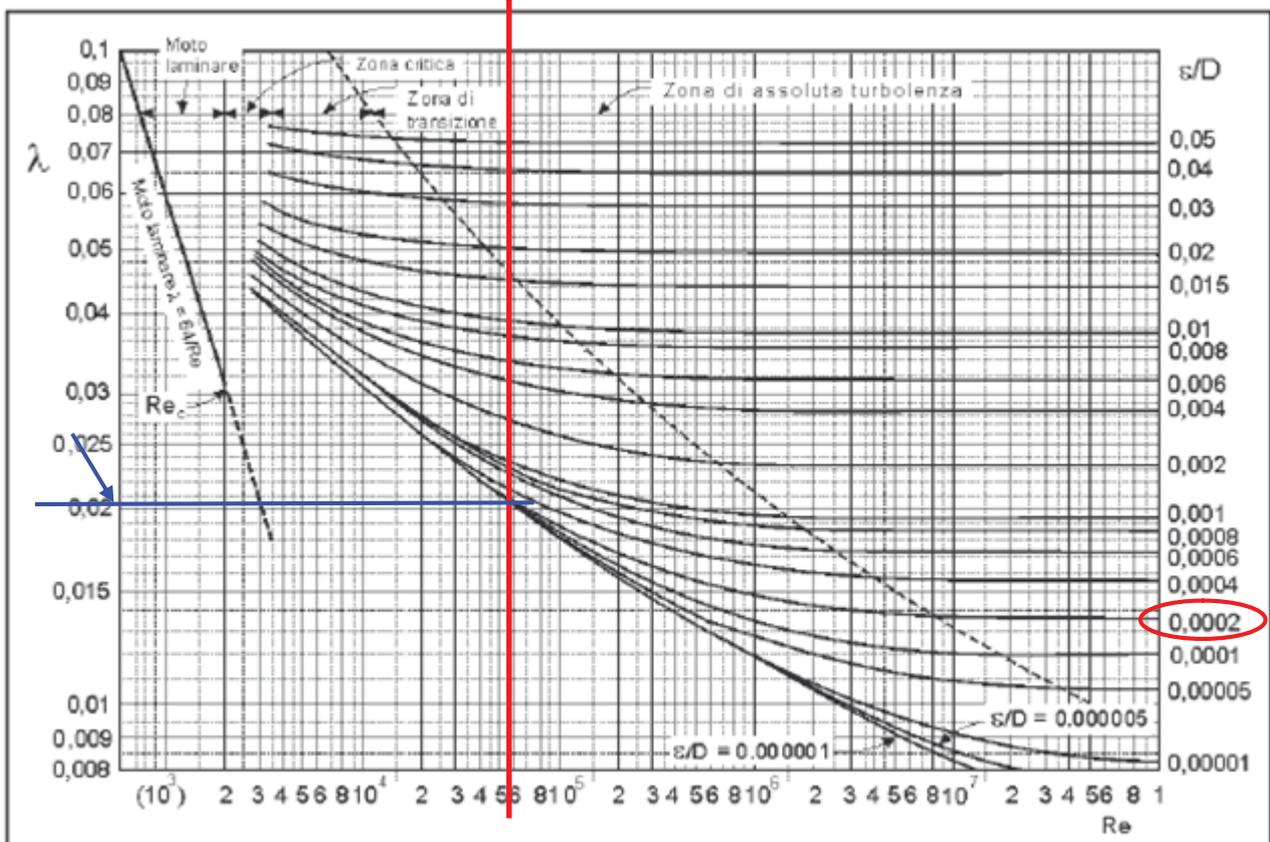


Figura 02. Ricerca del primo valore del fattore di Darcy da inserire nel calcolo iterativo per il tratto con  $Re=53788$ .

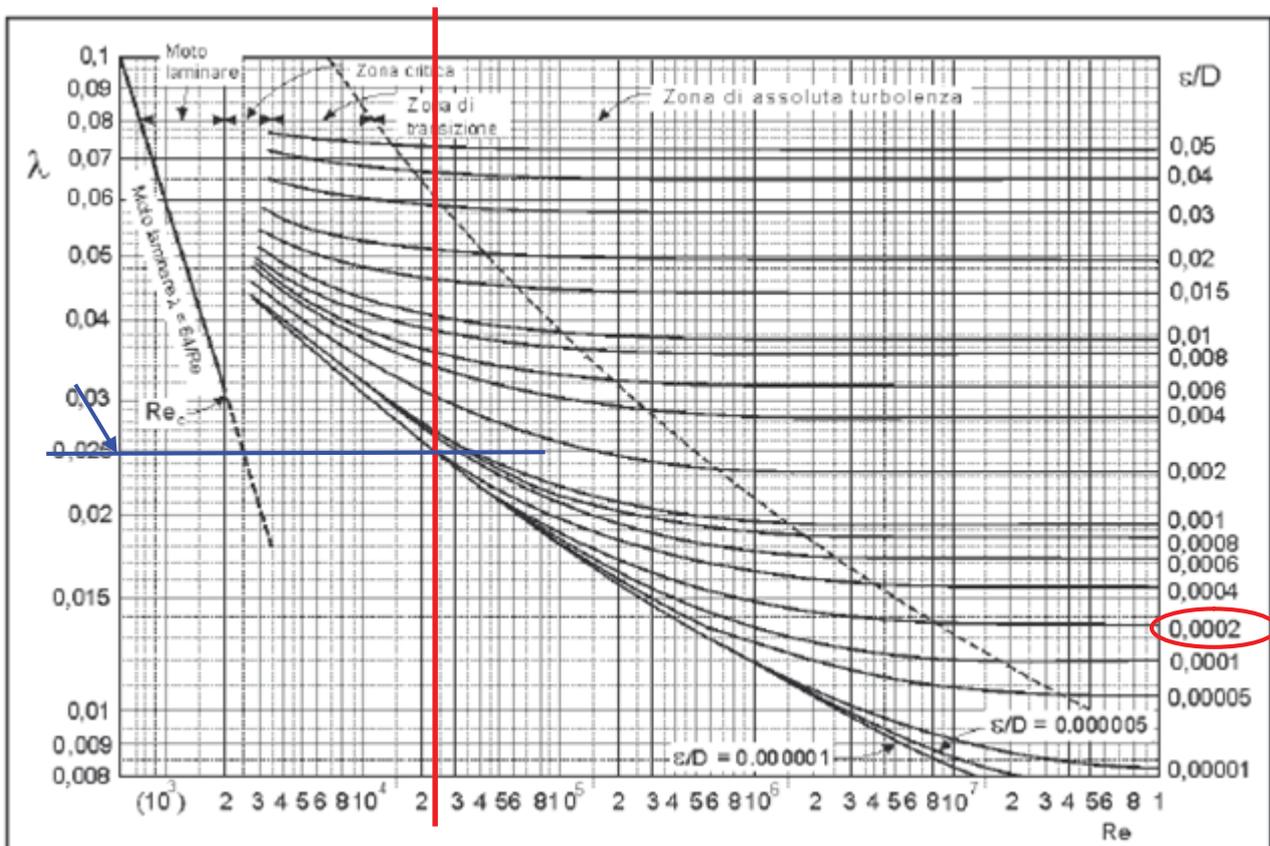


Figura 03. Ricerca del primo valore del fattore di Darcy da inserire nel calcolo iterativo per il tratto con  $Re=24144$ .

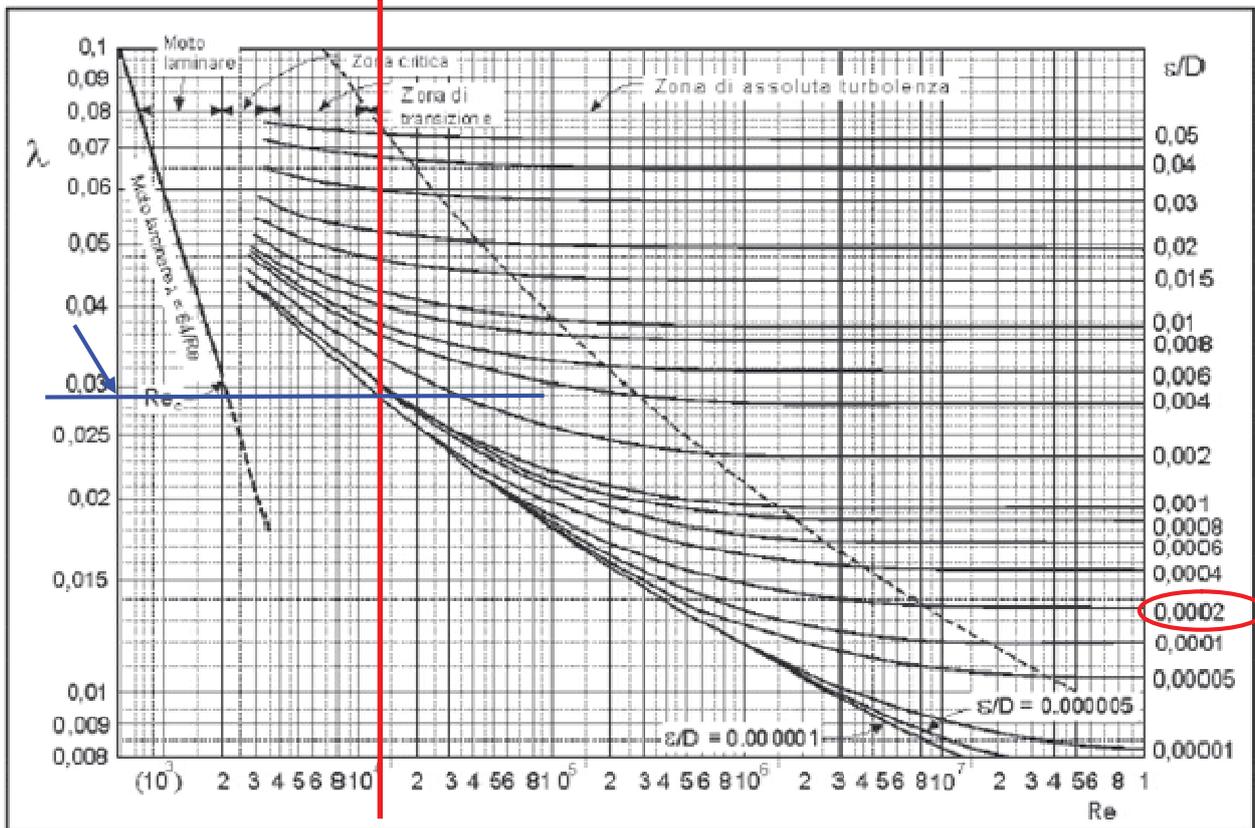


Figura 04. Ricerca del primo valore del fattore di Darcy da inserire nel calcolo iterativo per il tratto con  $Re=13615$ .

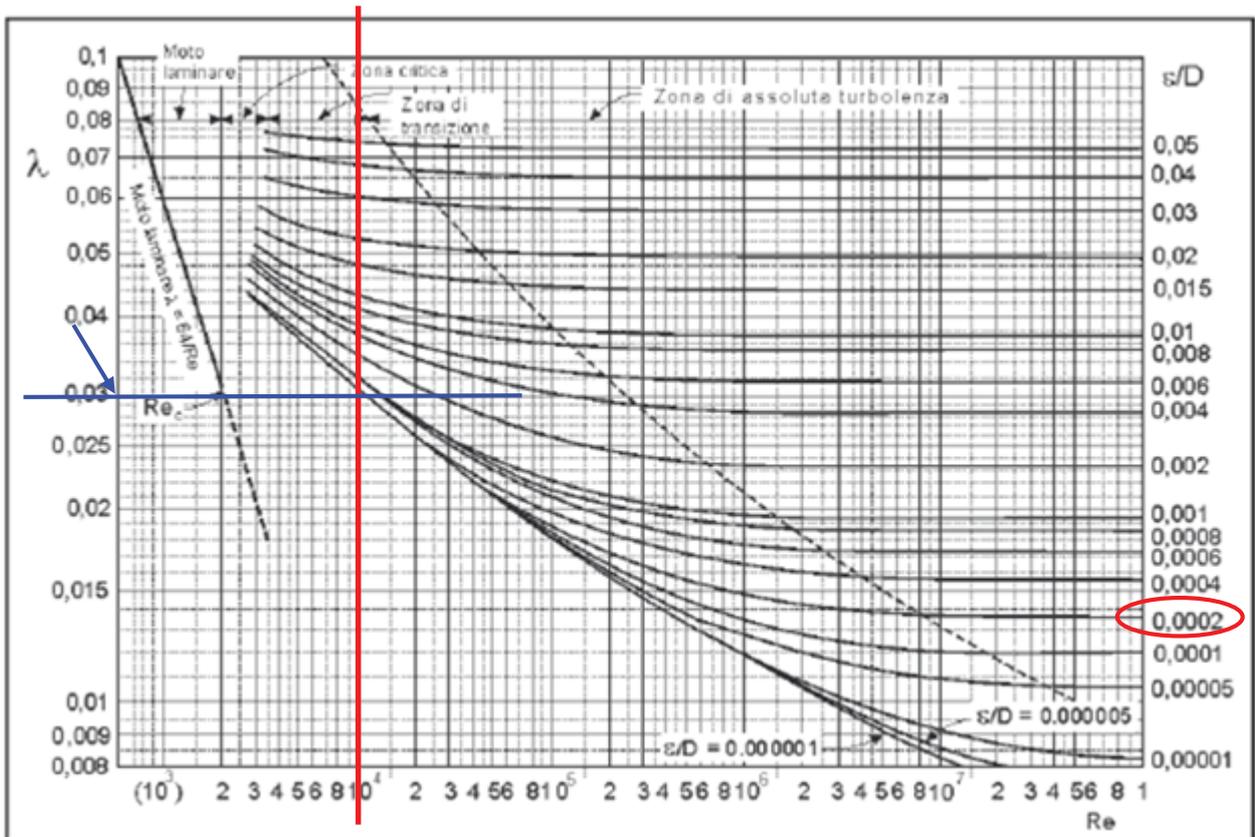


Figura 05. Ricerca del primo valore del fattore di Darcy da inserire nel calcolo iterativo per il tratto con  $Re=10530$ .

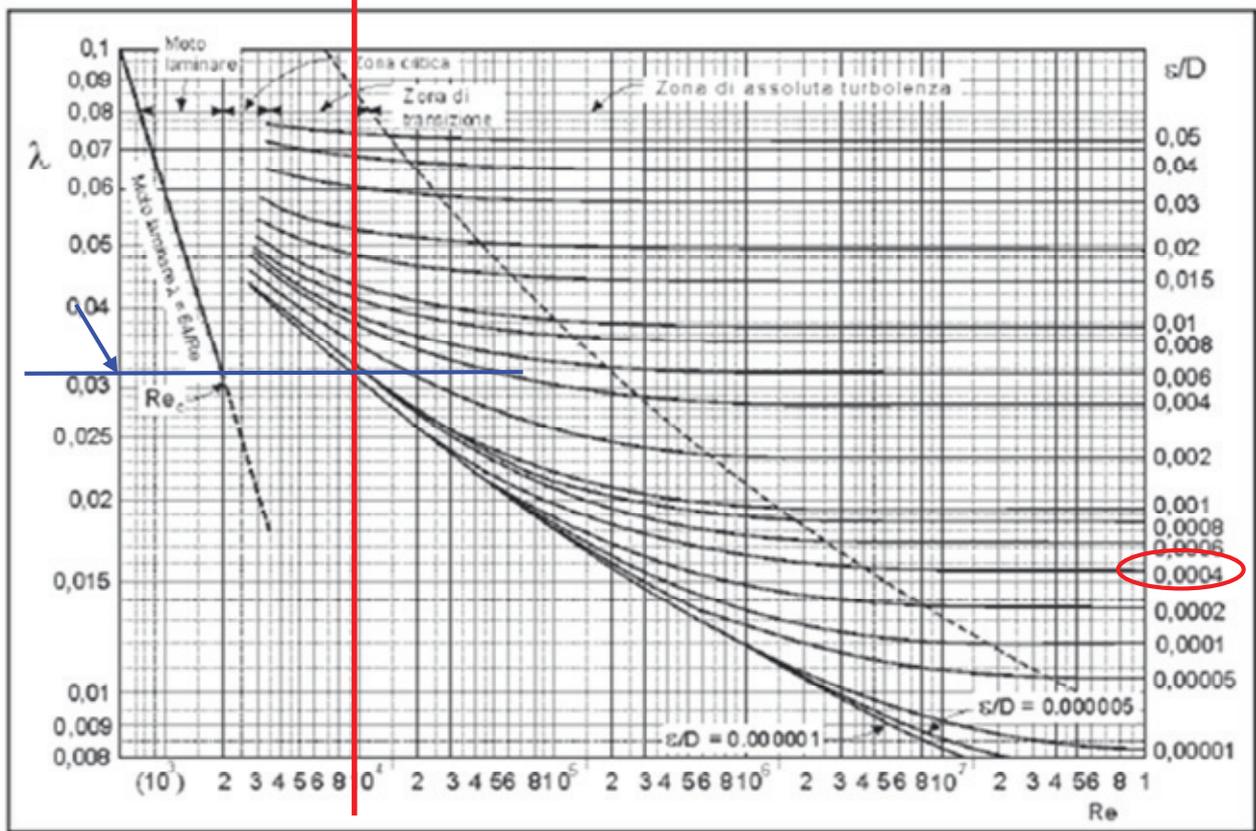


Figura 06. Ricerca del primo valore del fattore di Darcy da inserire nel calcolo iterativo per il tratto con  $Re=9614$ .

|                |                                | Moody di partenza $\lambda$ | CALCOLO DELLE PERDITE DISTRIBUITE |        |                 |        |               |        |             |                         |                      |
|----------------|--------------------------------|-----------------------------|-----------------------------------|--------|-----------------|--------|---------------|--------|-------------|-------------------------|----------------------|
|                |                                |                             | Prima iterata                     |        | Seconda iterata |        | Terza iterata |        | fattore $f$ | $\Delta p$ unit. (Pa/m) | $\Delta p$ dis. (Pa) |
|                |                                |                             | $x_0$                             | $x_1$  | $x_1$           | $x_2$  | $x_2$         | $x_3$  |             |                         |                      |
| <b>mandate</b> | Uscita circolatore             | 0,0208                      | 6,9338                            | 6,8387 | 6,8455          | 6,8482 | 6,8479        | 6,8479 | 0,0213      | 1070                    | 214                  |
|                | Valvola d'intercettazione      | 0,0208                      | 6,9338                            | 6,8387 | 6,8455          | 6,8482 | 6,8479        | 6,8479 | 0,0213      |                         |                      |
|                | tubo verso discesa             | 0,0208                      | 6,9338                            | 6,8387 | 6,8455          | 6,8482 | 6,8479        | 6,8479 | 0,0213      | 1070                    | 214                  |
|                | Tee di allaccio sala grande    | 0,0208                      | 6,9338                            | 6,8387 | 6,8455          | 6,8482 | 6,8479        | 6,8479 | 0,0213      |                         |                      |
|                | Ramo verso discesa             | 0,025                       | 6,3246                            | 6,2918 | 6,2918          | 6,2959 | 6,2955        | 6,2955 | 0,0252      | 255                     | 638                  |
|                | Curva                          | 0,025                       | 6,3246                            | 6,2918 | 6,2918          | 6,2959 | 6,2955        | 6,2955 | 0,0252      |                         |                      |
|                | Discesa                        | 0,025                       | 6,3246                            | 6,2918 | 6,2918          | 6,2959 | 6,2955        | 6,2955 | 0,0252      | 255                     | 816                  |
|                | Tee stacco 1                   | 0,025                       | 6,3246                            | 6,2918 | 6,2918          | 6,2959 | 6,2955        | 6,2955 | 0,0252      |                         |                      |
|                | Tee stacco 2                   | 0,025                       | 6,3246                            | 6,2918 | 6,2918          | 6,2959 | 6,2955        | 6,2955 | 0,0252      |                         |                      |
|                | Discesa al livello soppalco    | 0,029                       | 5,8722                            | 5,8864 | 5,8864          | 5,8844 | 5,8846        | 5,8846 | 0,0289      | 93                      | 241                  |
|                | Tee stacco                     | 0,029                       | 5,8722                            | 5,8864 | 5,8864          | 5,8844 | 5,8846        | 5,8846 | 0,0289      |                         |                      |
|                | Discesa p. t                   | 0,03                        | 5,7735                            | 5,6872 | 5,6872          | 5,6998 | 5,6982        | 5,6982 | 0,0308      | 59                      | 178                  |
|                | Tee stacco 1                   | 0,03                        | 5,7735                            | 5,6872 | 5,6872          | 5,6998 | 5,6982        | 5,6982 | 0,0308      |                         |                      |
|                | Tee stacco 2                   | 0,03                        | 5,7735                            | 5,6872 | 5,6872          | 5,6998 | 5,6982        | 5,6982 | 0,0308      |                         |                      |
|                | Tubo verso ventil c/o p.d.c.   | 0,032                       | 5,5902                            | 5,6041 | 5,6041          | 5,6021 | 5,6023        | 5,6023 | 0,0319      | 448                     | 2464                 |
|                | Curva                          | 0,032                       | 5,5902                            | 5,6041 | 5,6041          | 5,6021 | 5,6023        | 5,6023 | 0,0319      |                         |                      |
|                | tubo                           | 0,032                       | 5,5902                            | 5,6041 | 5,6041          | 5,6021 | 5,6023        | 5,6023 | 0,0319      | 448                     | 3808                 |
|                | Valvola apparecchio            | 0,032                       | 5,5902                            | 5,6041 | 5,6041          | 5,6021 | 5,6023        | 5,6023 | 0,0319      |                         |                      |
| <b>ritorni</b> | Ventil                         |                             |                                   |        |                 |        |               |        |             |                         |                      |
|                | Detentore apparecchio          | 0,032                       | 5,5902                            | 5,6041 | 5,6041          | 5,6021 | 5,6023        | 5,6023 | 0,0319      |                         |                      |
|                | tubo                           | 0,032                       | 5,5902                            | 5,6041 | 5,6041          | 5,6021 | 5,6023        | 5,6023 | 0,0319      | 448                     | 3808                 |
|                | Curva                          | 0,032                       | 5,5902                            | 5,6041 | 5,6041          | 5,6021 | 5,6023        | 5,6023 | 0,0319      |                         |                      |
|                | tubo                           | 0,032                       | 5,5902                            | 5,6041 | 5,6041          | 5,6021 | 5,6023        | 5,6023 | 0,0319      | 448                     | 2464                 |
|                | Tee stacco 2                   | 0,03                        | 5,7735                            | 5,6872 | 5,6872          | 5,6998 | 5,6982        | 5,6982 | 0,0308      |                         |                      |
|                | Tee stacco 1                   | 0,03                        | 5,7735                            | 5,6872 | 5,6872          | 5,6998 | 5,6982        | 5,6982 | 0,0308      |                         |                      |
|                | Salita                         | 0,03                        | 5,7735                            | 5,6872 | 5,6872          | 5,6998 | 5,6982        | 5,6982 | 0,0308      | 59                      | 178                  |
|                | Tee stacco                     | 0,029                       | 5,8722                            | 5,8864 | 5,8864          | 5,8844 | 5,8846        | 5,8846 | 0,0289      |                         |                      |
|                | Salita                         | 0,029                       | 5,8722                            | 5,8864 | 5,8864          | 5,8844 | 5,8846        | 5,8846 | 0,0289      | 93                      | 241                  |
|                | Tee stacco 2                   | 0,025                       | 6,3246                            | 6,2918 | 6,2918          | 6,2959 | 6,2955        | 6,2955 | 0,0252      |                         |                      |
|                | Tee stacco 1                   | 0,025                       | 6,3246                            | 6,2918 | 6,2918          | 6,2959 | 6,2955        | 6,2955 | 0,0252      |                         |                      |
|                | salita                         | 0,025                       | 6,3246                            | 6,2918 | 6,2918          | 6,2959 | 6,2955        | 6,2955 | 0,0252      | 255                     | 816                  |
|                | curva                          | 0,025                       | 6,3246                            | 6,2918 | 6,2918          | 6,2959 | 6,2955        | 6,2955 | 0,0252      |                         |                      |
|                | Ramo verso circolatore         | 0,025                       | 6,3246                            | 6,2918 | 6,2918          | 6,2959 | 6,2955        | 6,2955 | 0,0252      | 255                     | 638                  |
|                | Tee allaccio sala              | 0,0208                      | 6,9338                            | 6,8387 | 6,8455          | 6,8482 | 6,8479        | 6,8479 | 0,0213      |                         |                      |
|                | tubo                           | 0,0208                      | 6,9338                            | 6,8387 | 6,8455          | 6,8482 | 6,8479        | 6,8479 | 0,0213      | 1070                    | 1070                 |
|                | intercettazione                | 0,0208                      | 6,9338                            | 6,8387 | 6,8455          | 6,8482 | 6,8479        | 6,8479 | 0,0213      |                         |                      |
|                | Filtro (ass. valv. Di ritegno) | 0,0208                      | 6,9338                            | 6,8387 | 6,8455          | 6,8482 | 6,8479        | 6,8479 | 0,0213      |                         |                      |
|                | intercettazione                | 0,0208                      | 6,9338                            | 6,8387 | 6,8455          | 6,8482 | 6,8479        | 6,8479 | 0,0213      |                         |                      |
|                | Tee allaccio collettore eq.    | 0,0208                      | 6,9338                            | 6,8387 | 6,8455          | 6,8482 | 6,8479        | 6,8479 | 0,0213      |                         |                      |
|                | Tee allaccio collettore eq.    | 0,0208                      | 6,9338                            | 6,8387 | 6,8455          | 6,8482 | 6,8479        | 6,8479 | 0,0213      |                         |                      |
|                | intercettazione                | 0,0208                      | 6,9338                            | 6,8387 | 6,8455          | 6,8482 | 6,8479        | 6,8479 | 0,0213      |                         |                      |
|                | valvola a tre vie              | 0,0208                      | 6,9338                            | 6,8387 | 6,8455          | 6,8482 | 6,8479        | 6,8479 | 0,0213      |                         |                      |
|                | intercettazione                | 0,0208                      | 6,9338                            | 6,8387 | 6,8455          | 6,8482 | 6,8479        | 6,8479 | 0,0213      |                         |                      |
|                | tubo                           | 0,0208                      | 6,9338                            | 6,8387 | 6,8455          | 6,8482 | 6,8479        | 6,8479 | 0,0213      | 1070                    | 535                  |

Tabella 06. Ricerca del valore del fattore  $f$  ( $\lambda$ ) e perdite di carico continue del secondario

|                                | Saracinesca a passaggio totale $\zeta$    | $\Delta p$ (Pa)       | Valvole non ritorno $\zeta$ | $\Delta p$ (Pa) | Valvola corpo scaldante a squadra $\zeta$ | $\Delta p$ (Pa) | Detentore corpo scaldante a squadra $\zeta$ | $\Delta p$ (Pa) | Curve $\zeta$ (30-54 mm) | $\Delta p$ (Pa) | Curve $\zeta$ (8-16 mm) | $\Delta p$ (Pa) | TEE $\zeta$ | $\Delta p$ (Pa) | 3 vie $\zeta$ | $\Delta p$ (Pa) | $\Delta p$ (Pa) totale |              |
|--------------------------------|---|-----------------------|-----------------------------|-----------------|---|-----------------|---|-----------------|--------------------------|-----------------|-------------------------|-----------------|-------------|-----------------|---------------|-----------------|------------------------|--------------|
|                                | 0,2                                       |                       | 1                           |                 | 4   |                 | 1   |                 | 1                        |                 | 1,5                     |                 | 1           |                 | 8             |                 |                        |              |
| <b>mandate</b>                 | Uscita circolatore                        | 0                     | 0                           | 0               | 0   | 0               | 0   | 0               | 0                        | 0               | 0                       | 0               | 0           | 0               | 0             | 0               | 0                      |              |
|                                | Valvola d'intercezione tubo verso discesa | 1                     | 331                         | 0               | 0   | 0               | 0   | 0               | 0                        | 0               | 0                       | 0               | 0           | 0               | 0             | 0               | 331                    |              |
|                                | Tee di allaccio sala grande               | 0                     | 0                           | 0               | 0   | 0               | 0   | 0               | 0                        | 0               | 0                       | 0               | 1           | 1656            | 0             | 0               | 1656                   |              |
|                                | Ramo verso discesa                        | 0                     | 0                           | 0               | 0   | 0               | 0   | 0               | 0                        | 0               | 0                       | 0               | 0           | 0               | 0             | 0               | 0                      |              |
|                                | Curva                                     | 0                     | 0                           | 0               | 0   | 0               | 0   | 0               | 1                        | 334             | 0                       | 0               | 0           | 0               | 0             | 0               | 334                    |              |
|                                | Discesa                                   | 0                     | 0                           | 0               | 0   | 0               | 0   | 0               | 0                        | 0               | 0                       | 0               | 0           | 0               | 0             | 0               | 0                      |              |
|                                | Tee stacco 1                              | 0                     | 0                           | 0               | 0   | 0               | 0   | 0               | 0                        | 0               | 0                       | 0               | 1           | 334             | 0             | 0               | 334                    |              |
|                                | Tee stacco 2                              | 0                     | 0                           | 0               | 0   | 0               | 0   | 0               | 0                        | 0               | 0                       | 0               | 1           | 334             | 0             | 0               | 334                    |              |
|                                | Discesa al livello soppalco               | 0                     | 0                           | 0               | 0   | 0               | 0   | 0               | 0                        | 0               | 0                       | 0               | 0           | 0               | 0             | 0               | 0                      |              |
|                                | Tee stacco                                | 0                     | 0                           | 0               | 0   | 0               | 0   | 0               | 0                        | 0               | 0                       | 0               | 1           | 106             | 0             | 0               | 106                    |              |
|                                | Discesa p. t                              | 0                     | 0                           | 0               | 0   | 0               | 0   | 0               | 0                        | 0               | 0                       | 0               | 0           | 0               | 0             | 0               | 0                      |              |
|                                | Tee stacco 1                              | 0                     | 0                           | 0               | 0   | 0               | 0   | 0               | 0                        | 0               | 0                       | 0               | 1           | 63              | 0             | 0               | 63                     |              |
|                                | Tee stacco 2                              | 0                     | 0                           | 0               | 0   | 0               | 0   | 0               | 0                        | 0               | 0                       | 0               | 1           | 63              | 0             | 0               | 63                     |              |
|                                | Tubo verso ventil c/o p.d.c.              | 0                     | 0                           | 0               | 0   | 0               | 0   | 0               | 0                        | 0               | 0                       | 0               | 0           | 0               | 0             | 0               | 0                      |              |
|                                | Curva                                     | 0                     | 0                           | 0               | 0   | 0               | 0   | 0               | 0                        | 0               | 1                       | 337             | 0           | 0               | 0             | 0               | 337                    |              |
|                                | tubo                                      | 0                     | 0                           | 0               | 0   | 0               | 0   | 0               | 0                        | 0               | 0                       | 0               | 0           | 0               | 0             | 0               | 0                      |              |
|                                | Valvola apparecchio                       | 0                     | 0                           | 0               | 0   | 1               | 900   | 0               | 0                        | 0               | 0                       | 0               | 0           | 0               | 0             | 0               | 0                      | 900          |
|                                | <b>Ventil</b>                             |                       |                             |                 |   |                 |   |                 |                          |                 |                         |                 |             |                 |               |                 |                        | <b>16500</b> |
|                                | <b>ritorni</b>                            | Detentore apparecchio | 0                           | 0               | 0   | 0               | 0   | 1               | 225                      | 0               | 0                       | 0               | 0           | 0               | 0             | 0               | 0                      | 225          |
|                                |   | tubo                  | 0                           | 0               | 0   | 0               | 0   | 0               | 0                        | 0               | 0                       | 0               | 0           | 0               | 0             | 0               | 0                      | 0            |
| Curva                          |   | 0                     | 0                           | 0               | 0   | 0               | 0   | 0               | 0                        | 0               | 1                       | 337             | 0           | 0               | 0             | 0               | 337                    |              |
| tubo                           |   | 0                     | 0                           | 0               | 0   | 0               | 0   | 0               | 0                        | 0               | 0                       | 0               | 0           | 0               | 0             | 0               | 0                      |              |
| Tee stacco 2                   |   | 0                     | 0                           | 0               | 0   | 0               | 0   | 0               | 0                        | 0               | 0                       | 0               | 1           | 63              | 0             | 0               | 63                     |              |
| Tee stacco 1                   |   | 0                     | 0                           | 0               | 0   | 0               | 0   | 0               | 0                        | 0               | 0                       | 0               | 1           | 63              | 0             | 0               | 63                     |              |
| Salita                         |   | 0                     | 0                           | 0               | 0   | 0               | 0   | 0               | 0                        | 0               | 0                       | 0               | 0           | 0               | 0             | 0               | 0                      |              |
| Tee stacco                     |   | 0                     | 0                           | 0               | 0   | 0               | 0   | 0               | 0                        | 0               | 0                       | 0               | 1           | 106             | 0             | 0               | 106                    |              |
| Salita                         |   | 0                     | 0                           | 0               | 0   | 0               | 0   | 0               | 0                        | 0               | 0                       | 0               | 0           | 0               | 0             | 0               | 0                      |              |
| Tee stacco 2                   |   | 0                     | 0                           | 0               | 0   | 0               | 0   | 0               | 0                        | 0               | 0                       | 0               | 1           | 334             | 0             | 0               | 334                    |              |
| Tee stacco 1                   |   | 0                     | 0                           | 0               | 0   | 0               | 0   | 0               | 0                        | 0               | 0                       | 0               | 1           | 334             | 0             | 0               | 334                    |              |
| salita                         |   | 0                     | 0                           | 0               | 0   | 0               | 0   | 0               | 0                        | 0               | 0                       | 0               | 0           | 0               | 0             | 0               | 0                      |              |
| curva                          |   | 0                     | 0                           | 0               | 0   | 0               | 0   | 0               | 0                        | 1               | 334                     | 0               | 0           | 0               | 0             | 0               | 334                    |              |
| Ramo verso circolatore         |   | 0                     | 0                           | 0               | 0   | 0               | 0   | 0               | 0                        | 0               | 0                       | 0               | 0           | 0               | 0             | 0               | 0                      |              |
| Tee allaccio sala              |   | 0                     | 0                           | 0               | 0   | 0               | 0   | 0               | 0                        | 0               | 0                       | 0               | 1           | 1656            | 0             | 0               | 1656                   |              |
| tubo                           |   | 0                     | 0                           | 0               | 0   | 0               | 0   | 0               | 0                        | 0               | 0                       | 0               | 0           | 0               | 0             | 0               | 0                      |              |
| intercezione                   |   | 1                     | 331                         | 0               | 0   | 0               | 0   | 0               | 0                        | 0               | 0                       | 0               | 0           | 0               | 0             | 0               | 0                      | 331          |
| Filtro (ass. valv. Di ritengo) |   | 0                     | 0                           | 1               | 1656                                      | 0               | 0   | 0               | 0                        | 0               | 0                       | 0               | 0           | 0               | 0             | 0               | 0                      | 1656         |
| intercezione                   |   | 1                     | 331                         | 0               | 0   | 0               | 0   | 0               | 0                        | 0               | 0                       | 0               | 0           | 0               | 0             | 0               | 0                      | 331          |
| Tee allaccio collettore eq.    |   | 0                     | 0                           | 0               | 0   | 0               | 0   | 0               | 0                        | 0               | 0                       | 0               | 1           | 1656            | 0             | 0               | 1656                   |              |
| Tee allaccio collettore eq.    |   | 0                     | 0                           | 0               | 0   | 0               | 0   | 0               | 0                        | 0               | 0                       | 0               | 1           | 1656            | 0             | 0               | 1656                   |              |
| intercezione                   |   | 1                     | 331                         | 0               | 0   | 0               | 0   | 0               | 0                        | 0               | 0                       | 0               | 0           | 0               | 0             | 0               | 0                      | 331          |
| valvola a tre vie              |   | 0                     | 0                           | 0               | 0   | 0               | 0   | 0               | 0                        | 0               | 0                       | 0               | 0           | 0               | 1             | 13244           | 13244                  |              |
| intercezione                   | 1   | 331                   | 0                           | 0               | 0   | 0               | 0   | 0               | 0                        | 0               | 0                       | 0               | 0           | 0               | 0             | 0               | 331                    |              |
| tubo                           | 0   | 0                     | 0                           | 0               | 0   | 0               | 0   | 0               | 0                        | 0               | 0                       | 0               | 0           | 0               | 0             | 0               |                        |              |

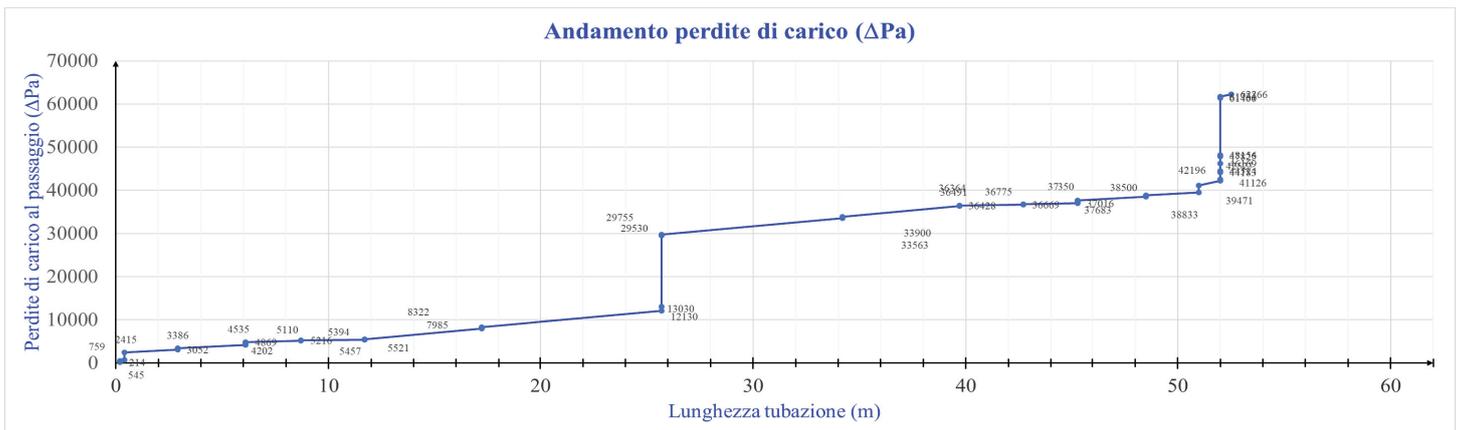
Tabella 07. Perdite di carico accidentali del secondario

## Riepilogo resistenze al passaggio

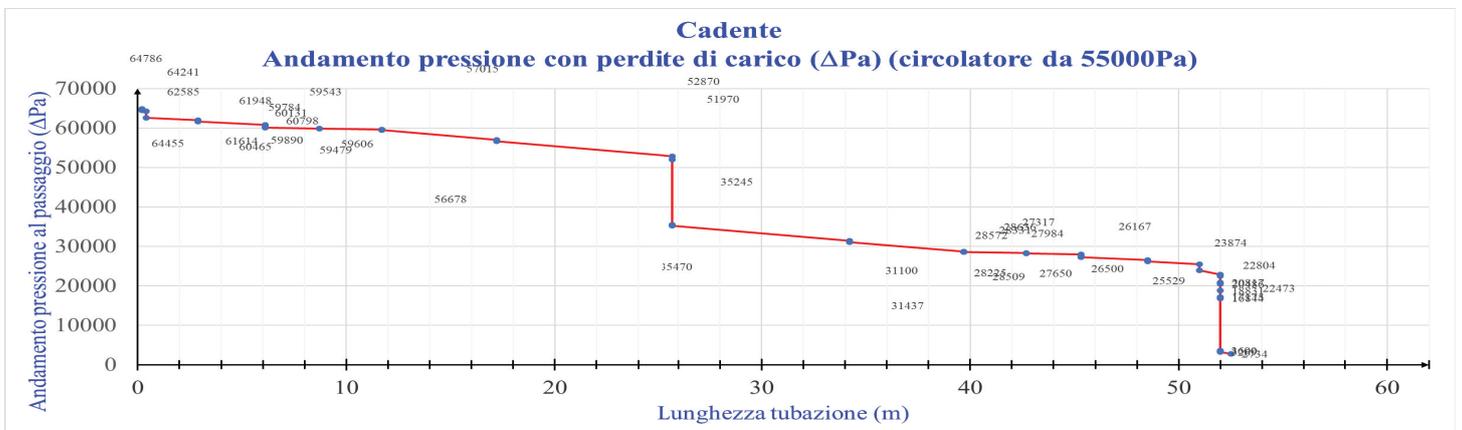
|                     | Denominazione tratto           | Specifiche<br>(Pa) | Incrementali (Pa) | Lunghezza<br>incrementale (m) |
|---------------------|--------------------------------|--------------------|-------------------|-------------------------------|
| <b>mandate</b>      | Uscita circolatore             | 214                | 214               | 0,2                           |
|                     | Valvola d'intercettazione      | 331                | 545               | 0,2                           |
|                     | tubo verso discesa             | 214                | 759               | 0,4                           |
|                     | Tee di allaccio sala grande    | 1656               | 2415              | 0,4                           |
|                     | Ramo verso discesa             | 638                | 3052              | 2,9                           |
|                     | Curva                          | 334                | 3386              | 2,9                           |
|                     | Discesa                        | 816                | 4202              | 6,1                           |
|                     | Tee stacco 1                   | 334                | 4535              | 6,1                           |
|                     | Tee stacco 2                   | 334                | 4869              | 6,1                           |
|                     | Discesa al livello soppalco    | 241                | 5110              | 8,7                           |
|                     | Tee stacco                     | 106                | 5216              | 8,7                           |
|                     | Discesa p. t                   | 178                | 5394              | 11,7                          |
|                     | Tee stacco 1                   | 63                 | 5457              | 11,7                          |
|                     | Tee stacco 2                   | 63                 | 5521              | 11,7                          |
|                     | Tubo verso ventil c/o p.d.c.   | 2464               | 7985              | 17,2                          |
|                     | Curva                          | 337                | 8322              | 17,2                          |
|                     | tubo                           | 3808               | 12130             | 25,7                          |
| Valvola apparecchio | 900                            | 13030              | 25,7              |                               |
|                     | Ventil                         | 16500              | 29530             | 25,7                          |
| <b>ritorni</b>      | Detentore apparecchio          | 225                | 29755             | 25,7                          |
|                     | tubo                           | 3808               | 33563             | 34,2                          |
|                     | Curva                          | 337                | 33900             | 34,2                          |
|                     | tubo                           | 2464               | 36364             | 39,7                          |
|                     | Tee stacco 2                   | 63                 | 36428             | 39,7                          |
|                     | Tee stacco 1                   | 63                 | 36491             | 39,7                          |
|                     | Salita                         | 178                | 36669             | 42,7                          |
|                     | Tee stacco                     | 106                | 36775             | 42,7                          |
|                     | Salita                         | 241                | 37016             | 45,3                          |
|                     | Tee stacco 2                   | 334                | 37350             | 45,3                          |
|                     | Tee stacco 1                   | 334                | 37683             | 45,3                          |
|                     | salita                         | 816                | 38500             | 48,5                          |
|                     | curva                          | 334                | 38833             | 48,5                          |
|                     | Ramo verso circolatore         | 638                | 39471             | 51                            |
|                     | Tee allaccio sala              | 1656               | 41126             | 51                            |
|                     | tubo                           | 1070               | 42196             | 52                            |
|                     | intercettazione                | 331                | 42527             | 52                            |
|                     | Filtro (ass. valv. Di ritegno) | 1656               | 44183             | 52                            |
|                     | intercettazione                | 331                | 44514             | 52                            |
|                     | Tee allaccio collettore eq.    | 1656               | 46169             | 52                            |
|                     | Tee allaccio collettore eq.    | 1656               | 47825             | 52                            |
|                     | intercettazione                | 331                | 48156             | 52                            |
|                     | valvola a tre vie              | 13244              | 61400             | 52                            |
| intercettazione     | 331                            | 61731              | 52                |                               |
| tubo                | 535                            | 62266              | 52,5              |                               |

Tabella 08. Perdite di carico distribuite e accidentali del secondario

Con le perdite distribuite, le perdite accidentali e lo sviluppo della tubazione è stato realizzato un digramma dell'andamento della perdita di carico al passaggio del fluido primario nella tubazione dorsale. Si riporta qui di seguito il diagramma. Stabilite le perdite di carico è stato realizzato il diagramma dell'adamento della pressione nel circuito ipotizzando un circolatore con prevalenza pari a 65000Pa e portata nominale pari a 5500 l/h.



**Diagramma 3.** Andamento delle perdite di carico al passaggio del fluido lungo tutta la tubazione di andata e ritorno del secondario



**Diagramma 4.** Andamento della pressione (cadente). Perdite di carico.

## 02.02. Scelta del circolatore del secondario.

Il circolatore previsto dovrà avere almeno prevalenza pari a 65kPa. Il calcolo è stato effettuato già di per sé tenendo conto dei margini di sicurezza sempre necessari per le incertezze del calcolo, dei percorsi in fase di cantiere che potrebbero essere cambiati per esigenze tecniche specifiche e impreviste, della vecchiaia delle tubazioni con conseguente sporcizia e di ogni eventuale imprevisto non considerato nel calcolo e il circolatore sarà quindi sufficiente anche per il fattore di contemporaneità che permette di ritenere che i 32kW, con portata pari a 5,5 m<sup>3</sup>/h, indicati non saranno praticamente mai richiesti.



Ing. Emanuele Gelosi Enrici