

2015

RETI IDRONICHE MANUALE D'USO

Reti Idroniche-Rev 1.01sm - Excel

FILEHOMEMenuINSERISCILAYOUT DI PAGINAFORMULEDATIREVISIONEVISUALIZZASVILUPPOCOMPONENTI AC

Nuovo Foglio Riepilogo Calcola Diametri Bilancia Archivia Stampa

Barre degli strumenti personalizzate

N40

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
1															
2			Prefisso assegnato alla pompa =	P				Delta-p massima =	1,08	[m. c.a.]	Hazen Williams				
3			Prefisso assegnato ai terminali =	R				Delta-p massima =	104,37	[Pa]	r.c.d. imposto				
4															
5								Delta-p pompa =	2000	[Pa]	2,14	[m c.a.]	r.c.d. eff		
6															
7															
8			TRATTO	LOCALE	LUNGH.	TIPO	CARICO	CARICO	PORTATA	PORTATA	PERD. SPEC.	PERD. SPEC.	DIAMETRO	DIAMETRO	VELOCITA'
9					[m]	TUBAZIONE	[kW]	[kcal/h]	[l/s]	[l/s]	[Pa/m]	[m c.a./m]	[mm]	[mm]	[m/s]
10			P-C1		10,00	Acciaio	7,08	6092,24	0,17	609,22	480,75	49,01	20,89	16,60	0,75
11			C1-C2		7,00	Acciaio	3,98	3424,52	0,10	342,45	480,75	49,01	16,85	16,60	0,42
12			C2-C3		7,00	Acciaio	2,36	2029,60	0,06	202,96	480,75	49,01	13,06	16,60	0,25
13			C1-R1	Bagno Ragazzi	8,00	Rame	0,45	390,44	0,01	39,04	961,50	98,01	7,40	8,00	0,21
14			C1-R2	Letto Valtromiele	4,00	Rame	0,95	813,56	0,02	81,36	1236,22	126,02	8,20	8,00	0,43
15			C1-R3	Bagno Grande	5,00	Rame	0,45	390,44	0,01	39,04	1153,60	117,61	7,12	8,00	0,21
16			C1-R4	Letto Ragazzi	8,00	Rame	0,60	513,42	0,01	51,34	961,50	98,01	8,18	8,00	0,27
17			C1-R5	Scala 2° p	12,00	Rame	0,65	559,86	0,02	55,99	786,68	80,19	8,81	8,00	0,30
18			C2-R1	Cucina	8,00	Rame	0,20	172,00	0,00	17,20	692,28	70,57	5,86	8,00	0,09
19			C2-R2	Pranzo	4,00	Rame	0,23	194,36	0,01	19,44	824,14	84,01	5,91	8,00	0,10
20			C2-R3	Bagno	5,00	Rame	0,30	258,00	0,01	25,80	786,68	80,19	6,63	8,00	0,14
21			C2-R4	Salone	8,00	Rame	0,60	512,56	0,01	51,26	692,28	70,57	8,76	8,00	0,27
22			C2-R5	Scala 1° p	12,00	Rame	0,30	258,00	0,01	25,80	596,79	60,84	7,02	8,00	0,14
23			C3-R1	Ripostiglio	8,00	Rame	0,51	435,16	0,01	43,52	540,84	55,13	8,69	8,00	0,23
24			C3-R2	Studio	4,00	Rame	0,42	360,34	0,01	36,03	618,11	63,01	7,88	8,00	0,16
25			C3-R3	Bagno	5,00	Rame	0,37	317,34	0,01	31,73	596,79	60,84	7,58	8,00	0,17
26			C3-R4	Negozi	8,00	Rame	0,56	481,60	0,01	48,16	540,84	55,13	9,02	8,00	0,25
27			C3-R5	Ingresso	12,00	Rame	0,51	435,16	0,01	43,52	480,75	49,01	8,91	8,00	0,23

PROF. ING. GIULIANO CAMMARATA
Dipartimento di Ingegneria Industriale
Università di Catania
A.A 2014/15

FILE: RETI IDRONICHE - MANUALE DI USO.DOCX

AUTORE: Giuliano Cammarata

DATA: 27 MAGGIO 2015

www.giulianocammarata.it
gcamma@diim.unict.it
cammaratagiuliano@gmail.com

La riproduzione a scopi didattici di quest'opera è libera da parte degli Studenti purché non siano cancellati i riferimenti all'Autore sopra indicati. Non sono consentiti usi commerciali di alcun genere senza il consenso dell'Autore

STRUTTURA DEL VOLUME

1.	<u>IL PROGETTO DELLE RETI TECNOLOGICHE</u>	<u>4</u>
2.	<u>USO DEL PROGRAMMA – FASE DI INPUT</u>	<u>29</u>
3.	<u>USO DEL PROGRAMMA – FASE DI CALCOLO</u>	<u>56</u>

INTRODUZIONE

Gli impianti di climatizzazione (o impianti meccanici, per usare l'accezione più frequente in altri stati) sono caratterizzati dalla sinergia di tre sezioni: la produzione di energia (termica o frigorifera), il trasporto dell'energia (mediante reti di distribuzione appropriate al fluido di lavoro) e la cessione dell'energia agli ambienti (tramite i cosiddetti terminali).

La sezione centrale è quella del trasporto dell'energia che può essere attuato mediante:

- *Reti idroniche:* se il fluido di lavoro è l'acqua;
- *Reti aerauliche:* se il fluido di lavoro è l'aria.

Possono esserci anche reti di trasporto di fluidi particolari, quali ad esempio i fluidi frigoriferi negli impianti frigoriferi industriali o altro ancora.

In questo volume ci occupiamo solamente delle reti idroniche, cioè delle reti tecnologiche per il trasporto dell'acqua (calda o fredda o di entrambi i tipi).

Le reti tecnologiche sono caratterizzate dal trasporto di fluidi di lavoro per far funzionare i dispositivi ad esse collegati: generatori termici, refrigeratori, radiatori, termo ventilconvettori, pannelli radianti, batterie di scambio,

Le reti tecnologiche, inoltre, sono caratterizzate dalla presenza di circuiti chiusi, cioè da circuiti che partono e ritornano alla pompa di circolazione. Questa peculiarità rende per certi versi più agevole il progetto, poiché **con la prevalenza della pompa occorre solo compensare le perdite totali di attrito**, anche se per altri versi il progetto è più complesso perché **occorre bilanciare le reti in modo da assicurare le portate di acqua di progetto per i dispositivi serviti**.

Oggi sono disponibili commercialmente diversi CAD che semplificano molto le procedure di calcolo sia con un input dei dati facilitato dall'interazione con strumenti grafici sia con data base di prodotti commerciali (fan coil, radiatori, pompe, ...) utilizzabili.

Naturalmente questi software sono costosi e rilasciati in forma chiusa, nel senso che l'Utente non può entrare all'interno dei programmi eseguibili che spesso si presentano a scatola chiusa.

Per quanto ben fatti, questi programmi difficilmente consentono di verificare gli algoritmi e, probabilmente, gli Utenti non lo chiedono neppure desiderando avere procedure altamente automatizzate con le quali fare tutto "*schiacciando un bottone*" solamente.

L'effetto combinato del software chiuso e della fiducia cieca dell'Utente sui risultati ottenuti, spesso apoditticamente e senza alcuno spirito critico, può essere causa di errori, anche involontari, a volta anche gravi.

Non per nulla le software house fanno sottoscrivere una dichiarazione (detta licenza d'uso) nella quale esse si dichiarano estranee da eventuali errori derivanti dall'uso dei loro programmi.

Chi firma un progetto sa bene che comunque la responsabilità progettuale è sua e non del software. E del resto è anche giusto così, altrimenti chiunque, utilizzando questi strumenti informatici, può diventare ingegnere, architetto, medico, analista, ...

Tendiamo molto ad utilizzare programmi che interagiscono in modo grafico per l'input dei dati. Solitamente si utilizza lo stesso CAD grafico (ad esempio *Autocad*®) per disegnare la rete di distribuzione direttamente sui disegni esecutivi e rilevare, mediante opportune utilities, i dati geometrici necessari. In realtà l'evoluzione dei CAD è ben più complessa tendendo verso i BIM (*Buiding Information Management*) che dovrebbero rendere possibile una progettazione integrata e globale degli edifici (architettura e impianti).

Va tenuto presente, tuttavia, che spesso i vincoli dettati dall'utilizzo del software grafico non sono trascurabili e ciò porta spesso a impiegare più tempo rispetto ad un classico "*input manuale*" magari assistito dallo stesso software.

Da anni distribuisco agli Allievi del Corso di *Impianti Termotecnici*, per la Laurea Magistrale in Ingegneria Meccanica, uno strumento di calcolo molto semplice ed agevole costituito da un foglio Excel nel quale è implementato un algoritmo essenziale per il dimensionamento delle reti idroniche.

Questo strumento essenziale ha diversi scopi e realizza diversi vantaggi:

- *è totalmente libero, personalizzabile e configurabile a piacere;*
- *le relazioni di calcolo sono espresse in chiaro e quindi controllabili;*
- *è molto interattivo ed anzi si basa proprio sull'interattività per il corretto funzionamento.*

Ovviamente un foglio di calcolo non può sostituirsi ad un programma professionale appositamente predisposto utilizzando linguaggi di alto livello e pertanto l'interazione dell'Utente con il foglio di calcolo è più intensa. Tuttavia, anche a scopo didattico, questa interazione è utile sia per comprendere bene cosa si fa sia per avere una piena coscienza delle operazioni che si effettuano. Si rimanda al materiale d'uso di quel foglio di calcolo (vedasi *Manuale per reti tecnologiche*).

Ciò che ho voluto predisporre con questo nuovo foglio Excel è una via di mezzo fra le procedure automatizzate commerciali ed il foglio interattivo sopra indicato.

Utilizzando ancora il programma Excel, ho cercato di costruire un foglio di lavoro altamente automatizzato ma che al tempo stesso consentisse tutti i livelli di interazione possibili per una buona progettazione delle reti idroniche.

Per fare ciò si sono implementati in *Visual Basic for Applications (VBA)* di Excel (linguaggio ad oggetti di alto livello) tutti gli algoritmi necessari al progetto delle reti idroniche.

Excel mette a disposizione un foglio altamente strutturato (tabella interattiva) con la possibilità di usare tutta la potenza di calcolo di questo software e tutte le utilities (formattazione, stampa, calcolo aggiuntivo, ...). Mentre nel precedente foglio essenziale tutto era lasciato all'Utente (che doveva manualmente digitare i dati (cosa che rimane ancora nel nuovo foglio), formare i circuiti per il calcolo delle portate, selezionare manualmente i diametri e verificare manualmente le cadute di pressione) ora tutte le operazioni sono affidate a procedure di calcolo in VBA automatizzate e che non richiedono alcun intervento esterno, come nei software commerciali.

La possibilità di vedere sia i dati di input che di calcolo nella stessa tabella (che appare come quella del precedente foglio di calcolo) consente di effettuare immediatamente una verifica dei risultati ed una ottimizzazione del progetto sorprendente, potendo interagire con le routine di calcolo e con i dati di progetto in modo diretto sia variando ipotesi di calcolo sia modificando i dati tabellari.

L'input dei dati può essere fatto sia direttamente nel foglio, riempiendo le celle indicate dalle testate, sia in modo assistito con opportune maschere di input nelle quali inserire i dati necessari.

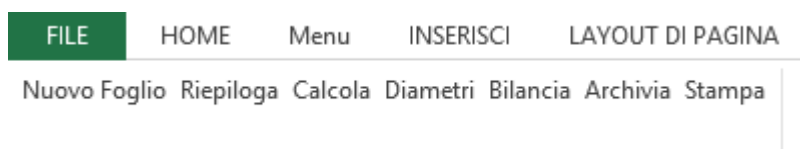
E' poi possibile modificare qualsivoglia dato sia direttamente nel foglio di calcolo che con le procedure guidate. Insomma, è proprio l'interazione che fa grande Excel e si è cercato di sfruttarla nel modo migliore possibile.

Infine il bilanciamento delle reti (***a portata imposta***) può essere effettuato in modo automatico oppure, qualora lo si voglia ulteriormente migliorare, in modo interattivo modificando i singoli dati che si ritiene più opportuno modificare.

A differenza del foglio di calcolo essenziale è ora possibile archiviare e richiamare i progetti in file esterni in formato testo (in formato CVS) e di poca occupazione di spazio su disco (qualche KB contro qualche MB dei fogli Excel originali).

Infine è possibile avviare una procedura di stampa automatizzata senza doversi preoccupare di selezionare i dati di stampa.

Nelle pagine che seguono si esporranno sia gli algoritmi di calcolo utilizzati che le modalità d'uso del programma, per altro reso agevole da un menù di selezione auto esplicativo:



Per meglio agevolare l'uso del foglio di calcolo (che d'ora in poi chiamerò *programma*) presenterò diversi esempi di calcolo, ognuno dei quali in ambiti di applicazione diversi. Dagli esempio potrà scaturire una modalità d'uso personalizzata e, spero anche, cosciente.

Buon lavoro

Giuliano Cammarata

Catania 27/05/2015

1. IL PROGETTO DELLE RETI TECNOLOGICHE

Le **reti idroniche** interessano gli impianti di climatizzazione e in particolare gli impianti di riscaldamento, di condizionamento (per la parte riguardante la distribuzione dell'acqua, le reti di centrali (sia termiche che frigorifere).

Pertanto queste reti vanno bene per la distribuzione dell'acqua calda nei radiatori, nei termoventilconvettori, negli impianti misti e nell'alimentazione delle UTA.

E' anche possibile effettuare il calcolo delle reti antincendio¹ con il metodo di *Hazen – Williams*, come si dirà nel prosieguo.

E' importante ribadire che le reti tecnologiche debbono assolvere ad un compito ben preciso: ***consentire ai dispositivi collegati (radiatori, fan coils, batterie di scambio, ...) di funzionare correttamente.***

A differenza delle reti aperte, ad esempio per la distribuzione dell'acqua fredda o anche calda per usi sanitari o per le reti antincendio, le reti tecnologiche debbono garantire che le funzioni di scambio termico dei dispositivi alimentati avvengano secondo le equazioni di **bilancio termico** imposte a ciascun dispositivo.

1.1 LE PORTATE DEI RAMI TERMINALI

Una rete idronica è composta da rami costituiti da tratti di tubazione che collegano due nodi. Si possono avere:

- **Rami terminali:** sono i rami che alimentano i dispositivi terminali di scambio (radiatori, fan coils, batterie, ...). I rami terminali debbono garantire una portata di acqua tale da soddisfare l'equazione di trasporto:

$$Q = m_{ramo} c_p (t_m - t_r)$$

ove:

- Q è il carico termico che il terminale deve cedere (kW);
- m_{ramo} è la portata del ramo (kg/s);
- c_p è il calore specifico dell'acqua (4.186 kJ/(kgK);
- t_m è la temperatura di mandata dell'acqua, (°C);
- t_r è la temperatura di ritorno dell'acqua (°C).

Pertanto fissate le temperature di mandata e di ritorno ($\Delta T_p = t_m - t_r$) e dato il carico termico del terminale si calcola univocamente la portata del terminale:

$$m_{ramo} = \frac{Q}{c_p (t_m - t_r)} \quad (1)$$

¹ Le reti antincendio per l'alimentazione della UNI 45 sono di solito aperte e pertanto, a differenza delle reti chiuse, occorre tenere conto sia delle perdite di attrito che delle perdite gravimetriche e cinetiche.

Questa portata deve essere **garantita** al terminale ed è questa la peculiarità della rete tecnologica.

- **Rami principali:** sono i rami che alimentano i rami terminali. La loro portata è data dalla somma delle portate dei rami susseguenti.

I rami principali sono caratterizzati da grandi portate (almeno in confronto con i rami terminali) e maggiori diametri. Essi possono essere interrati in cunicoli o far parte di reti ancorate a staffe di supporto.

1.1.1 I CIRCUITI

Definiamo **circuito** l'insieme dei rami che collegano, in andata e ritorno, ciascun terminale alla pompa di circolazione. Una rete può avere più circuiti a seconda del numero di terminali da alimentare.

E' opportuno osservare **che tutti i circuiti sono in parallelo alla pompa che li alimenta**. Pertanto poiché per ciascun circuito chiuso deve essere:

$$\Delta p_{pompa} = \sum_{circuito} \Delta p_i$$

ne consegue che il Δp della pompa deve essere unico per tutti i circuiti alimentati.

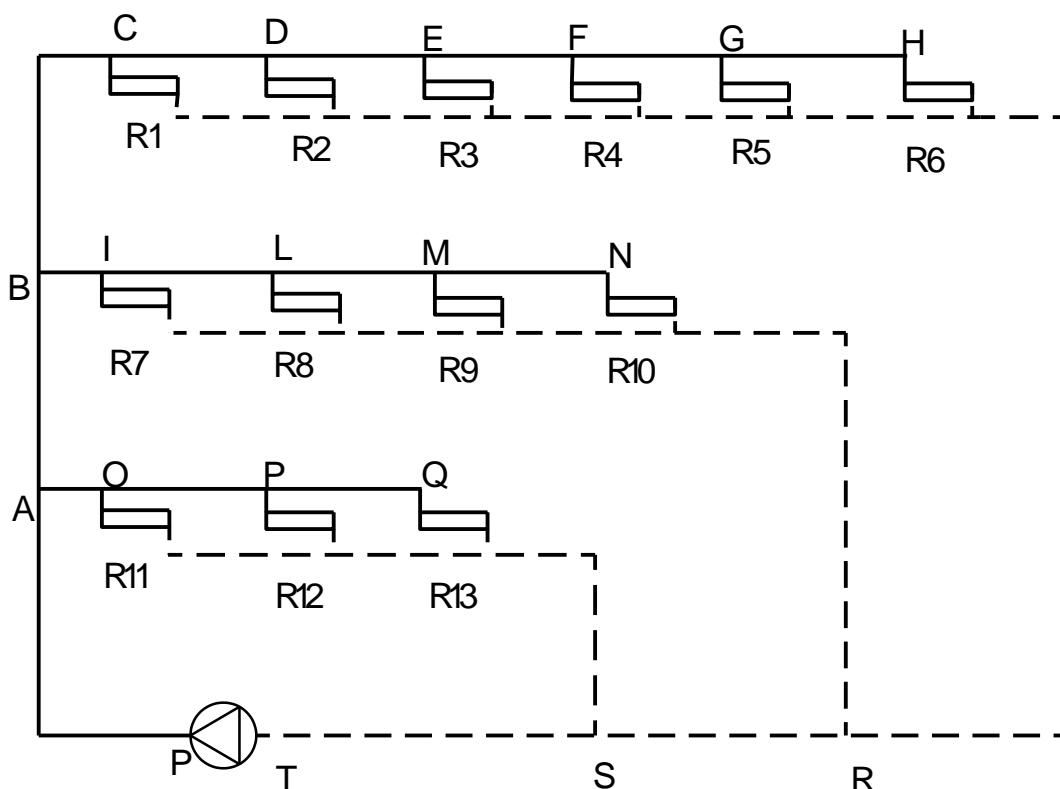


Figura 1: Esempio di rete tecnologica

Nell'esempio di Figura 1 si hanno tanti circuiti (cioè 13) quanti sono i corpi scaldanti serviti e tutti sono serviti dalla stessa pompa di circolazione. I circuiti sono, con riferimento alla figura:

- P-A-B-C-R1-R-S-P
-
- P-R11-S-T-P

- *P-R12-S-T-P*
- *P-R13-S-T-P*

Come si vede, qualunque sia il percorso (*spesso dettato da vincoli architettonici*) tutti i circuiti partono e tornano alla pompa P.

1.2 METODOLOGIE DI PROGETTO DELLE RETI IDRONICHE

Si è già visto nel Volume 3° del corso di Impianti Termotecnici quali sono le problematiche di progetto delle reti tecnologiche.

Si vuole qui presentare in dettaglio la procedura utilizzata nell'ambito del programma di calcolo.

Fra le due metodologie possibili (a velocità costante e a perdita specifica di pressione costante) si utilizza in questa sede solo la procedura a perdita specifica costante che consente, fra l'altro, di pervenire più facilmente all'equilibratura dei circuiti.

1.2.1 LE EQUAZIONI DISPONIBILI

Il progetto delle reti idroniche qui presentato utilizza un metodo semplificato rispetto a quello classico delle reti idriche estese (vedi *Hardy Cross*, ed altri). L'insieme delle equazioni utilizzate sono le seguenti (vedi 3° Volume):

- *Equazione di continuità*

$$m = \rho w S$$

con:

- m Portata massica (kg/s);
- ρ Densità dell'acqua (kg/m³);
- S Sezione del condotto ($S = \pi D^2 / 4$) (m²).

- *Equazione di Darcy Weissbach sulle perdite distribuite:*

$$\Delta p_d = \xi \frac{l}{d} \frac{w^2}{2} \rho$$

con:

- ξ Fattore di attrito del condotto;
- l Lunghezza del condotto (m);
- d Diametro del condotto (m);
- w Velocità dell'acqua nel condotto (m/s);
- ρ Densità dell'acqua (kg/m³).

Il fattore di attrito è calcolato in funzione del regime di moto. Per moto laminare (numero di Reynolds $Re < 2300$) si ha $\xi = 64 / Re$ mentre per moto turbolento si può usare la relazione in forma esplicita (usata nel programma nella fase di bilanciamento) di *Swamee e Jim*:

$$\xi = \frac{0.25}{\left\{ \log \left[\frac{\varepsilon}{3.7D} + \frac{5.74}{Re_d} \right] \right\}^2}$$

Per i tubi normalmente usati per le reti tecnologiche (*acciaio, rame, polietilene*) si può usare la relazione semplificata:

$$\xi = 0.07 \text{Re}^{-0.13} d^{-0.14}$$

- *Equazione di Darcy sulle perdite localizzate (o anche concentrate):*

$$\Delta p_c = c \frac{w^2}{2} \rho$$

con c fattore di Darcy per la perdita localizzata. Si può anche usare la lunghezza equivalente al posto del fattore c mediante la relazione:

$$\xi \frac{l'}{d} \frac{w^2}{2} \rho = c \frac{w^2}{2} \rho$$

dalla quale deriva:

$$l' = c \frac{d}{\xi}$$

Questa relazione evidenzia come **sia il fattore di Darcy che la lunghezza equivalente della perdita localizzata dipendano dal diametro del condotto**. E' questa una complicazione che comporta l'adozione di un algoritmo di risoluzione illustrato nel prosieguo.

RACCORDERIA E VALVOLAME	D 8÷16 mm	D 18÷28 mm	D > 28 mm
Gomito a 90°	2.0	1.5	1.0
Curva a 90° normale	1.5	1.0	0.5
Curva a 90 ° larga	1.0	0.5	0.3
Doppio gomito a 180 °	3.0	2.0	1.5
Curva a 180° normale	2.0	1.5	1.0
Saracinesca a passaggio pieno	0.2	0.2	0.1
Saracinesca a passaggio ridotto	1.2	1.0	0.8
Valvola inclinata a Y	4.5	4.0	3.5
Valvola a sfera a passaggio pieno	0.2	0.2	0.1
Valvola sfera a passaggio ridotto	1.5	1.0	0.8
Valvola a d angolo	4.0	4.0	3.0
Valvola di ritegno a Clapet	3.0	2.0	1.0
Valvola a farfalla	3.0	2.0	1.5
Valvola a tre vie	10.0	10.0	8.0
Valvola a quattro vie	6.0	6.0	4.0

Tabella 1: Valori del fattore di Darcy per la raccorderia e Valvolame

La perdita di pressione totale in un condotto è data dalla relazione:

$$\Delta p_t = \Delta p_d + \Delta p_c$$

Cioè è la somma delle perdite distribuite e le perdite localizzate. Per un circuito le perdite di pressione totali sono date da:

$$\Delta p_{\text{circuito}} = \sum_{\text{Rami}} \Delta p_{c_i} + \sum_{\text{Rami}} \Delta p_{l_i}$$

Pertanto occorre calcolare tutte le perdite distribuite e localizzate di ciascun ramo che appartiene al circuito.

1.2.2 METODO A PERDITA SPECIFICA DI PRESSIONE COSTANTE

Per facilitare il calcolo si suole riferirsi alla **perdita specifica di pressione** definita dalla relazione:

$$\psi = \frac{\Delta p_d}{l} = \xi \frac{1}{d} \frac{w^2}{2} \rho$$

ove ψ è detta **perdita specifica di pressione** ([Pa/m] nel SI e [mm.ca/m] nel ST). Per la relazione di continuità si ha anche:

$$\psi = \frac{\Delta p}{l} = \xi \frac{w^2}{2d} \rho = \xi k \frac{\dot{m}^2}{d^5} = N \frac{\dot{m}^2}{d^5} \quad (2)$$

ed N indica un fattore ingloba i valori costanti. Se si prendono i logaritmi di ambo i membri della precedente relazione si hanno le equazioni:

$$\begin{aligned} \log \psi &= 2 \log w - \log d + \log H \\ \log \psi &= 2 \log \dot{m} - 5 \log d + \log N \end{aligned} \quad (3)$$

Queste due relazioni risultano comode per costruire un abaco del tipo riportato in Figura 2. Di questi abachi se ne hanno diversi a seconda del tipo di tubazioni o di fluido considerato. Nell'abaco si hanno portate, perdite specifiche ψ , velocità e diametri dei condotti.

Fissati due qualunque di questi parametri si possono determinare gli altri due.

Il problema del dimensionamento del ramo si risolve se, scelta la velocità massima o imposta la caduta di pressione per perdite distribuite², si calcola, nota la lunghezza geometrica reale l del ramo e la sua portata m , la perdita specifica $\psi = \Delta p_d/l$.

Dall'abaco corrispondente al caso in esame si determina il diametro (commerciale o equivalente) corrispondente.

Poiché difficilmente il punto di selezione nell'abaco corrisponde ad un diametro commerciale allora occorre **scegliere o il diametro inferiore o quello superiore**.

Nel primo caso si avranno velocità e perdite specifiche maggiori di quella inizialmente imposta e nel secondo caso si ha l'opposto.

Fissato il diametro commerciale desiderato si può adesso calcolare la caduta di pressione per le resistenze concentrate e quindi la perdita totale di pressione:

$$\Delta p = \Delta p_c + \Delta p_l$$

Perdita specifica per regime laminare

Per il moto laminare la perdita specifica si può scrivere nella forma:

$$\psi = 32 \nu \rho \frac{w}{d^2}$$

ove:

- ν è la viscosità dinamica ($\nu = \mu/\rho$) (m^2/s);
- ρ è la densità dell'acqua (kg/m^3);
- w è la velocità dell'acqua (m/s);

² Poiché sussiste il problema implicito delle *perdite localizzate funzioni del diametro*, si può in una prima fase assegnare un'aliquota della caduta di pressione alle perdite distribuite che sappiamo dipendono dalla lunghezza reale del circuito. Ad esempio si può, inizialmente, assegnare il 40% della Δp alle sole perdite distribuite e quindi la ψ diviene immediatamente nota.

- d è il diametro del condotto (m).

Perdita specifica per regime turbolento

Nel moto turbolento ($Re > 2700$) si risente dell'influenza della scabrosità relativa ε delle tubazioni. Per le tubazioni in rame o in polietilene si ha:

$$\psi = 0.241 \nu \rho \frac{m^{1.75}}{d^{4.75}} \quad (4)$$

Per tubi in acciaio (sia nero che zincato) si ha:

$$\psi = 0.055 \nu^{0.13} \rho \frac{m^{1.87}}{d^{5.01}}$$

Le relazioni sopra indicate sono semplificate e valide per **tubi lisci**.

L'applicazione di queste relazioni è semplice perché esse consentono di ricavare in modo **diretto ed esplicito** il diametro d nota la ψ .

In fase iniziale di progetto si conosce la portata del ramo ma non si conosce il diametro da cui dipendono Re , ξ e ψ stessa. Pertanto inizialmente si suppone che i tubi siano **lisci** e quindi è:

$$\xi = 0.184 Re^{-0.2}$$

secondo Weissbach.

Si impone (vedremo come nel prossimo paragrafo) ψ e nota la portata m si calcola la velocità w e il diametro commerciale d .

A questo punto si possono calcolare le perdite localizzate del ramo.

1.2.3 ALGORITMO DI CALCOLO A $\psi=\text{COST}$

Si calcola la ψ_m per il circuito inizialmente ritenuto più sfavorito, cioè quello di maggior lunghezza. Si ricordi che ψ è riferito alle perdite distribuite e pertanto è la lunghezza il parametro da considerare per il calcolo del valore medio. A questo scopo deve essere:

$$\psi_m = \frac{\Delta p_d}{L_{tot}} \quad (5)$$

Ove:

- ψ_m è la perdita specifica media per il circuito più sfavorito, (Pa/m);
- Δp_d è la perdita di pressione per attrito distribuito disponibile per il circuito, (Pa);
- L_t è la lunghezza geometrica totale del circuito più sfavorito, (m).

In questa relazione non è noto il numeratore, cioè a priori non sappiamo valutare quanto vale la Δp_d ma sappiamo che deve essere:

$$\Delta p_{pompa} = \Delta p_d + \Delta p_c \quad (6)$$

Scegliamo la pompa di circolazione in base alla portata totale della rete che si può calcolare nota la potenza del generatore e il salto termico imposto al fluido di lavoro:

$$m = \frac{Q_{generatore}}{\Delta t_{fluido}}$$

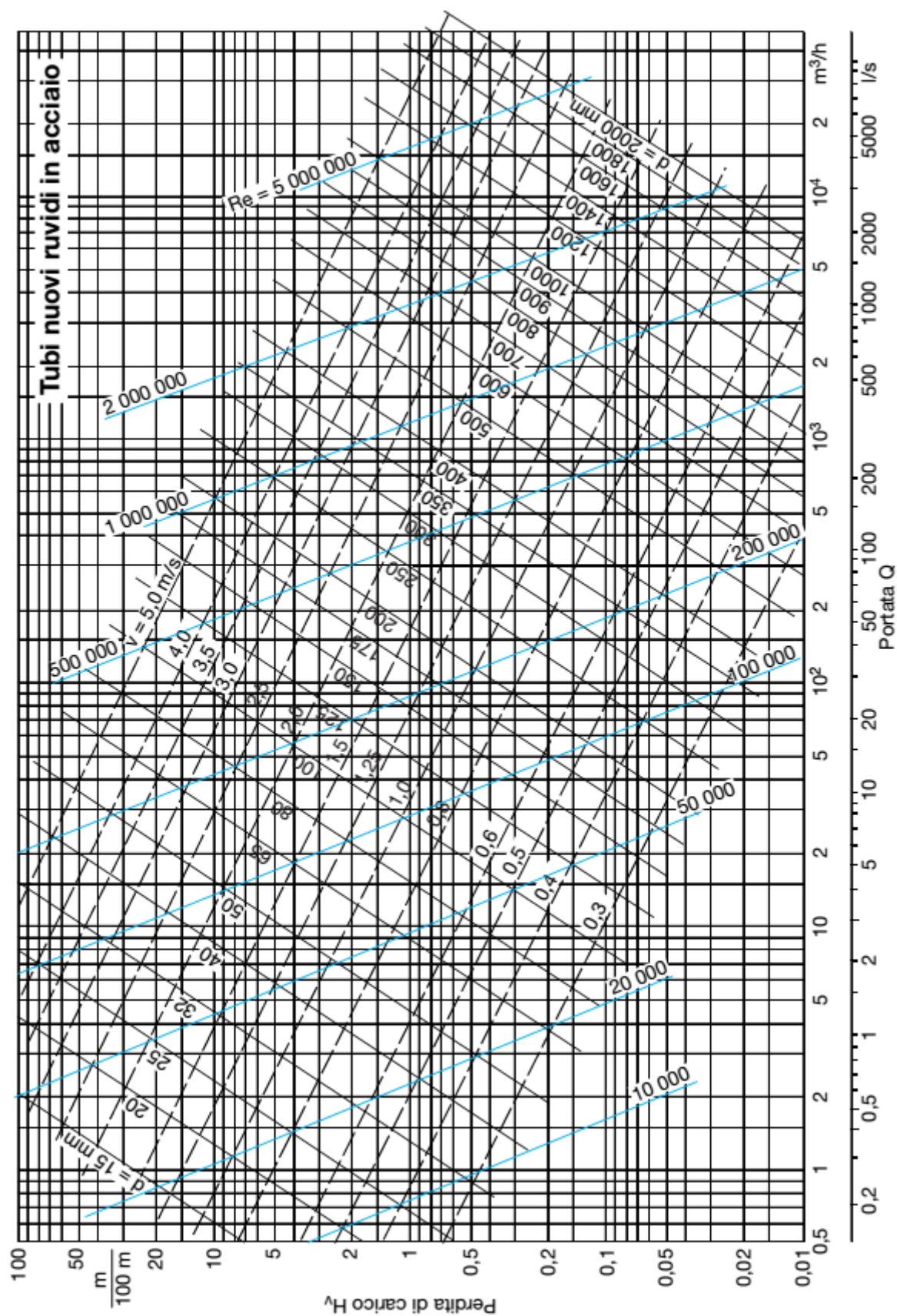


Figura 2: Perdite specifiche in tubi nuovi in acciaio con acqua a 80 °C

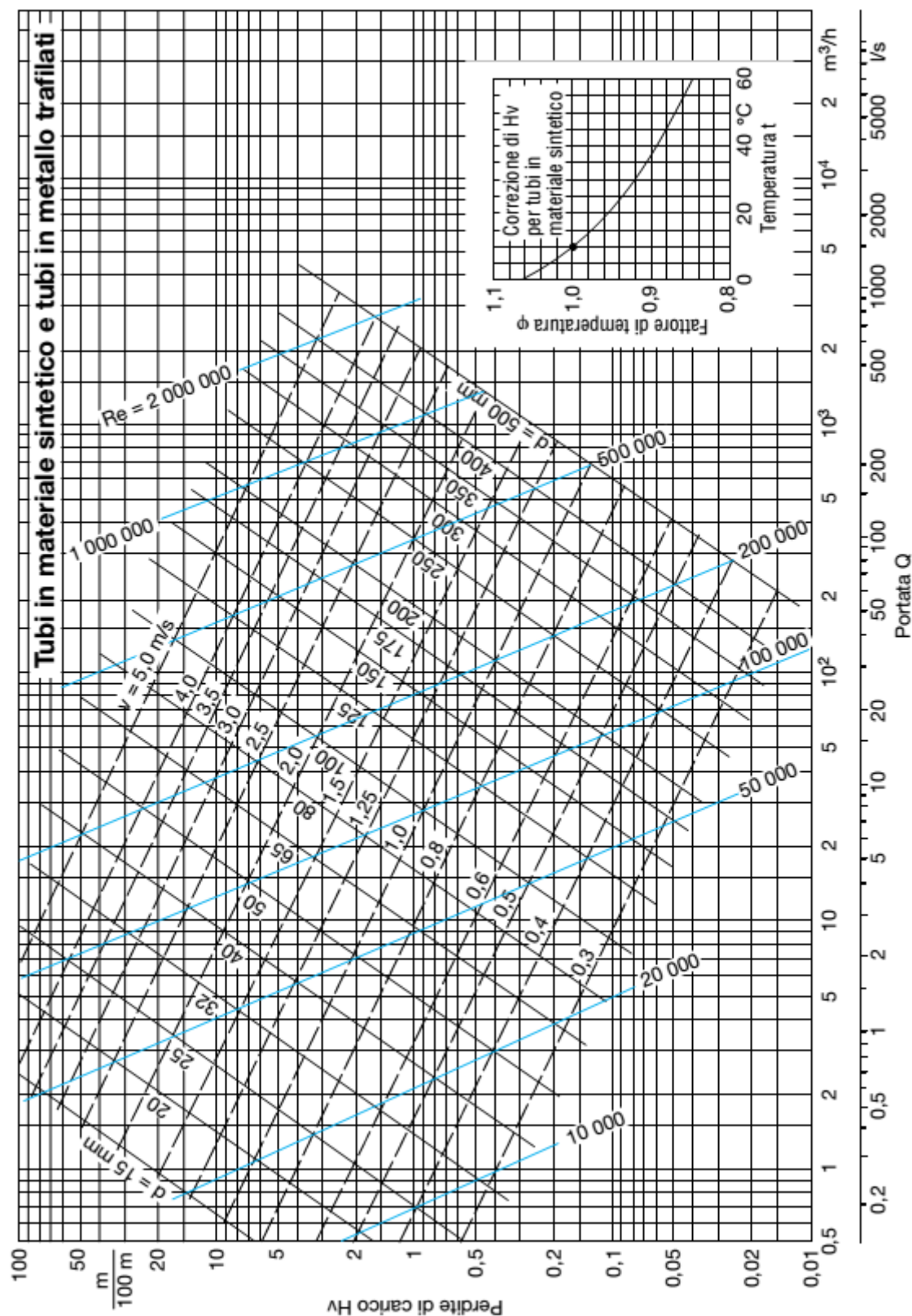


Figura 3: Perdite specifiche in tubi nuovi in materiale sintetico e tubi trafilati

Allora dai diagrammi caratteristici forniti dai costruttori si può selezionare la pompa di circolazione, avendo cura di scegliere un Δp_{pompa} opportuno³.

³ Si osservi che la prevalenza della pompa può essere selezionata in base alla grandezza della rete. Questa scelta è spesso dettata dall'esperienza del progettista.

Il vantaggio di questo metodo consiste proprio nello scegliere una pompa reale, con una prevalenza certa.

Per contro si può anche non fare questa scelta e imporre un Δp per la pompa, salvo poi cercare un dispositivo reale che abbia le caratteristiche imposte.

Se questa selezione non dovesse risultare possibile, nel senso che il circolatore reale ha una Δp minore o maggiore di quella calcolata, allora la maggiore o minore prevalenza fa redistribuire le portate nei circuiti in modo non conforme a quanto preventivato a causa delle non linearità nelle relazioni sopra indicate.

Scelta la prevalenza della pompa si deve fare ancora un'ipotesi: quale percentuale di questa è dissipata per perdite distribuite.

Nell'ambito di questo programma si introduce il rapporto delle perdite concentrate - distribuite:

$$r.c.d. = \frac{\text{Perdite Concentrate}}{\text{Perdite Distribuite}}$$

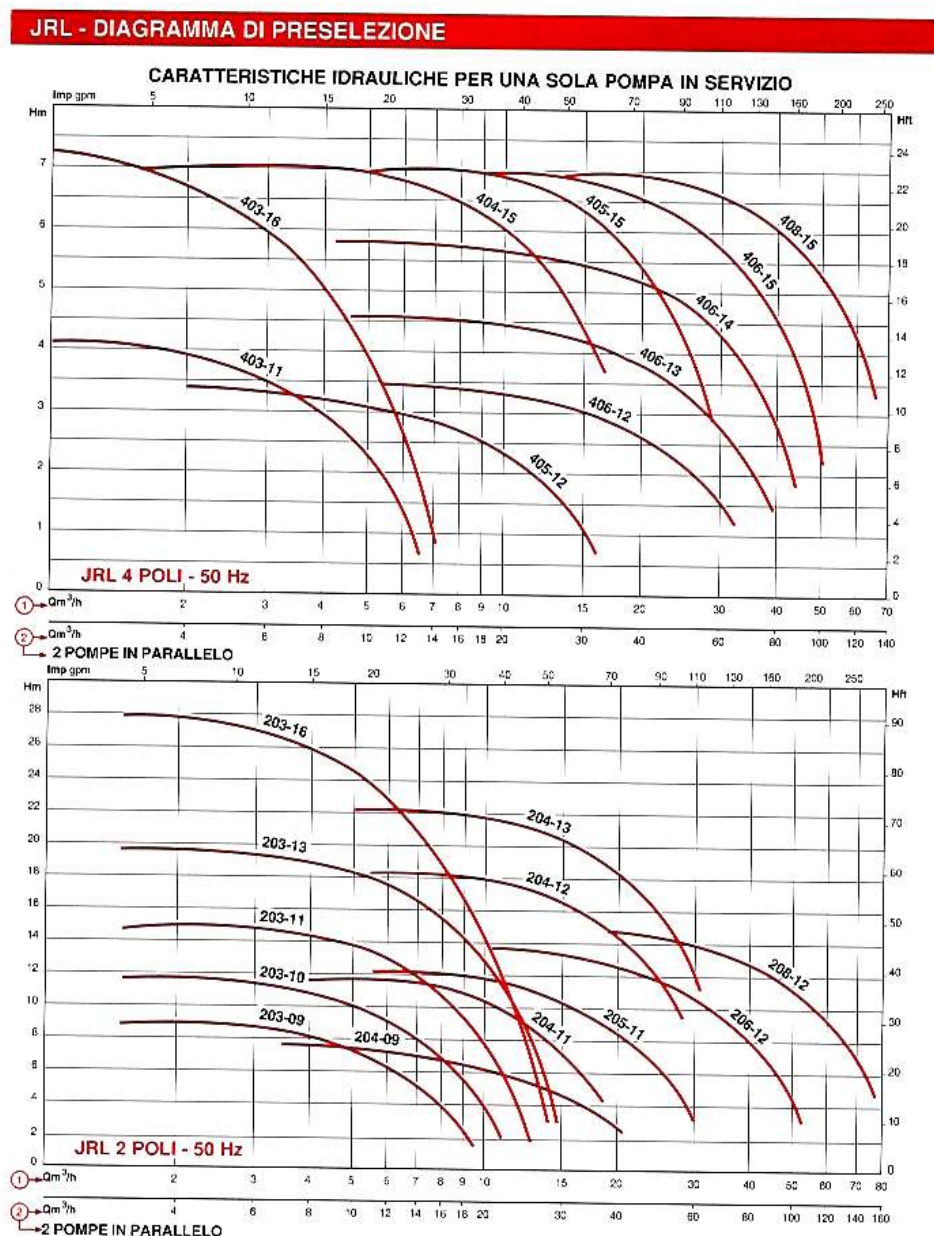


Figura 4: Curve caratteristiche reali di circolatori singoli e in parallelo

Ovviamente a priori non conosciamo alcun termine di questo rapporto per cui si può fissare ad arbitrio questo valore. Ad esempio si può assumere che il 50% sia dovuto alle perdite distribuite e 50% alle perdite concentrate ($r.c.d.=1$) ovvero si può supporre un valore diverso a seconda di come si pensi siano le perdite localizzate rispetto a quelle distribuite, nel senso che per circuiti particolarmente ricchi di elementi di *fitting* (*gomiti, deviazioni, valvole di vario genere, ...*) si può supporre che le perdite localizzate sia molto alte rispetto a quelle distribuite o viceversa.

Il programma pone all'inizio automaticamente pari ad 1 il valore di $r.c.d.$ Tale valore può essere comunque variato a piacere.

In fase di calcolo, come si dirà a breve, se ***r.c.d.*** non è imposto si assume che il 75% della prevalenza della pompa vada a bilanciare le perdite distribuite.

Questa scelta è conservativa in quanto un valore minore porta ad avere una ψ_m più bassa e quindi diametri calcolati più grandi. Vedremo più avanti come è possibile variare queste ipotesi con grande facilità. E' proprio questa possibilità che caratterizza questo programma.

Nota la ψ_m si procede a calcolare mediante la (4) o altra relazione equivalente (sia per il regime di moto che per tipologia di tubazione) il diametro di ciascun ramo.

Noto il diametro teorico si sceglie poi, sempre per ciascun ramo, il diametro reale, tenendo conto delle serie commerciali per le varie tipologie di tubazioni.

Avuto il diametro reale di ciascun ramo di ogni circuito della rete si può calcolare la caduta di pressione reale sia distribuita che localizzata e verificare che sia soddisfatta la (5). In genere la verifica non si ha a primo acchitto ma occorre variare i diametri dei vari rami dei circuiti in modo da soddisfare quest'eguaglianza.

Si osservi che la scelta del **diametro commerciale** porta ad avere discrepanze con i valori calcolati. Se si sceglie un diametro maggiore di quello teorico si ha una velocità minore ed una perdita specifica minore, viceversa se si sceglie un diametro minore rispetto a quello teorico si hanno velocità e perdite specifiche maggiori.

Di solito è preferibile scegliere diametri maggiori di quelli teorici per i **rami principali**, sia perché interessati da una maggiore portata e quindi di maggiori dimensioni, sia perché la loro perdita specifica si ripercuote su tutti i circuiti dei quali fanno parte.

Per i **rami terminali** si possono scegliere diametri inferiori a quelli teorici.

Spesso, tuttavia, si ha un limite nel diametro minimo della serie commerciale. I rami terminali, infatti, hanno piccole portate (quelle tipiche per i terminali quali radiatori, termoventilconvettori, ...) e quindi spesso necessitano di diametri piccoli che non trova corrispondenza nelle serie commerciali⁴.

Osservazione sul calcolo finale

Si osserva che una volta scelto il diametro commerciale si possono effettuare i calcoli delle perdite specifiche e localizzate con molta più precisione di quanto si possa fare inizialmente, quando la mancata conoscenza del diametro del condotto non consente di usare le relazioni di calcolo complete (vedi ad esempio il calcolo di Re , di ξ , della Δp_d e Δp_c).

Questo può comportare differenze nei risultati di calcolo finali rispetto a quelli iniziali, come si potrà verificare con gli esempi mostrati nel prosieguo.

⁴ Ad esempio, se si utilizzano tubazioni in rame non si scende mai sotto i 10 mm di diametro (valori inferiori sono utilizzati nell'industria frigoristica). Quindi imponendo questo diametro minimo si hanno notevoli scompensi alla rete, non ultima, spesso, una velocità di ramo troppo bassa (< 0.3 m/s).

1.2.4 FASI DI INPUT E DI CALCOLO

Il programma di calcolo utilizza, come già detto inizialmente, un foglio Excel organizzato come in Figura 5.

Figura 5: Il foglio di calcolo per le Reti Idroniche

Il foglio risulta suddiviso in quattro aree principali destinate all'input, al calcolo e alla verifica (detta di bilanciamento, come si vedrà nel prosieguo).

La prima area va dalla prima colonna alla 12.ma colonna ed è riservata all'input e alla prima fase di calcolo dei diametri teorici.

TRATTO	LOCALE	LUNGH.	TIPO	CARICO	CARICO	PORTATA	PORTATA	PERD SPEC	PERD SPEC	DIAMETRO	DIAMETRO
		[m]	TUBAZIONE	[kW]	[kcal/h]	[kg/s]	[kg/h]	[Pa/m]	[mm c.a./m]	teorico [mm]	Comm. [mm]
P-C1		10,00	Acciaio	7,08	6092,24	0,17	609,22	480,75	49,01	20,89	16,60
C1-C2		7,00	Acciaio	3,98	3424,52	0,10	342,45	480,75	49,01	16,85	16,60
C2-C3		7,00	Acciaio	2,36	2029,60	0,06	202,96	480,75	49,01	13,86	16,60
C1-R1	Bagno Ragazzi	8,00	Rame	0,45	390,44	0,01	39,04	961,50	98,01	7,40	8,00
C1-R2	Letto Matrimoniale	4,00	Rame	0,95	813,56	0,02	81,36	1236,22	126,02	9,20	8,00
C1-R3	Bagno Grande	5,00	Rame	0,45	390,44	0,01	39,04	1153,80	117,61	7,12	8,00
C1-R4	Letto Ragazzi	8,00	Rame	0,60	513,42	0,01	51,34	961,50	98,01	8,18	8,00
C1-R5	Scala 2° p	12,00	Rame	0,65	559,86	0,02	55,99	786,68	80,19	8,81	8,00
C2-R1	Cucina	8,00	Rame	0,20	172,00	0,00	17,20	692,28	70,57	5,86	8,00
C2-R2	Pranzo	4,00	Rame	0,23	194,36	0,01	19,44	824,14	84,01	5,91	8,00
C2-R3	Bagno	5,00	Rame	0,30	258,00	0,01	25,80	786,68	80,19	6,63	8,00
C2-R4	Salone	8,00	Rame	0,60	512,56	0,01	51,26	692,28	70,57	8,76	8,00
C2-R5	Scala 1° p	12,00	Rame	0,30	258,00	0,01	25,80	596,79	60,84	7,02	8,00
C3-R1	Ripostiglio	8,00	Rame	0,51	435,16	0,01	43,52	540,84	55,13	8,69	8,00
C3-R2	Studio	4,00	Rame	0,42	360,34	0,01	36,03	618,11	63,01	7,88	8,00
C3-R3	Bagno	5,00	Rame	0,37	317,34	0,01	31,73	596,79	60,84	7,58	8,00
C3-R4	Negozi	8,00	Rame	0,56	481,60	0,01	48,16	540,84	55,13	9,02	8,00
C3-R5	Ingresso	12,00	Rame	0,51	435,16	0,01	43,52	480,75	49,01	8,91	8,00

Figura 6: Prima parte del foglio di calcolo

La seconda area è data dalla colonna 13 ed è riservata alla selezione dei diametri commerciali conseguenti ai diametri teorici calcolati nella prima parte.

DIAMETRO	DIAMETRO
Teorico [mm]	Comm. [mm]
20,89	16,60
16,85	16,60
13,86	16,60
7,40	8,00
9,20	8,00
7,12	8,00
8,18	8,00
8,81	8,00
5,86	8,00
5,91	8,00
6,63	8,00
8,76	8,00
7,02	8,00
8,69	8,00
7,88	8,00
7,58	8,00
9,02	8,00
8,91	8,00

Figura 7: Seconda parte del foglio elettronico

La terza parte è relativa al calcolo delle perdite di pressione distribuita e localizzata nelle condizioni reali, cioè conseguenti ai diametri commerciali selezionati nella seconda parte.

DIAMETRO	VELOCITÀ	PERD. SPEC.	PERD. SPEC.	PERD. DIST.	PERD. CONC.	P. CONC. DIS.	P. TOT.	P. CIRC.	P. CIRC.	DP REGOL.
Comm. [mm]	[m/s]	[mm c.a./m]	[Pa/m]	[Pa]	[Pa]	c.d.	[Pa]	[Pa]	[m c.a.]	[Pa]
16,60	0,75	94,40	926,02	9260,21	4033,52	0,44	13293,73			
16,60	0,42	29,83	292,61	2048,28	345,32	0,17	2393,60			
16,60	0,25	10,48	102,79	719,53	121,30	0,17	840,83			
8,00	0,21	12,30	120,70	965,62	83,22	0,09	1048,84	14342,57	1,46	4088,01
8,00	0,43	53,39	523,79	2095,16	361,31	0,17	2456,47	15750,20	1,61	2680,38
8,00	0,21	12,30	120,70	603,51	83,22	0,14	686,73	13980,46	1,43	4450,12
8,00	0,27	21,27	208,66	1669,31	143,89	0,09	1813,21	15106,94	1,54	3323,64
8,00	0,30	25,29	248,10	2977,24	171,10	0,06	3148,35	16442,08	1,68	1988,50
8,00	0,09	2,39	23,45	187,64	16,15	0,09	203,79	15891,12	1,62	2539,46
8,00	0,10	3,05	29,94	119,76	20,62	0,17	140,39	15827,72	1,61	2602,86
8,00	0,14	5,38	52,73	263,66	36,34	0,14	300,00	15987,33	1,63	2443,25
8,00	0,27	21,20	207,97	1663,73	143,41	0,09	1807,14	17494,48	1,78	936,10
8,00	0,14	5,38	52,73	632,79	36,34	0,06	669,12	16356,46	1,67	2074,12
8,00	0,23	15,28	149,92	1199,36	103,37	0,09	1302,73	17830,90	1,82	599,68
8,00	0,19	10,48	102,82	411,27	70,88	0,17	482,15	17010,32	1,73	1420,26
8,00	0,17	8,13	79,76	398,78	54,97	0,14	453,75	16981,92	1,73	1448,67
8,00	0,25	18,72	183,61	1468,88	126,61	0,09	1595,49	18123,66	1,85	306,92
8,00	0,23	15,28	149,92	1799,05	103,37	0,06	1902,42	18430,58	1,88	0,00

Figura 8: Terza parte del foglio di calcolo

La quarta parte è relativa all'input delle tipologie di resistenze localizzate. Questa sezione del foglio è utilizzata in fase di preparazione del calcolo, in fase di input.

NUM. GOMIT.	UM. SARAI	NUM. DIRAM.	NUM. DIRAM.	ATTRAVERS.	SARACINESCA	COLLETTORE	ATTRAVERS.	RES. AGGIUNT.	RES. AGGIUNT.
a 90°	INTERC.	DIRITTE	ANGOLO	TERMINALE	REGOLAZIONE	COMPLANARE	GENERATORI	FATTORE C	Dp [Pa]
2	2	2	2		1		1		
2	2	2	2			2			
2	2	2	2	1		2			
2	2	2	2	1		2			
2	2	2	2	1		2			
2	2	2	2			2			
2	2	2	2	1		2			
2	2	2	2	1		2			

Figura 9: Quarta parte del foglio di calcolo

Le fasi operative sono conseguenti al metodo a perdita specifica di pressione costante, prima esposto, e precisamente:

Fase di Input dei dati

In questa fase occorre fornire al programma, organizzati per colonna, i seguenti dati:

- **Nome del ramo:** partendo da uno schema di layout della rete, nella quale si numerano i nodi e i rami, si digitano i rami indicando il nodo di sinistra e quello di destra separati da un trattino. Ad esempio, P-A o anche C1-R4, ...;
- **Nome del locale:** è una stringa mnemonica che consente di individuare facilmente il ramo nel layout o nel disegno in pianta. Non è obbligatorio. Il programma non utilizza questo dato in alcuna fase di calcolo;
- **Lunghezza:** è la lunghezza del ramo considerato, in (m). Per i casi di rami di andata paralleli e di pari lunghezza dei rami di ritorno (ad esempio negli impianti a collettore complanari) si può indicare il ramo una sola volta e digitare la lunghezza totale di andata e ritorno;
- **Tipo tubazioni:** è il tipo di tubazione che si intende utilizzare. Può essere in **Acciaio**, tubo **Gas**, **Rame** o **Polietilene**. L'Utente può digitare⁵ questi nomi o selezionarli con un

⁵ Si osservi che il programma confronta la stringa digitata per il tipo di tubazioni con quelle in memoria (Acciaio, Rame, Gas, Polietilene) e se la corrispondenza non è esatta si ha la mancanza di selezione del diametro con segnalazione di errore. E' quindi opportuno utilizzare il menu a tendina con i nomi correttamente digitati.

menu a tendina attivabile ponendo il cursore nell'angolo superiore destro della cella, come mostrato nella seguente figura;

TRATTO	LOCALE	LUNGH.	TIPO	CARICO
		[m]	TUBAZIONE	[kW]
P-A		8,00	Acciaio	4,20
A-C1		10,00	Acciaio	2,80
C1-R1	LETTO	8,00	Gas	1,00
C1-R2	STANZA	12,00	Rame	1,00
C1-R3	STUDIO	8,00	Polietilene	
A-C2		6,00	Rame	0,80
C2-R1	CUCINA	4,00	Acciaio	1,40
C2-R2	SALONE	6,00	Rame	0,40
C2-R2	SALONE	6,00	Rame	1,00

Figura 10: Selezione del tipo di tubazione con menu a tendina

Carico termico: è il carico termico dei soli rami terminali (kW). Non digitare il carico nei rami principali. In pratica si ha la situazione indicata in figura seguente.

TRATTO	LOCALE	LUNGH.	TIPO	CARICO
		[m]	TUBAZIONE	[kW]
P-C1		10,00	Acciaio	
C1-C2		7,00	Acciaio	
C2-C3		7,00	Acciaio	
C1-R1	Bagno Ragazzi	8,00	Rame	0,45
C1-R2	Letto Matrimoniale	4,00	Rame	0,95
C1-R3	Bagno Grande	5,00	Rame	0,45
C1-R4	Letto Ragazzi	8,00	Rame	0,60
C1-R5	Scala 2° p	12,00	Rame	0,65
C2-R1	Cucina	8,00	Rame	0,20
C2-R2	Pranzo	4,00	Rame	0,23
C2-R3	Bagno	5,00	Rame	0,30
C2-R4	Salone	8,00	Rame	0,60
C2-R5	Scala 1° p	12,00	Rame	0,30
C3-R1	Ripostiglio	8,00	Rame	0,51
C3-R2	Studio	4,00	Rame	0,42
C3-R3	Bagno	5,00	Rame	0,37
C3-R4	Negozi	8,00	Rame	0,56
C3-R5	Ingresso	12,00	Rame	0,51

Figura 11: Input dei carichi termici dei soli terminali

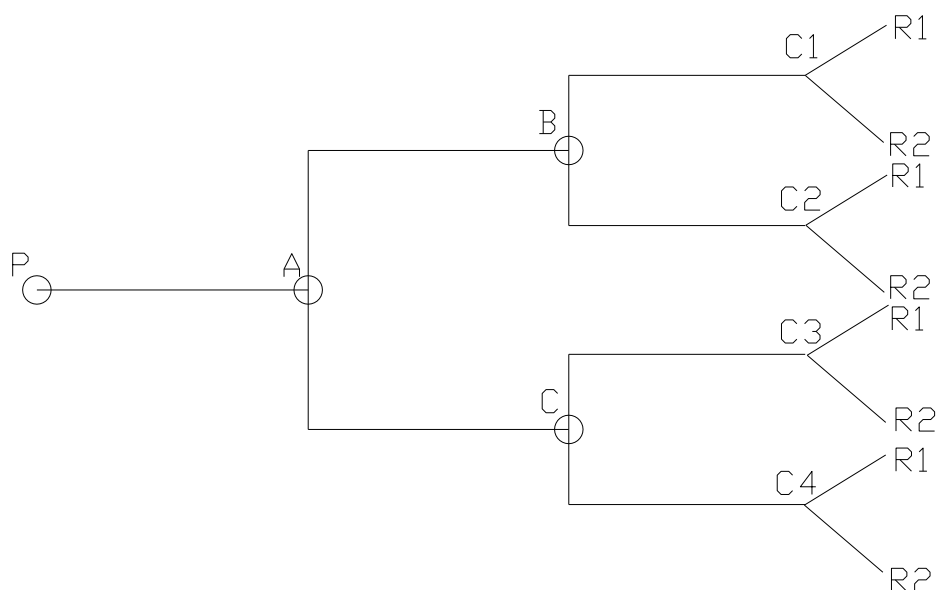


Figura 12: Esempio di nomenclatura di una rete qualsiasi.

Il programma calcola automaticamente il carico equivalente nei rami principali una volta avviata la fase di calcolo. Esso ricostruisce i circuiti partendo dai rami terminali fino ad arrivare alla pompa di circolazione. Quindi somma le portate di tutti i rami terminali che confluiscono sullo stesso ramo principale (vedasi Figura 10 per un insieme completo di dati).

L'algoritmo seguito per il calcolo dei carichi termici dei rami principali è illustrato nel grafo di flusso seguente.

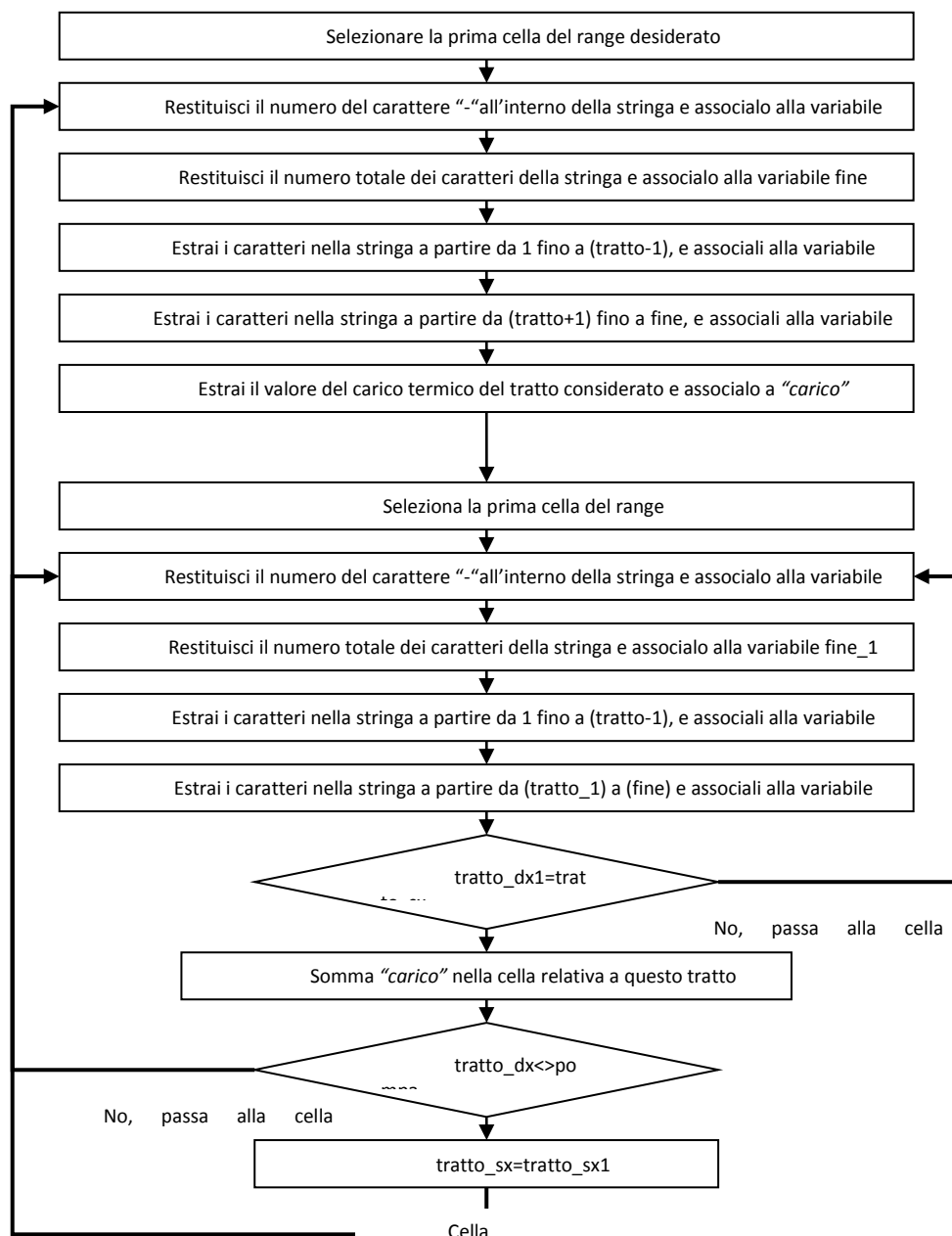


Figura 13: Algoritmo del calcolo del carico termico in ogni tratto

L'algoritmo utilizzato per il calcolo delle lunghezze dei vari circuiti è illustrato nel grafo di flusso seguente. Esso si basa sull'algoritmo di ricostruzione automatica dei circuiti a partire dai nomi dei rami digitati e delle lunghezze dei singoli rami.

Va osservato che i dati debbono essere congruenti con il layout della rete. Inoltre nel caso di circuiti i cui rami di andata e ritorno sono paralleli e con percorso simile si può

digitare solo il ramo di mandata ma con lunghezza totale doppia e con numero di perdite localizzate che tengano conto anche del ramo di ritorno.

Inoltre si osservi che le lunghezze non è necessario digitarle con pressione millimetrica, stante le approssimazioni che le procedure di calcolo introducono. Basta arrotondarla ai decimetri.

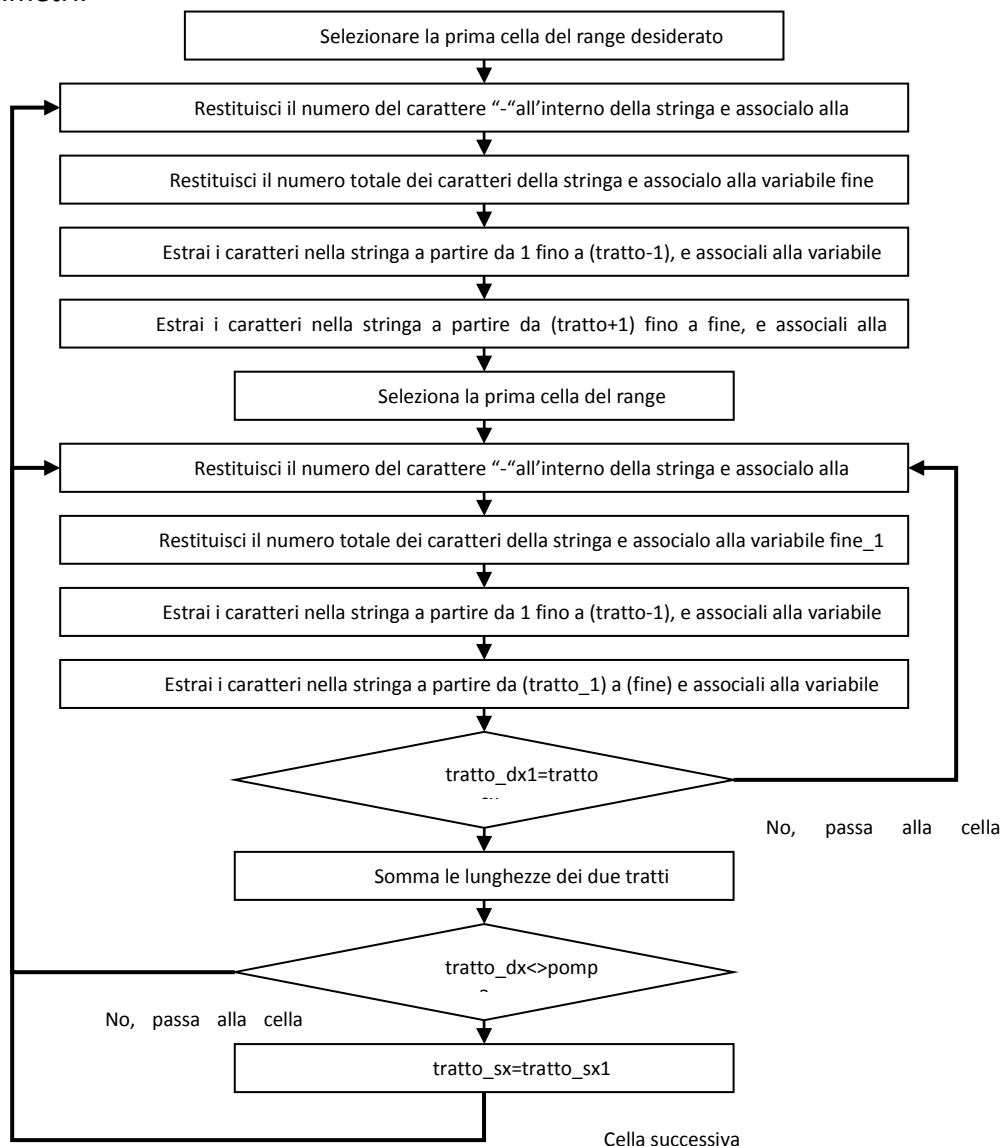


Figura 14: Algoritmo per la somma delle lunghezze del circuito relativo al tratto

- **Tipo di resistenze localizzate:** per ciascun ramo, avendo dinnanzi a sé il layout della rete, occorre indicare il numero delle resistenze localizzate, secondo la tipologia prevista dal programma, come indicato in figura:

NUM. GOMITI a 90°	NUM. SARA INTERC.	NUM. DIRAM. DIRITTE	NUM. DIRAM. ANGOLO	ATTRAVERS TERMINALE	SARACINESCA REGOLAZIONE	COLLETORE COMPLANARE	ATTRAVERS GENERATORE	RES. AGGIUNT FATTORE C	RES. AGGIUNT Dp [Pa]
2	2	2	2		1		1		
2	2	2	2			2			
2	2	2	2	1		2			
2	2	2	2	1		2			
2	2	2	2			2			
2	2	2	2	1		2			
2	2	2	2	1		2			

Figura 15: Input delle tipologie di resistenze localizzate

Il programma attribuisce automaticamente i fattori di Darcy per ciascuna tipologia di perdita localizzata, come illustrato dalla testata di figura.

Valori riferiti al diametro 8-16 mm									
FATTORE	FATTORE	FATTORE C	FATTORE C	FATTORE C	KV [m³/h]	FATTORE C	FATTORE C	FATTORE C	DP TOTALE
2	10	1	3	3	Calcolato	1	3	TOTALE	
NUM. GOMITI a 90°	UM. SARACINESCA INTERC.	NUM. DIRAM. DIRITTE	NUM. DIRAM. ANGOLO	ATTRAVERS. TERMINALE	SARACINESCA REGOLAZIONE	COLLETTORE COMPLANARE	ATTRAVERS. GENERATORE	RES. AGGIUNTI FATTORE C	RES. AGGIUNTI Dp [Pa]

Figura 16: Fattori di Darcy delle varie perdite localizzate

Per le saracinesche di regolazione il programma calcola automaticamente il coefficiente K_v mediante la relazione:

$$K_v = 0.0169 d^2 - 0.0892 d + 0.404$$

E pertanto la perdita di pressione della valvola è data da (in Pa):

$$\Delta p_{valvola} = 0.09996 \left(\frac{m}{K_v} \right)^2$$

Si osservi che i *fattori di Darcy* sopra indicati sono quelli di default del programma per diametri fra 8 e 16 mm. Il programma varia questi fattori a seconda del valore dei diametri:

- fra 8 e 16 mm il fattore di correzione è 1;
- fra 28 e 54 mm il fattore di correzione è 0.85;
- oltre 54 mm il fattore di correzione è 0.7.

Si possono modificare i valori base dei fattori di Darcy direttamente nel foglio di calcolo.

Queste modifiche hanno valore solo per il progetto in corso.

Dopo una re inizializzazione del foglio di calcolo vengono nuovamente ripristinati i valori di default⁶.

Fase di calcolo

La fase di calcolo prosegue secondo l'algoritmo indicato in precedenza ed illustrato dal grafo di flusso di Figura 17. In esso è anche illustrato il procedimento di ricostruzione automatica dei circuiti in base alle etichette fornite.

Si osservi che sia per il calcolo dei carichi termici dei rami principali che per le perdite di pressione dei circuiti si utilizza lo stesso algoritmo di formazione dei circuiti del quale si parlerà nel successivo paragrafo.

L'input dei rami è fondamentale per la corretta costruzione dei circuiti e quindi per il calcolo finale di dimensionamento della rete idronica, come si dirà nel successivo paragrafo.

Si tratta di un metodo semplice di ricostruzione della rete ma che richiede attenzione nella fase di input dei dati da parte dell'Utente.

⁶ Si possono anche modificare i valori di default ma questo richiede la modifica del codice VBA del Modulo1 attivabile mediante i tasti ALT F11. Si raccomanda di non utilizzare questa procedura se non si è pratici di programmazione VBA perché si rischia di inficiare e/o bloccare il funzionamento del programma.

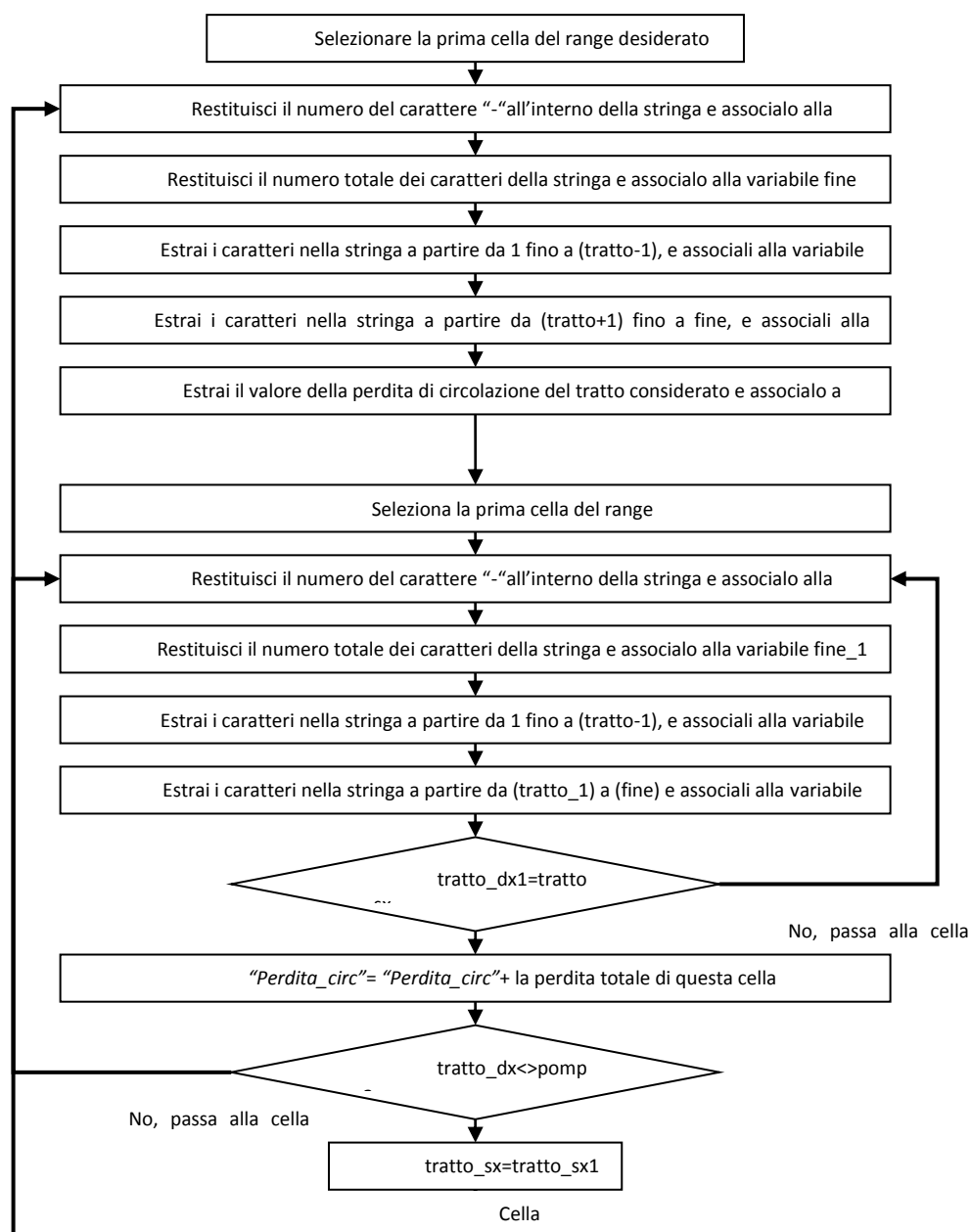


Figura 17: Algoritmo di calcolo delle perdite totali del circuito

Etichettatura dei rami

L'etichettatura dei rami è di fondamentale importanza per il corretto funzionamento del programma. Esso, infatti, riesce a costruire il layout dell'intera rete mediante un processo ad **albero inverso**. L'Utente assegna a suo piacimento due lettere che individuano rispettivamente la **pompa di circolazione** e il prefisso dei **terminali**, come indicato in figura seguente.

	3	4	5	6
Prefisso assegnato alla pompa =				P
Prefisso assegnato ai terminali =				R

Figura 18: Selezione dei prefissi per la pompa e per i terminali

Si possono scegliere lettere diverse. Di solito si scelgono lettere onomatopoeiche per ricordarne la funzione. Ad esempio F per fan coil, R per radiatori, T per terminale generico.

Si osservi che queste lettere non possono più essere utilizzate per indicare i nodi della rete. Quindi se si sceglie R per indicare i radiatori i nodi non possono avere questa lettera come iniziale.

I nomi dei rami possono essere digitati come si vuole a patto che **non contengano spazi** e che i nodi siano separati dal **trattino (-)**. I nomi dei nodi possono essere scelti come si desidera ricordando che se ci sono terminali questi devono contenere il prefisso selezionato.

Ad esempio si osservi la rete di figura seguente.

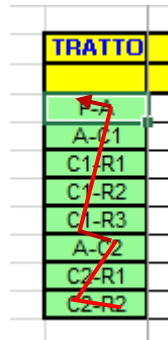


Figura 19: Esempio di input di una rete

Partendo da questo esempio il programma, una volta lanciato il calcolo, cerca un ramo che contenga il prefisso di terminale (in questo caso la lettera **R**). Ad esempio si consideri il ramo C2.R2.

Dato il ramo terminale (c'è R2) il programma legge il nodo di sinistra (C2) e cerca nell'elenco dei rami il ramo che contiene C2 nel nodo di destra. Trova (sempre per l'esempio considerato) il ramo A-C2. Ripete la procedura: legge il nodo di sinistra (A) e cerca un altro ramo che contenga A nel nodo di destra e trova P-A. La ricerca si ferma perché il nodo di sinistra è il simbolo **P** prescelto per la pompa. In questo modo il circuito è:

P-A, A-C2, C2-R2

Allo stesso modo ricostruisce i circuiti per gli altri terminali:

P-A, A-C2, C2-R1

P-A, A-C1, C2-R3

P-A, A-C1, C2-R2

P-A, A-C1, C2-R1

Nell'esempio si è indicato con C il collettore complanare. **I rami terminali possono avere nomi eguali, quel che conta che il ramo sia distinto.** Ad esempio C1-R1 è diverso da C2-R1 perché i nodi di sinistra si riferiscono ai collettori C1 e C2 diversi.

Si osservi che nell'esempio qui esposto si considerano **i rami di ritorno paralleli a quelli di mandata** e pertanto si è fornita una **lunghezza doppia dei singoli rami**.

Se si desidera si può digitare anche la rete di ritorno che avrà come ramo terminale la pompa.

In Figura 20 si ha un esempio di rete per 6 fan coil con ritorno inverso (anello di *Tickelmann*, vedi Figura 21). In questo caso il programma effettua la ricerca dei circuiti applicando il metodo dell'albero inverso per i tubi di mandata e per i tubi di ritorno.

In figura si ha l'indicazione della ricerca che partendo dalla pompa *p* arriva al fan coil F1 e ritorna alla pompa *p*. il circuito completo risulta:

p-A; A-F1; F1-G; H-H; H-I; I-L; L-M; M-p

La stessa procedura si segue per reti complete di tubazioni di mandata e di ritorno.

E' importante tenere presente che, perché si possa eseguire correttamente la ricostruzione della rete, debbono esserci rami **terminali** (cioè che hanno nel nodo di destra un terminale correttamente impostato) e che ci sia la **pompa** con il giusto prefisso.

La **pompa determina l'inizio e la fine della ricerca ad albero inverso** sia per le tubazioni di mandata che per quelle di ritorno.

TRATTO	LOCALE
p-A	
A-B	
B-C	
C-D	
D-E	
A-F1	FAN COIL
F1-B	
B-F2	FAN COIL
F2-G	
G-H	
C-F3	FAN COIL
F3-H	
H-I	
D-F4	FAN COIL
F4-I	
I-L	
E-F5	FAN COIL
F5-L	
L-M	
E-F6	FAN COIL
F6-M	
M-p	

Figura 20: Esempio di rete con ritorno inverso

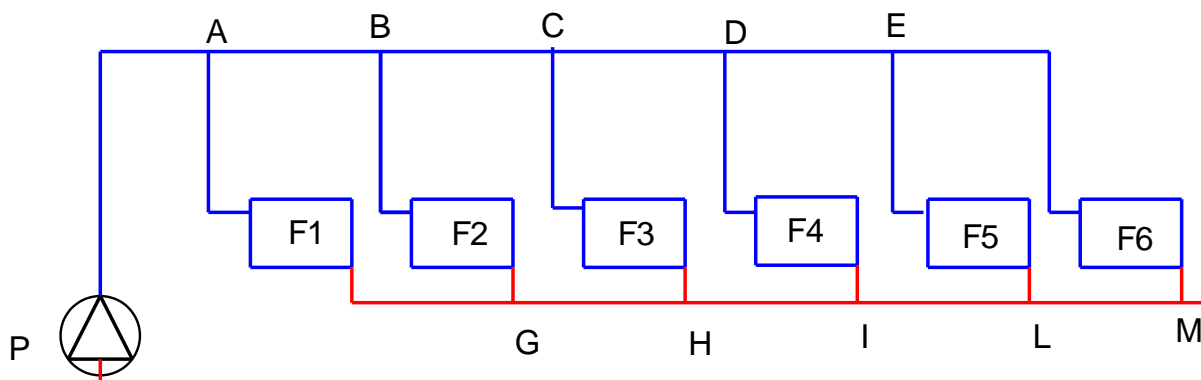


Figura 21: Rete coi 6 fan coil a ritorno inverso

Allo stesso modo si possono trovare i circuiti di reti ben più complesse, come quella indicata in Figura 22 che riporta alcuni rami per un ospedale (130 rami e 96 circuiti). Si osservi che il prefisso per il terminale è la lettera **F** per indicare in fan coil.

Per facilitare il lavoro è opportuno avere un layout dell'intera rete già quotata (cioè con la lunghezza dei rami esplicitata) e con l'etichettatura dei nodi e dei terminali predisposta.

Si osservi che perché l'algoritmo di ricostruzione dei circuiti funzioni occorre porre attenzione a che siano rispettate queste regole:

[illegible]

Figura 22: Esempio di una rete complessa

- *i rami principali devono essere indicati preferenzialmente prima dei rami terminali;*
- *le etichette debbono essere coerenti, cioè deve essere possibile passare dal generico terminale alla pompa senza soluzione di continuità;*
- *non debbono esserci celle vuote perché l'algoritmo interpreta la prima cella vuota come fine del range di ricerca per la formazione dei circuiti;*
- *i nomi dei rami debbono avere il trattino (-) di separazione;*
- *non debbono esserci spazi nei nomi dei rami;*
- *porre attenzione alle maiuscole e alle minuscole perché il programma è case – sensitive e quindi le tratta diversamente (p è diverso da P, come pure r è diverso da R, ...).*

1.3 SELEZIONE DELLA PREVALENZA DELLA POMPA

Il metodo a perdita specifica di pressione costante ha il vantaggio, come accennato in precedenza, di pervenire ad una rete calcolata maggiormente equilibrata rispetto al metodo della velocità imposta per singolo ramo.

E' intuitivo, infatti, immaginare che i circuiti di minore lunghezza (supponendo una stessa tipologia di componenti di *fitting*, cioè che ci siano lo stesso numero di gomiti e valvolame vario per ciascun ramo) la caduta di pressione totale sia inferiore rispetto a quella dei circuiti di maggiore lunghezza. Pertanto se i circuiti hanno cadute di pressione totali diverse l'una dall'altra (si ricordi che tutti i circuiti sono in parallelo alla stessa pompa di circolazione e che si ha una sola prevalenza disponibile) allora si avrà un riequilibrio delle portate tale da avere le stesse cadute di pressione.

Ne segue che i circuiti più corti (meglio quelli con minore cadute totali di pressione) avranno una portata maggiore mentre quelli più lunghi (meglio quelli con maggiore caduta di pressione totale) avranno portate minore di quelle nominali.

Il metodo a $\psi = \text{cost}$ cerca di avere cadute di pressione per attrito distribuito il più possibile vicine fra i vari circuiti. Se le tipologia di perdite localizzate è comune per ogni ramo allora si avranno circuiti abbastanza equilibrati. Il gioco della scelta dei diametri commerciali, purtroppo, non rende il metodo esatto fin dal primo calcolo. Occorre, quindi, effettuare un'equilibratura per cercare di avere una perdita di pressione totale perfettamente uguali per tutti i circuiti, come si vedrà nel prosieguo.

Per potere calcolare la perdita specifica del circuito più sfavorito occorre inizialmente conoscere la Δp disponibile dalla pompa di circolazione e di questa ipotizzare l'aliquota utilizzata per le perdite distribuite e per quelle localizzate.

Si procede ponendo il rapporto r.c.d. pari ad un valore iniziale (nel caso di default è pari a 1, cioè 50% della Δp totale è utilizzata dalle perdite localizzate e 50% per le perdite distribuite) e quindi si può ritenere nota la perdita totale per resistenze distribuite. Quindi è:

$$\psi_{\text{medio.max}} = \frac{\Delta_{P_{\text{totale.distribuito}}}}{L_{\text{circuito.piu.lungo}}}$$

Nasce il problema di ipotizzare il Δp totale del circolatore. La portata totale nella rete e che attraversa il circolatore è calcolabile nota che sia la potenza termica del generatore, cioè:

$$\dot{m} = \frac{Q_{\text{Generatore}}}{c_p \Delta t}$$

ove si ha:

- $Q_{\text{Generatore}}$ *Potenzialità termica del generatore, W;*

- Δt differenza di temperatura di progetto ($T_{mandata} - T_{ritorno}$), °C
- c_p calore specifico dell'acqua pari a 4186 J/(kg.K).

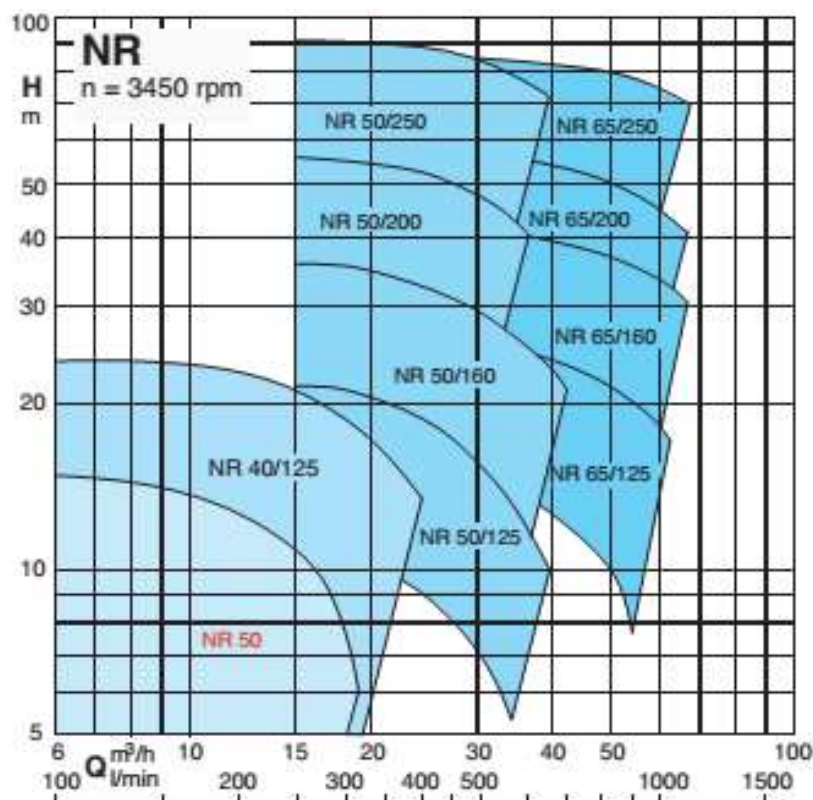


Figura 23: Esempio di diagrammi a conchiglie dei circolatori

Nota la portata totale si può utilizzare il diagramma a conchiglia (vedi Figura 23) per selezionare un circolatore.

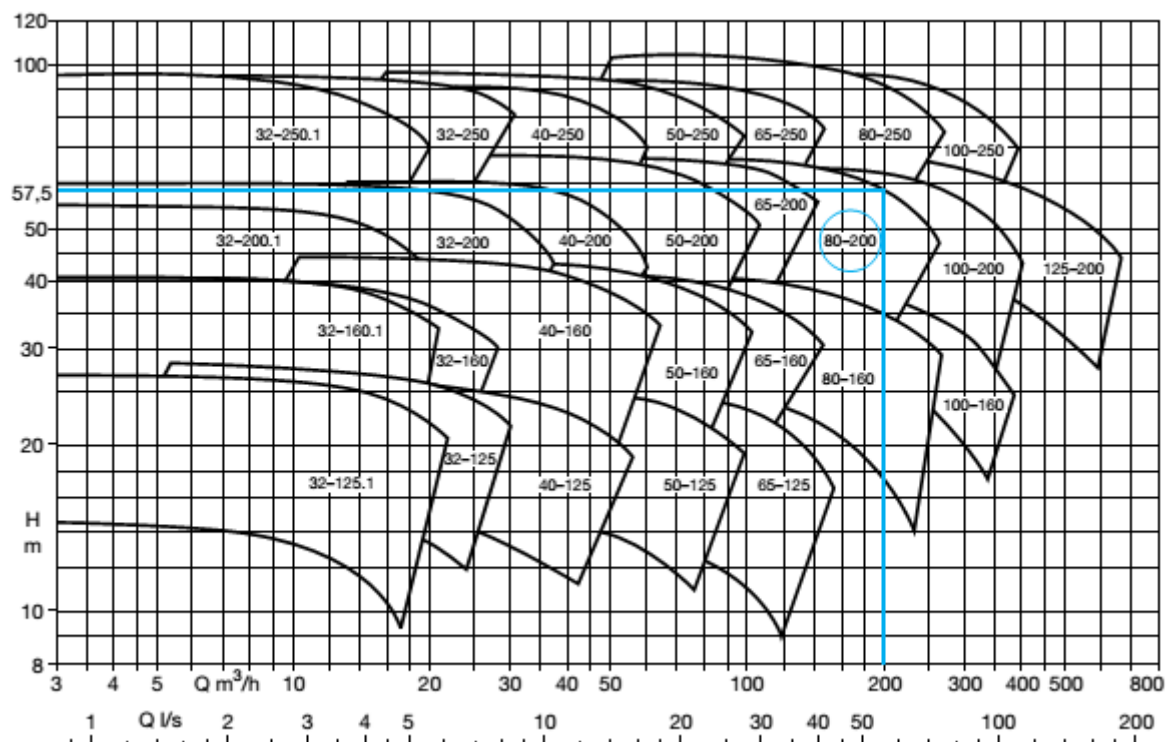


Figura 24: Selezione del circolatore

Si osservi che ogni conchiglia rappresenta la zona di lavoro di un circolatore a diverse velocità. Pertanto per il selezionatore indicato si ipotizza di lavorare ad una velocità intermedia.

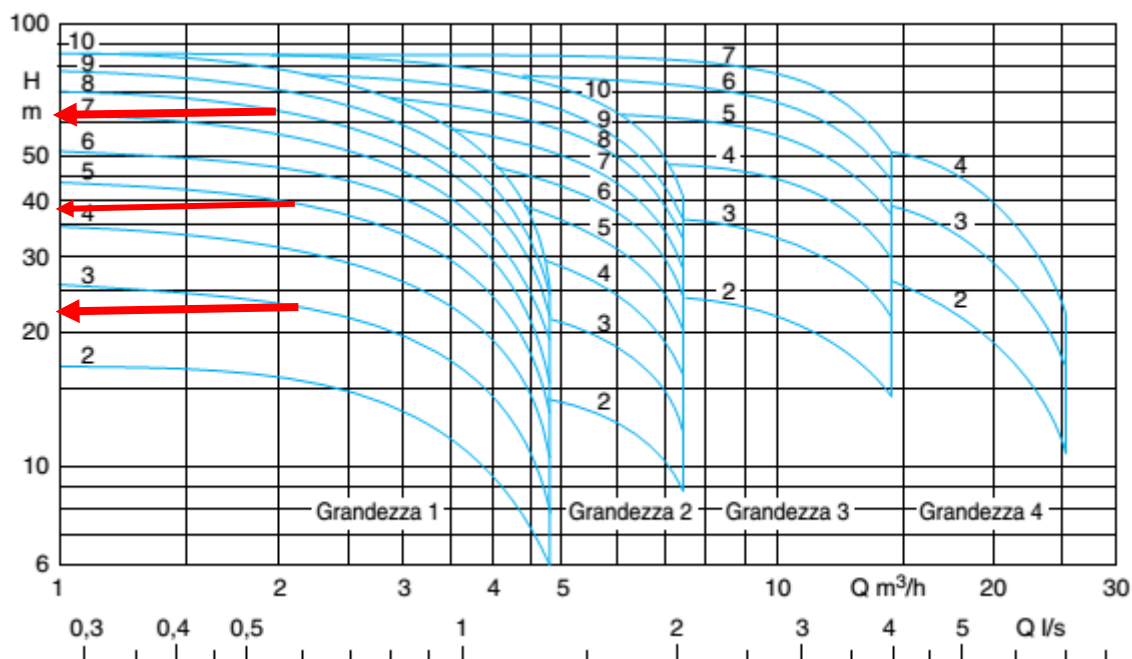


Figura 25: Variazione di Δp per un circolatore

Si osservi ancora come il diagramma a conchiglia offra una copertura molto vasta da portate totali piccole verso portate maggiori e come per ogni portata è possibile scegliere fra una Δp bassa, media o alta (come rappresentato nella figura seguente).

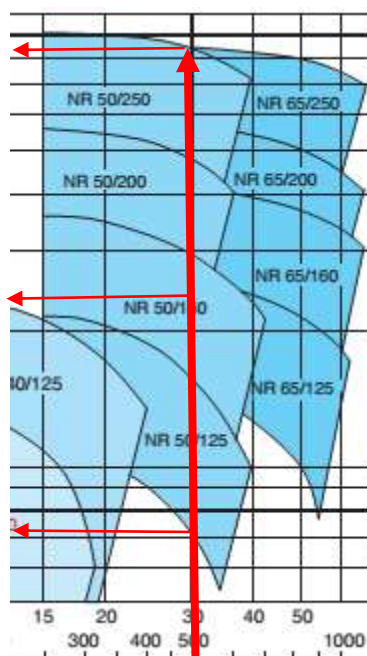


Figura 26: Variabilità della prevalenza fra più tipologie di circolatori

La scelta del circolatore è in parte soggettiva ed è dettata da numerosi fattori. In primo luogo è opportuno ricordare che:

- Al crescere della Δp totale si hanno:

- *Diametri più piccoli;*
- *Velocità più grandi;*
- *Rumorosità maggiore;*
- *Potenza di pompaggio maggiore.*
- *Al decrescere della Δp totale si hanno:*
 - *Diametri più grandi;*
 - *Velocità minori;*
 - *Rumorosità minore;*
 - *Potenza di pompaggio minore.*

Il progetto di una rete tecnologica **non è, pertanto univoco**, ma dipende dalle diverse opzioni progettuali e cioè:

- *Dalla Δp totale del circolatore;*
- *Dall'estensione della rete (in particolare dal circuito di lunghezza maggiore);*
- *Dal rapporto iniziale r.c.d. ipotizzato (un r.c.d. grande favorisce le perdite localizzate e quindi porta a diametri di calcolo maggiori);*
- *Dalla presenza delle resistenze localizzate, più o meno numerose a seconda della tipologia di progetto.*

Un criterio semplice per selezionare il circolatore è di ipotizzare un valore di Δp pari a:

- $8000 \div 10000 \text{ Pa per piano};$
- $\psi = 100 - 1000 \text{ Pa/m}.$

Ovviamente occorre sempre tenere presente la lunghezza massima del circuito più sfavorito. Se si ipotizza $\psi = 100 \text{ Pa/m}$ e la lunghezza del circuito più sfavorito è 100 m allora si ha $\Delta p_d = 100 \times 100 = 10000 \text{ Pa}$. Se, si ha una lunghezza di 500 m (rete estesa per edifici pubblici, ospedali, ...) allora è $\Delta p_d = 100 \times 500 = 50000 \text{ Pa}$.

Il vantaggio di selezionare all'inizio il circolatore è anche quello di avere un Δp_t compatibile con i cataloghi commerciali. Cioè non si rischia di avere un Δp_t ed una portata totale m che non hanno un circolatore commerciale reale possibile, cioè con Δp_t troppo basso o troppo alto.

1.3.1 PROCEDURA OPERATIVA

Il foglio di calcolo **Reti_Idroniche** ha la caratteristica di lasciare totalmente libero l'Utente di effettuare tutti calcoli senza alcun vincolo. In breve è possibile ottimizzare il progetto della rete tecnologica cercando di massimizzare il parametro desiderato (peso delle tubazioni, rumorosità prodotta, potenza di pompaggio, ...).

Pertanto l'invito all'Utente è quello di sperimentare più ipotesi fino a trovare la soluzione ritenuta migliore.

Si ricordi che la sequenza di calcolo è sempre:

- *Calcolo dei diametri teorici;*
- *Selezione dei diametri commerciali;*
- *Equilibratura della rete.*

Tranne che per il **calcolo automatico** dove il programma fra tutto senza alcun intervento esterno, tutte le fasi singole **non vanno mai a cambiare i diametri commerciali**. Pertanto è possibile modificarli come si vuole e vedere poi l'effetto sulla rete mediante la fase di bilanciamento (menu **Bilancia**).

Si ricordi quanto sopra detto a proposito della Δp iniziale: un valore troppo basso porta ad avere tubazioni grandi mentre un Δp troppo alto porta ad avere tubazioni con diametri piccoli ma rumorosi.

Si possono effettuare calcoli diversi con ipotesi diverse, sia per il Δp che per il rapporto $r.c.d.$, e determinare la soluzione migliore.

La fase di bilanciamento (menu **Bilancia**) deve essere eseguita ogni volta che si modificano uno o più diametri manualmente. Questa procedura oltre a calcolare le perdite distribuite e localizzate di ciascun circuito calcola anche le resistenze di bilanciamento rispetto al circuito più sfavorito.

2. USO DEL PROGRAMMA – FASE DI INPUT

Vediamo adesso più dettagliatamente come si utilizza il programma e come è possibile utilizzare la potenza di Excel per velocizzare le operazioni sia di input che di calcolo.

2.1 AVVIAMENTO DEL PROGRAMMA DI CALCOLO

Appena avviato il foglio Excel **Reti_Idroniche** si ha il menù seguente nel quale appare l'indicazione di **COMPONENTI AGGIUNTIVI**. Se si clicca su questa voce si ha, nella riga in basso, un ulteriore elenco delle voci relative al menù del programma.



Figura 27: Menù iniziale

Questo menu contiene le seguenti voci:

- **Nuovo Foglio:** Consente di ripulire il foglio di calcolo denominato **Rete_Idronica** (foglio di lavoro di default) o di reinizializzare un progetto già presente;
- **Riepiloga:** Consente di avere un input guidato mediante una finestra riepilogativa dei dati;
- **Calcola:** Avvia le fasi di calcolo dei diametri teorici o della procedura di calcolo totale della rete idronica;
- **Diametri:** Avvia la selezione automatica dei diametri commerciali, una volta effettuata la sola fase di calcolo dei diametri teorici precedente;
- **Bilancia:** Avvia la fase di bilanciamento dei circuiti con il calcolo delle perdite distribuite e localizzate di ciascun circuito della rete;
- **Archivia:** Consente di memorizzare il progetto o di richiamarne uno già in archivio;
- **Stampa:** Consente di stampare il foglio di calcolo attivo al momento della stampa.

Ciascuna voce di menu è guidata da una o più finestre, come si vedrà dettagliatamente nel prosieguo.

Osservazione

Se non compare la voce **COMPONENTI AGGIUNTIVI** all'avvio del foglio di calcolo allora le impostazioni generali di Excel non consentono di attivare le macro. In questo caso occorre andare nel menù **INFORMAZIONI** di Excel, vedi Figura 28 e selezionare la voce **Opzioni** ottenendo la finestra di Figura 29. In questa selezionare **Centro protezione** e quindi la label **Impostazioni Centro Protezione**. Dalla nuova finestra selezionare **Impostazioni macro** ottenendo la finestra di Figura 31 nella quale è possibile attivare le macro del foglio di calcolo.

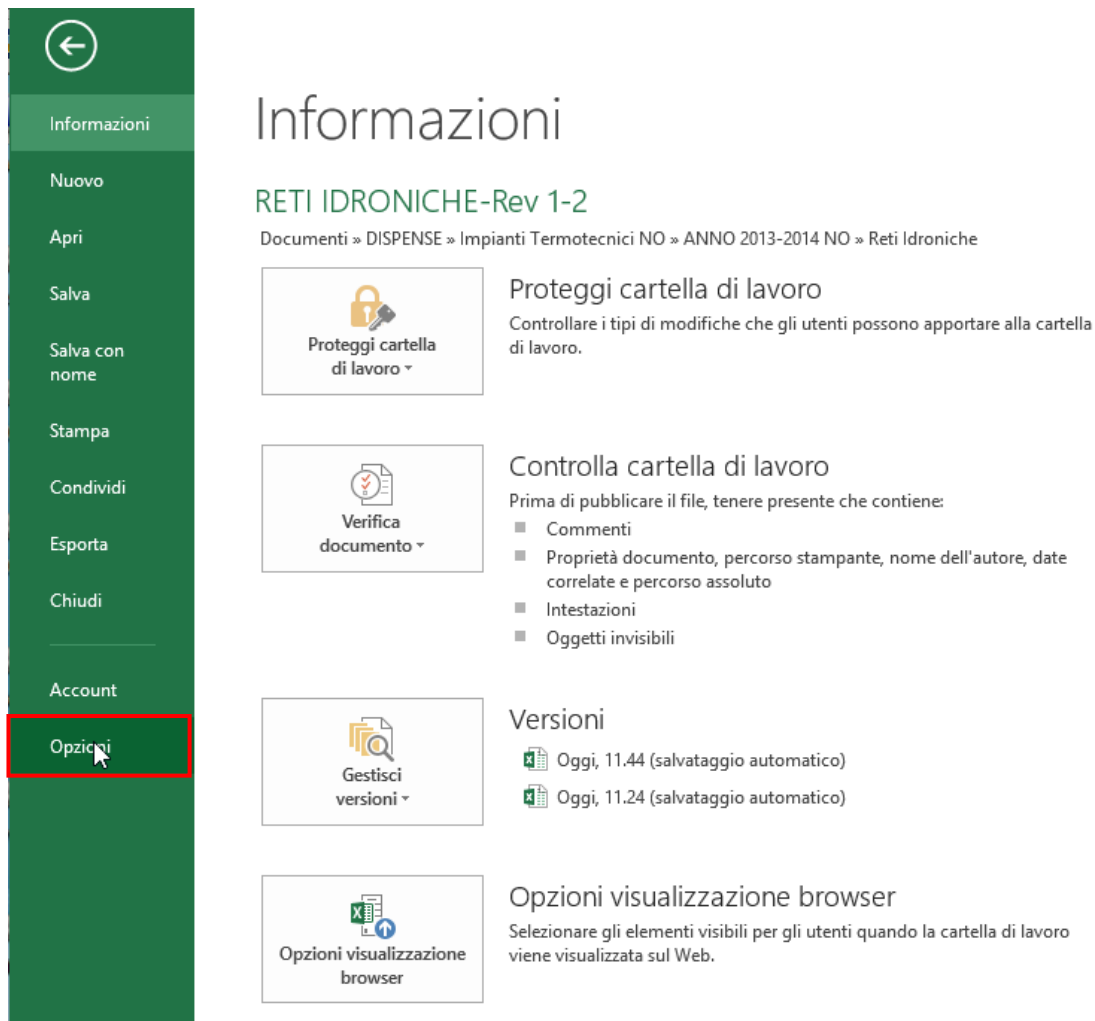


Figura 28: Menù INFORMAZIONI di Excel

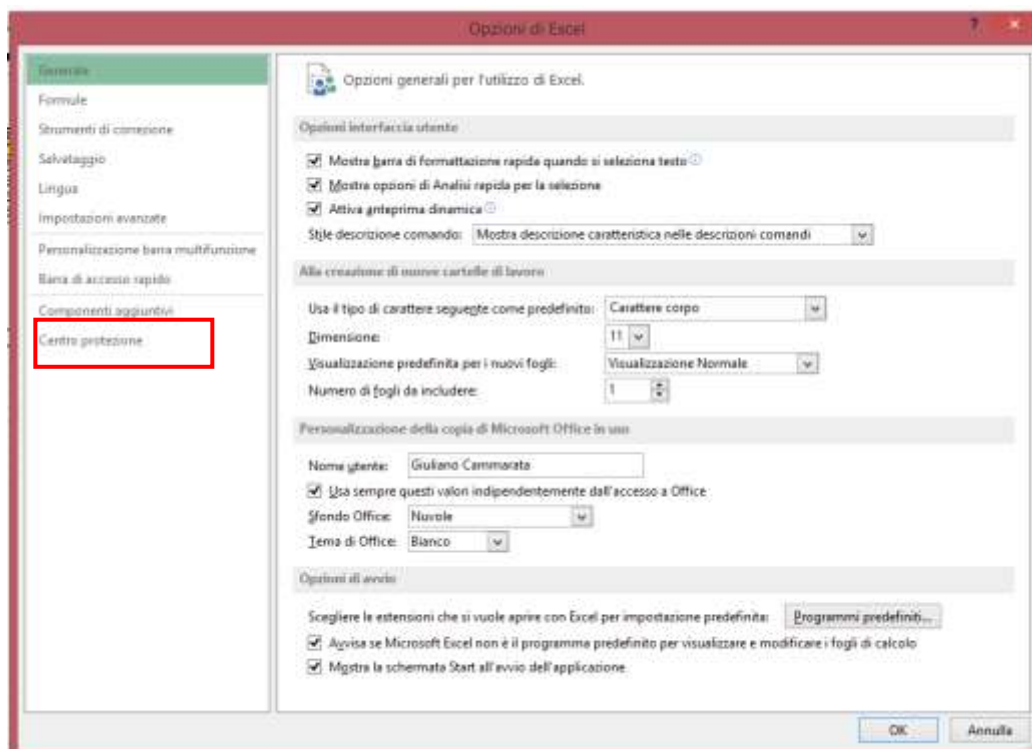


Figura 29: Finestra del menu OPZIONI

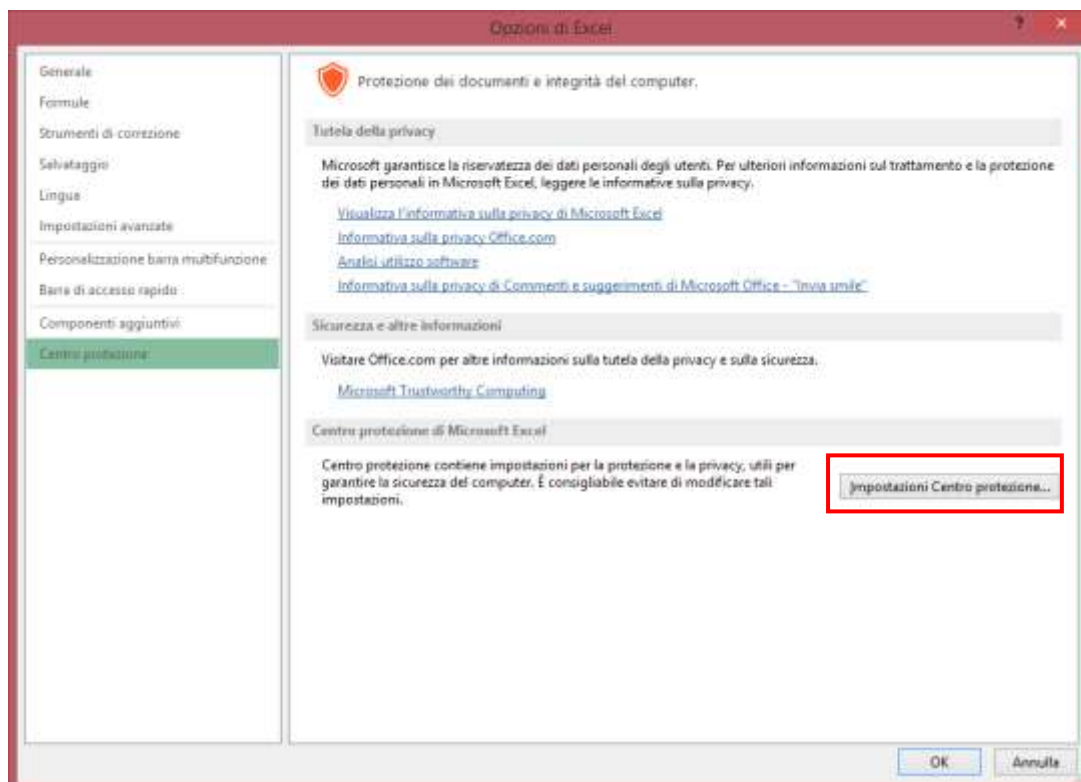


Figura 30: Opzione Centro Protezione

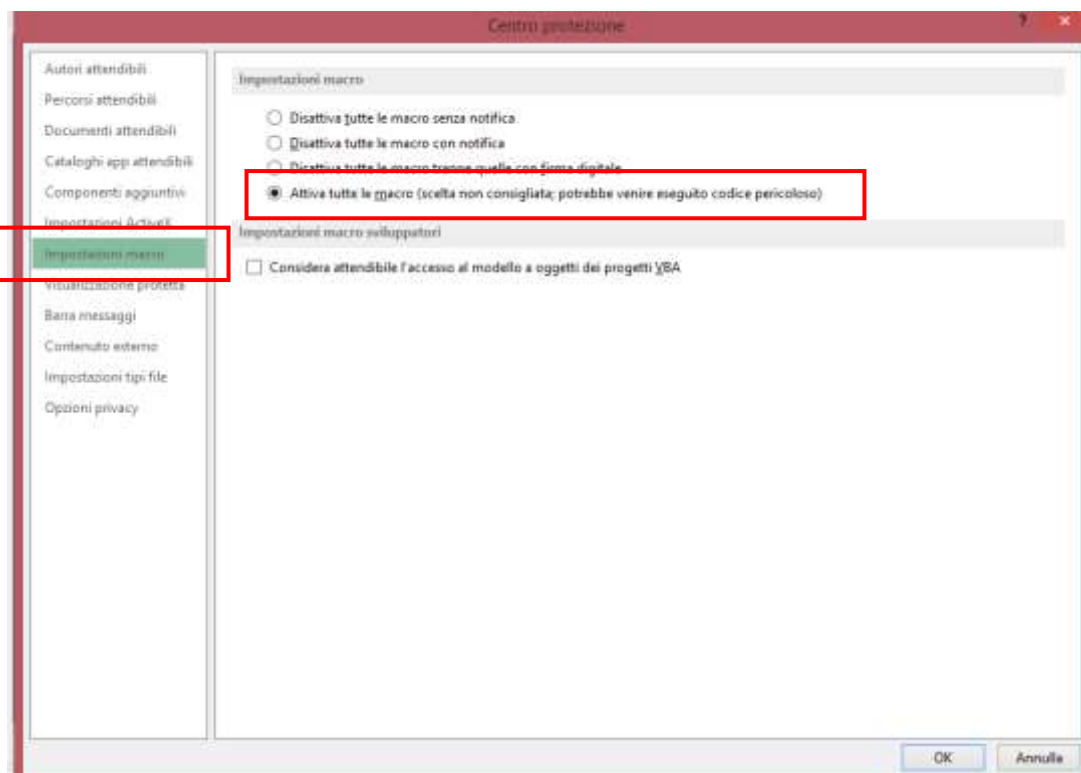


Figura 31: Protezione per Impostazioni macro

Dalle opzioni della finestra centrale selezionare la voce **Attiva tutte le macro**.

Si osservi che la procedura di attivazione delle macro può variare a seconda della versione di Excel. Quella sopra illustrata vale per Office 2012 ma si hanno procedure simili per le altre versioni.

2.2 MENÙ NUOVO FOGLIO

Si seleziona la voce **Nuovo Foglio** dal menù dei **Componenti Aggiunti** e si ottiene la seguente finestra di selezione.

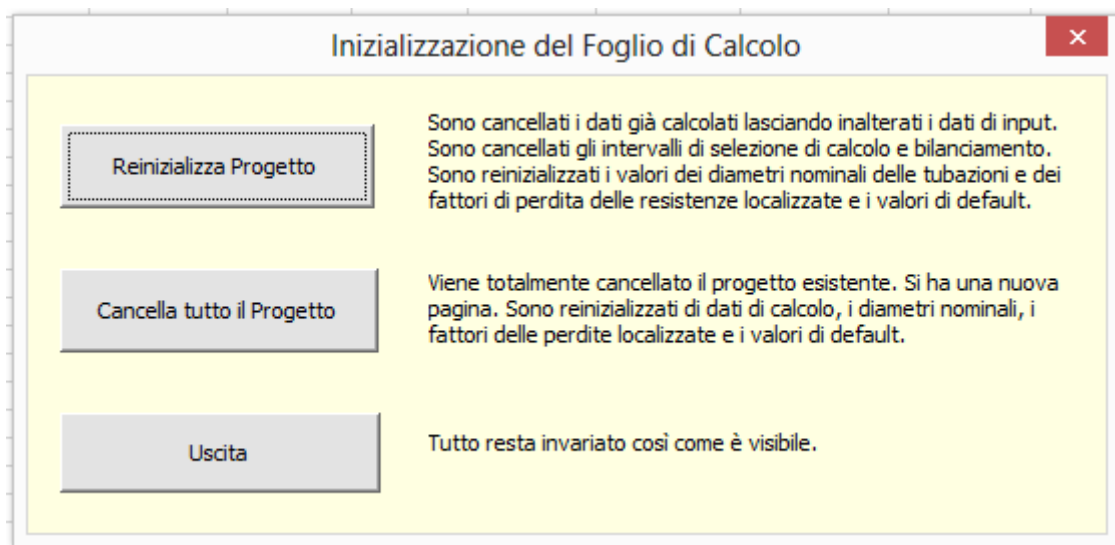


Figura 32: Finestra di inizializzazione del Foglio di Calcolo

I tre pulsanti hanno una descrizione onomatopeica e a fianco di ciascuno di essi si hanno tre etichette esplicative delle operazioni che è possibile eseguire.

2.2.1 REINIZIALIZZA PROGETTO

Questa opzione è utile allorquando si desiderano effettuare calcoli con diverse ipotesi iniziali, ad esempio con diversa prevalenza della pompa o con diversi carichi. Si hanno due possibilità. Infatti appena selezionata la voce si ha un messaggio di selezione:

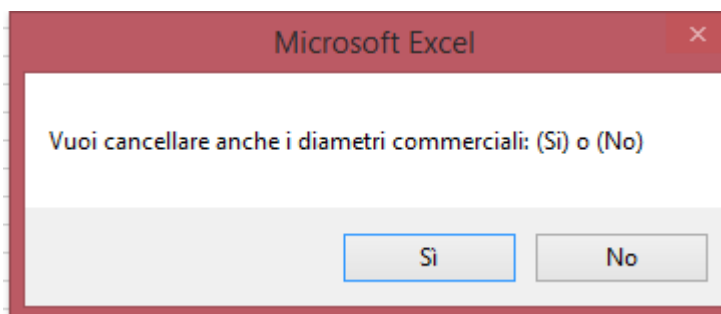


Figura 33: Opzione di cancellazione dei diametri commerciali

Opzione 1 – Risposta Si

Si ha la cancellazione delle colonne dalla 7 alla 23, lasciando inalterate le colonne di input da 2 a 6. Il valore di r.c.d. imposto viene impostato pari ad 1. Tutti gli altri valori sono lasciati inalterati, vedi Figura 34 e Figura 35.

Questa fase consente di avere un foglio di calcolo ripulito dai calcoli precedentemente avviati in modo da potere effettuare nuove selezioni (ad esempio del valore di partenza di r.c.d. o della prevalenza della pompa o della temperatura di mandata o del salto termico di progetto).

The screenshot shows a spreadsheet with columns for input data (like flow rate, pressure drop, temperature) and calculated results (like pressure drop, flow rate, temperature). The data is organized into rows for different system components.

Figura 34: Foglio iniziale

The screenshot shows the same spreadsheet as Figure 34, but with columns 7 to 23 highlighted in red. A red box is drawn around the 'Diametri commerciali' (Commercial diameters) column, indicating that these columns are to be cancelled.

Figura 35: Cancellazione di tutti i dati compresi i diametri commerciali

Opzione 1 – Risposta No

Si ha la cancellazione delle colonne dalla 7 alla 23 tranne la colonna 13 dei diametri commerciali, lasciando inalterate le colonne di input da 2 a 6. Il valore di r.c.d. imposto viene impostato pari ad 1. Tutti gli altri valori sono lasciati inalterati. Si ha la situazione di Figura 36.

The screenshot shows the same spreadsheet as Figure 35, but with columns 7 to 23 highlighted in red. Column 13, 'Diametri commerciali', is not highlighted, indicating it is to be preserved. A red box is drawn around the 'Diametri commerciali' column, indicating that these columns are to be cancelled.

Figura 36: Cancellazione di tutti i dati ma non i diametri commerciali

Questa opzione risulta utile quando si desidera verificare una rete già dimensionata con altre ipotesi di carichi termici e/o di temperatura del fluido senza modificare i diametri già calcolati, come avviene per le reti a due tubi per termoventilconvettori in regime estivo ed invernale.

2.2.2 CANCELLA TUTTO IL PROGETTO

Consente di cancellare quanto è presente nel foglio di calcolo. In pratica si ha una reinizializzazione del foglio di calcolo per un nuovo progetto. In questa fase si ripristinano i valori di default dei parametri di progetto (vedi nel prosieguo). Viene presentata una richiesta di conferma:

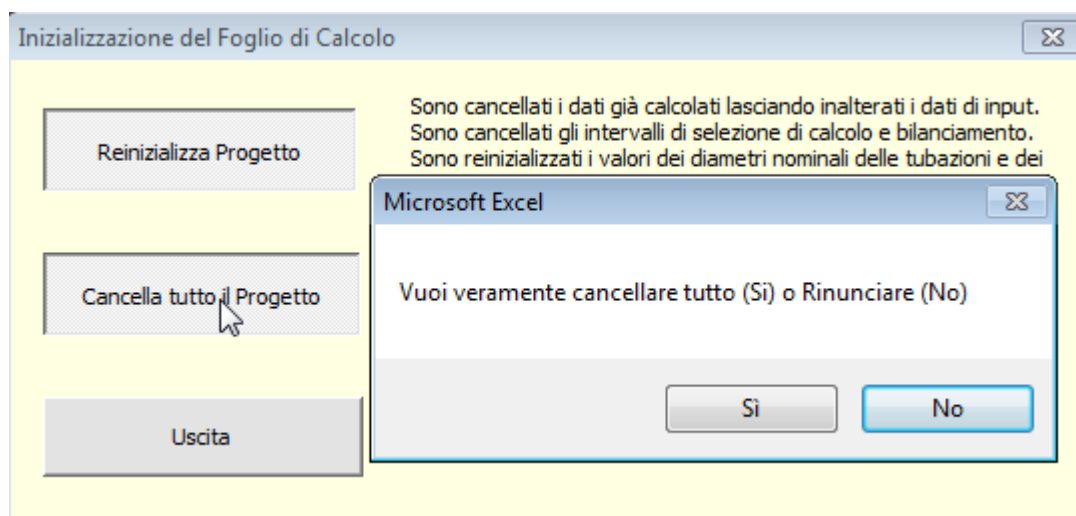


Figura 37: Richiesta di conferma per la cancellazione del foglio di calcolo

2.3 PARAMETRI DI PROGETTO

Appena avviato il programma con un nuovo foglio di calcolo si ha una tabella quasi vuota con le prime 5 righe che riportano le condizioni di progetto.

2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22		
Prefisso assegnato alla pompa =				<input type="text" value="0"/>	Deka-p massima =				<input type="text" value=""/>	[m. c.a.]	Hazen Williams		<input type="text" value=""/>									
Prefisso assegnato ai terminali =				<input type="text" value="R"/>	Deka-p massima =				<input type="text" value=""/>	[Pa]	r.e.d. imposto		<input type="text" value="0.0"/>			T ingresso =		<input type="text" value="30.00"/>	°C	Visc. Cin =		
					Deka-p pompa =				<input type="text" value="10000"/>	[Pa]	1,02 m c.a.		<input type="text" value=""/>	r.e.d. effettivo =		<input type="text" value="0.003"/>	DT =		<input type="text" value="10"/>	°C	Densità =	
																					<input type="text" value="974.00"/>	

Figura 38: Valori di progetto delle reti idroniche

Si osservi che le celle di input sono colorate in giallo mentre le celle di output sono colorate in verde.

2.3.1 SELEZIONE DEL PREFISSO PER LA POMPA E PER I TERMINALI

La selezione dei prefissi per individuare la pompa e i terminali è importantissima perché è tramite questi valori che il programma ricostruisce i circuiti (vedi quanto detto nel precedente capitolo) e quindi può effettuare i calcoli correttamente. In alto a sinistra si hanno le seguenti righe:

2	3	4	5	6
	Prefisso assegnato alla pompa =			<input type="text" value="p"/>
	Prefisso assegnato ai terminali =			<input type="text" value="R"/>

Figura 39: Selezione dei prefissi per la pompa e per i terminali

Le lettere selezionate possono essere scelte a piacere. Queste non possono più essere utilizzate per altri nodi se non per la pompa, il primo, e per i rami terminali, il secondo.

Occorre porre attenzione alle lettere minuscolo o maiuscole perché sono interpretate diversamente. Ad esempio, con riferimento alla Figura 40, il prefisso scelto per i terminali è *r* (per indicare *radiatore*) ma l'input riporta (colonna 2) i terminali con la lettera *R* (maiuscola).

Al momento di lanciare la fase di calcolo (vedi più avanti) si ha il messaggio di errore che indica che **non si hanno circuiti**, vedi Figura 41, ed invita a **controllare il prefisso** che è selezionato come ***r*** ma che deve essere ***R***.

2 3 4 5 6 7

Prefisso assegnato alla pompa = p

Prefisso assegnato ai terminali = r

TRATTO	LOCALE	LUNGH. [m]	TIPO UBAZION	CARICO [kW]	CARICO [kcal/h]
P-A		8,00	Acciaio		
A-C1		10,00	Acciaio		
C1-R1	LETTO	8,00	Rame	1,00	
C1-R2	STANZA	12,00	Rame	1,00	
C1-R3	STUDIO	8,00	Rame	0,80	
A-C2		6,00	Acciaio		
C2-R1	CUCINA	4,00	Rame	0,40	
C2-R2	SALONE	6,00	Rame	1,00	

Figura 40: Esempio di uso non corretto del prefisso per i terminali

Si ricordi che i circuiti sono determinati dai terminali e sono dati dall'insieme dei tratti che collegano ciascun terminale alla pompa. In base a quanto detto nel precedente capitolo, se non

sono individuati terminali, perché il computer si aspetta che inizino con la lettera *r*, allora la ricerca e formazione dei circuiti dà esito negativo.

In pratica R1, R2, ... sono interpretati come normali nodi e non come terminali r1, r2, ... In ogni caso basta cambiare il prefisso del terminale per avere corretto l'errore.

Lo stesso controllo viene effettuato per la presenza del ramo contenente la pompa. Questa deve essere la prima lettera del nodo di destra del primo ramo. In sua mancanza si ha l'indicazione di errore.

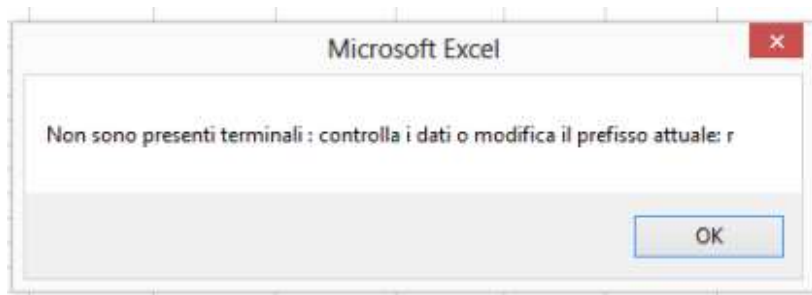


Figura 41: Messaggio di errore per non corretta indicazione del prefisso per i terminali

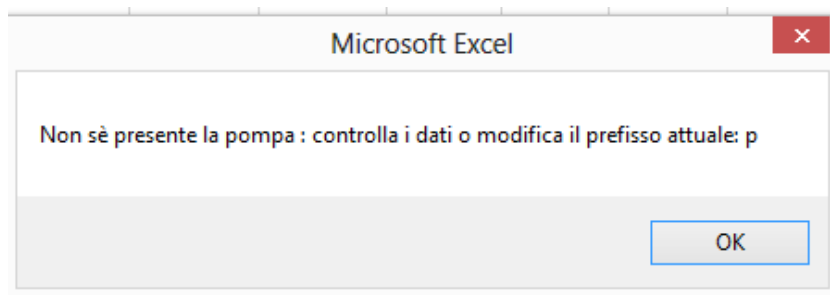


Figura 42: Segnalazione di mancanza della pompa e correzione del prefisso

2.3.2 SELEZIONE DELLA PREVALENZA DELLA POMPA

Un altro gruppo di dati di input si ha subito a fianco della zona dei prefissi ed è la zona relativa alla prevalenza della pompa sia di input che calcolata.

8	9	10	11
Delta-p massima =			[m. c.a.]
Delta-p massima =			[Pa]
Delta-p pompa =		20000	[Pa]

Figura 43: Selezione della prevalenza della pompa

L'unica cella di input possibile è la J5 (in giallo) che richiede la differenza di pressione della pompa selezionata (o la **Δp desiderata**). A fianco si ha la stampa della stessa prevalenza nel S.T., cioè in **m.** di colonna d'acqua.

Gli altri due valori soprastanti (in verde) saranno riempiti dal programma dopo la fase di calcolo di bilanciamento dei circuiti con l'indicazione della **Δp massima** (sia in Pa che in m. c.a.).

8	9	10	11
Delta-p massima =		0,56	[m. c.a.]
Delta-p massima =		5527	[Pa]
Delta-p pompa =		20000	[Pa]

Figura 44: Indicazione delle differenze di pressioni calcolate

In fase di inizializzazione di un nuovo calcolo il programma provvede ad indicare automaticamente **20000 Pa** (2.04 m. c.a.) in modo da evitare errori di calcolo per dati mancanti.

2.3.3 SELEZIONE DELLE IPOTESI DI CALCOLO

La terza sezione (quella centrale) del prime righe è relativa alle ipotesi di calcolo. In particolare si hanno due parametri molto importanti (celle in giallo) che l'Utente deve predisporre prima del lancio della fase di calcolo.

12	13	14	15	16
Hazen Williams				
r.c.d. imposto		0,15		
1,02	m c.a.	r.c.d. effettivo =		0,153

Figura 45: Selezione delle ipotesi di calcolo

Il primo parametro è la tipologia di calcolo e più precisamente se si vuole effettuare in calcolo come rete idronica normale (cioè come **rete chiusa** soggetta ai vincoli funzionali di rete tecnologica e con attenzione anche alla temperatura di esercizio) ovvero si desidera calcolare la rete con il metodo di **Hazen Williams**, specifico per le reti antincendio aperte.

Il programma in fase di inizializzazione pone questo parametro pari a **0** (cioè no). Se si desidera il calcolo effettuato con **Hazen Williams** si pone pari ad 1. Si vedrà nel successivo capitolo quali sono le metodologie di calcolo conseguenti.

Il secondo parametro è il valore imposto di **r.c.d.** (*rapporto fra perdite concentrate e perdite distribuite*) che serve ad ipotizzare la percentuale di prevalenza della pompa destinato alle perdite distribuite.

In fase di inizializzazione (vedi capitolo precedente per l'algoritmo di calcolo con il metodo a $\psi = \text{cost}$) il programma pone di default **r.c.d.=1**. L'Utente può variare come desidera questo parametro. Poiché la fase di calcolo ha comunque bisogno di stimare le perdite distribuite totali per calcolare la ψ media dei singoli circuiti, **se si pone r.c.d.=0 allora viene utilizzato il 75% della prevalenza della pompa per le perdite distribuite ed il 25% per le perdite concentrate.**

Nel riquadro centrale compare anche una cella (in colore verde) che riporta il valore finale di **r.c.d. calcolato** per la rete. Questo valore viene determinato dal programma solo dopo la fase di bilanciamento dei circuiti.

Osservazione sulla scelta di r.c.d.

In base a quanto detto nel precedente capitolo sulla metodologa di calcolo utilizzata con questo programma è opportuno osservare quanto segue.

Un valore basso di **r.c.d.** significa che si hanno poche perdite localizzate e che quindi il Δp della pompa va a compensare prevalentemente le perdite distribuite. Ciò significa che la ψ media del circuito è più alta e i diametri calcolati più piccoli. La fase di verifica (detta di **bilanciamento** che sarà illustrata nel successivo capitolo) calcola le perdite in modo più preciso mediante relazioni che tengono conto anche del tipo di tubazione e delle perdite effettive (vedi più avanti) di ciascun ramo dei vari circuiti.

Può accadere che le perdite totali (distribuite più localizzate) siano superiori al Δp della pompa (o comunque imposto nel precedente paragrafo) e pertanto si deve poi agire sui diametri commerciali per cercare di bilanciare i circuiti.

Se la stima iniziale (*r.c.d. imposto*) è troppo ottimistica per le perdite distribuite si parte da una scelta iniziale dei diametri commerciali più piccoli e quindi il bilanciamento è più oneroso.

In questo caso si può ripetere il calcolo dei diametri teorici partendo da un r.c.d. imposto più realistico.

2.3.4 SELEZIONE DELLE TEMPERATURE DI LAVORO

L'ultimo riquadro delle righe sui parametri di progetto sono relative alla selezione delle temperature di lavoro dell'acqua.

	17	18	19
T ingresso=		80,00 °C	
DT=		10 °C	

Figura 46 Selezione delle temperature di lavoro

Occorre porre la massima attenzione a questi valore perché sono determinanti sull'esito del calcolo della rete ed inoltre influenzano direttamente e irreversibilmente il funzionamento dei terminali.

Il primo valore è la **T ingresso** dell'acqua nei circuiti. Il secondo valore è la **DT** di progetto. Si ricorda che la resa dei terminali è calcolata con la relazione:

$$Q_{resa} = C \Delta T_{cs-a}^n$$

ove si ha:

- Q_{resa} è la potenza resa dal terminale (radiator, fan coil, pannello radiante, .), (W);
- ΔT_{cs-a} è la differenza di temperatura fra corpo scaldante e l'aria ambiente, data dalla relazione:

$$\Delta T_{cs-a} = \frac{T_i + T_u}{2} - T_a$$

con T_a temperatura dell'aria ambiente, T_i e T_u le temperature di ingresso e uscita dell'acqua nel corpo scaldante;

- C ed n costanti dipendenti dal tipo di terminale e fornite dal costruttore del dispositivo. Il valore di n on è variabile da circa 1,1 a 1.3 e pertanto la variazione della potenza resa non è lineare con la ΔT_{cs-a} .

Si intuisce come il valore del ΔT di progetto sia fondamentale per il funzionamento di tutto l'impianto di climatizzazione e va scelto con molta attenzione.

Il programma calcola le proprietà termofisiche dell'acqua (ρ , ν , μ) in funzione della temperatura e visualizza ρ nella cella (colorata in verde) che indica la **Densità** dell'acqua alla temperatura media.

Si osservi che nel foglio **Parametri_Fisici** si ha un riquadro più dettagliato dei risultati di calcolo delle proprietà termofisiche dell'acqua, come riportato nella seguente figura seguente.

Si osservi che nella tabella di Figura 47 è riportata anche la **Percentuale di glicole etilenico** desiderata. Il programma tiene conto di questo valore nei calcoli della densità effettiva della miscela acqua – glicole.

DATI DI INPUT PER L'ACQUA NELLA RETE			DATI DI CALCOLO PER LA RETE		
Temperatura di mandata acqua	°C	80,00	Temperatura Media	°C	75,00
Temperatura di ritorno acqua	°C	70,00	Viscosità dinamica	Pa s	4,14E-04
Percentuale di glicole etilenico	%	5	Densità	kg/m³	974,07
Rapporto perdite concentrate su distribuite		0,16	Viscosità cinematica	m²/s	4,247E-07

Figura 47: Riepilogo delle proprietà termofisiche dell'acqua

Osservazione sulla scelta delle temperature

Per le reti di riscaldamento la temperatura di ingresso è maggiore di quella di uscita. Il programma seleziona automaticamente, per default, il valore 80 °C ma questo può essere variato a piacere.

Per le reti degli impianti di condizionamento (rete per fan coil o reti per centrali frigorifere) la temperatura di ingresso ai terminali è minore di quella di uscita, ad esempio entrata a 7 °C ed uscita a 12 °C. In questo caso, al fine di valutare la temperatura media alla quale sono valutate le proprietà termofisiche dell'acqua, si può fornire, per l'esempio considerato, $t_i=12$ °C e $\Delta t=5$ °C oppure $t_i=7$ °C e $\Delta t= -5$ °C.

Reti per impianti a due tubi per regime invernale ed estivo

Nel caso di reti tecnologiche per la distribuzione di acqua calda e refrigerata ai fan coil occorre fare una verifica per il corretto funzionamento nei due regimi.

Solitamente si inizia col progettare la rete nelle condizioni più gravose (ad esempio quelle estive) e poi si verifica la rete, a pari diametri, per le altre condizioni (ad esempio invernali).

In questo caso occorre porre attenzione al Δt di progetto, oltre che alla temperatura di ingresso dell'acqua, perché da questo valore dipende la portata dei rami terminali e quindi dei vari circuiti.

Se i carichi estivi e invernali sono equivalenti (cioè variano entro il 5%) si può mantenere il Δt per entrambi i casi ed effettuare la verifica dei diametri e della prevalenza della pompa.

Se i carichi per le due condizioni sono molto diverse occorre scegliere il Δt più elevato per i carichi maggiori e più basso per i carichi inferiori. Ad esempio se i carichi invernali sono all'incirca doppi di quelli estivi si può scegliere $\Delta t=10$ °C per l'inverno e $\Delta t=5$ °C per l'estate.

E' probabile che qualche circuito vada in sofferenza registrando perdite superiori ad Δp della pompa selezionata. Conviene allora modificare i diametri per le condizioni peggiori e ripetere la verifica per le altre condizioni.

Si ricordi che è anche possibile verificare le condizioni di esercizio invernale ed estivo con Δp delle pompe differenti. In questo caso la rete resta la stessa ma occorre attivare pompe diverse per ciascun regime.

Per fare le operazioni di verifica e progetto delle reti bistagionali si può usare la possibilità di archiviazione dei progetti (vedi dopo), salvando il progetto elaborato e lavorandoci con le nuove ipotesi per l'altra condizione di lavoro. Ad esempio si può risolvere prima la rete estiva e salvarla col nome di *rete_estiva* e poi modificare i parametri di progetto per il regime invernale. Alla fine della verifica salvare il progetto col nome (ad esempio) di *rete_invernale*.

2.3.5 OSSERVAZIONE DI PARAMETRI DI INPUT

Qualunque siano i parametri di calcolo inizialmente presenti nelle righe di settaggio sopra descritte l'Utente può variarne il valore in fase di **calcolo** o di **bilanciamento**.

Quando si lancia la fase di **calcolo** si ha, infatti, la finestra di Figura 48. Si osserva come a sinistra si ha un riepilogo dei parametri presenti nel foglio di calcolo.

Calcolo dei diametri delle reti idroniche

Questa fase effettua il calcolo dei diametri iniziali di tutti i circuiti della rete. Si possono anche scegliere i diametri commerciali immediatamente superiori a quelli calcolati o anche lanciare il calcolo completo di bilanciamento. Il valore di r.c.d. con il calcolo completo viene posto pari a 0 prima di lanciare la fase di bilanciamento delle reti. Controllare i dati di calcolo e modificarli se lo si desidera. Premi AVVIA per il calcolo finale.

0,15 r.c.d. imposto

10000 Delta_p della pompa (Pa)

80 Temperatura di mandata (°C)

10 Differenza di temperatura fra mandata e ritorno (°C)

Avvia il calcolo delle reti Idroniche

Solo calcolo iniziale

Con selezione dei diametri

Completo con bilanciamento

Rinuncia al calcolo

Figura 48: Finestra di lancio della fase di calcolo

E' possibile cambiare qualunque parametro di calcolo nella stessa finestra, con aggiornamento automatico nel foglio di calcolo. Questa opzione ha il duplice scopo di visualizzare, al momento del lancio del calcolo, i parametri presenti nel foglio di calcolo e di poterli variare se questi non corrispondono più alle ipotesi di calcolo desiderate.

Quando si lancia la fase di **bilanciamento** si ha la finestra di Figura 49 nella quale si ha, a sinistra, il riepilogo dei parametri di calcolo che è possibile modificare, con aggiornamento automatico nel foglio di calcolo.

Si osservi che la fase di **bilanciamento** è eseguita sempre a valle della fase di **calcolo** e pertanto cambiare questi parametri comporta una discrepanza con le ipotesi di calcolo prima adoperate.

Il programma effettua un ricalcolo più preciso delle grandezze di progetto (perdita specifica, velocità dell'acqua, perdite totali di pressione di ramo e di circuito) sia in base ai parametri di progetto indicati (quelli originali o modificati) nella finestra che ai valori dei diametri commerciali presenti nella colonna dei diametri commerciali, vedi Figura 50.

In pratica questi diametri possono essere calcolati automaticamente dal programma (vedi successivo capitolo) ovvero modificati manualmente dall'Utente allo scopo di bilanciare in modo ottimale i circuiti.

Bilanciamento delle reti idroniche

Questa fase effettua il calcolo delle perdite distribuite, concentrate e totali di tutti i circuiti della rete. Controllare i dati di calcolo e modificarli se lo si desidera. Premi AVVIA per il calcolo delle reti idroniche.

0,15 r.c.d. imposto

10000 Delta_p della pompa (Pa)

80 Temperatura di mandata (°C)

10 Differenza di temperatura fra mandata e ritorno (°C)

Avvia il bilanciamento delle reti

Uscita dal Bilanciamento

Figura 49: Finestra di lancio della fase di bilanciamento

DIAMETRO	VELOCITA'	PERD. SPEC.	PERD. SPEC.	PERD. DIST.	PERD. CONC.	P. CON/P. DIS.	P. TOT.	P. CIRC.	P. CIRC.	DP REGOL.
Comm. [mm]	[m/s]	[mm c.a./m]	[Pa/m]	[Pa]	[Pa]	r.c.d.	[Pa]	[Pa]	[m c.a.]	[Pa]
16,60	0,45	33,44	328,10	2624,76	1419,50	0,54	4044,26			
16,60	0,30	15,67	153,71	1537,12	171,48	0,11	1708,61			
14,00	0,15	5,47	53,67	429,39	43,23	0,10	472,62	6225,49	0,63	214,69
14,00	0,15	5,47	53,67	644,08	43,23	0,07	687,32	6440,19	0,66	0,00
12,00	0,16	7,70	75,54	604,30	51,26	0,08	655,56	6408,43	0,65	31,75
13,20	0,23	13,51	132,57	795,43	107,22	0,13	902,65			
10,00	0,12	5,44	53,39	213,57	26,57	0,12	240,14	5187,06	0,53	1253,13
12,00	0,20	11,38	111,62	669,74	80,10	0,12	749,84	5696,75	0,58	743,43

Figura 50: Risultati della fase di bilanciamento

2.3.6 INPUT DEL FATTORI DI DARCY PER LE PERDITE LOCALIZZATE

Spostando la vista a destra del foglio **Rete_Idronica** si visualizza la zona di input dei valori dei fattori di Darcy per le perdite localizzate, vedi Figura 51.

Valori riferiti al diametro 8-16 mm									
FATTORE C	FATTORE C	FATTORE C	FATTORE C	FATTORE C	KV [m³/h]	FATTORE C	FATTORE C	FATTORE C	DP TOTALE
2	10	1	3	3	Calcolato	1	3	TOTALE	
NUM. GOMITI a 90°	UM. SARACINESCA INTERC.	NUM. DIRAM. DIRITTE	NUM. DIRAM. ANGOLO	ATTRAVERS. TERMINALE	SARACINESCA REGOLAZIONE	COLLETORE COMPLANARE	ATTRAVERS. GENERATORE	RES. AGGIUNT. FATTORE C	RES. AGGIUNT. Dp [Pa]

Figura 51: Valori dei fattori di Darcy per le perdite localizzate

In fase di inizializzazione il programma provvede a indicare i valori di default dei fattori di Darcy delle resistenze localizzate. Si osservi che i valori riportati sono relativi a condotti con diametri variabili a 8 a 16 mm.

Il programma varia questi fattori a seconda del valore dei diametri:

- fra 8 e 16 mm il fattore di correzione è 1;
- fra 28 e 54 mm il fattore di correzione è 0.85;
- oltre 54 mm il fattore di correzione è 0.7.

Per le saracinesche di regolazione il programma calcola automaticamente il coefficiente Kv mediante la relazione:

$$K_v = 0.0169 d^2 - 0.0892 d + 0.404$$

riportata in Figura 52 ove si ha il confronto con i dati reali, e pertanto la perdita di pressione della valvola è data da (in Pa):

$$\Delta p_{valvola} = 0.09996 \left(\frac{m}{K_v} \right)^2$$

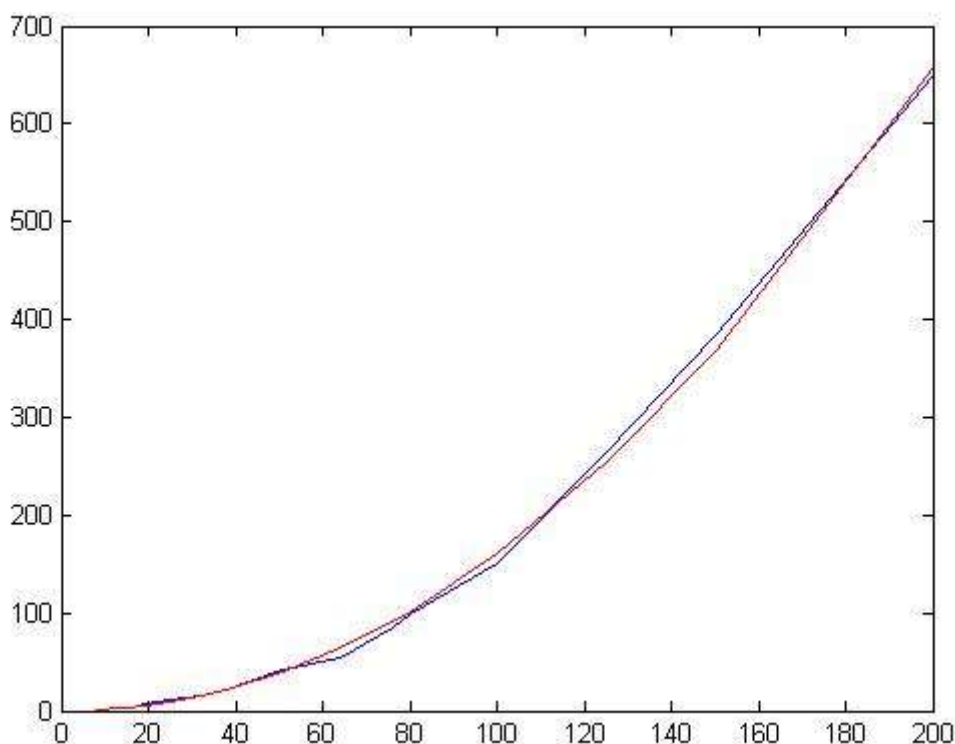


Figura 52: Curva di interpolazione dei coefficienti Kv

Si possono modificare i valori base dei *fattori di Darcy* direttamente nel foglio di calcolo. Queste modifiche hanno valore solo per il progetto in corso e vengono registrate nel file di archivio del progetto se si desidera archiviare il progetto. In questo modo un successivo ricalcolo risulta congruente con i valori indicati in fase di calcolo.

Si tenga presente che le modifiche dei fattori di Darcy rispetto ai valori di default valgono solamente per il progetto in corso. Tutte le modifiche vengono annullate quando si inizializza il foglio di calcolo per un nuovo progetto.

2.4 INPUT DEI DATI DELLA RETE IDRONICA

L'input dei dati è limitato a pochi valori, essenziali per il dimensionamento della rete, come si è avuto modo di osservare in precedenza. La fase di input dei dati dei circuiti può iniziare direttamente, senza bisogno di selezionare la voce del menu.

E' possibile digitare i dati nelle prime 5 colonne utilizzando la tabella Excel o si può usare l'input assistito del programma, come visualizzato in Figura 53, che può essere ottenuto selezionando la voce **Riepiloga** dal menu principale.

Figura 53: Finestra di riepilogo dati per il controllo e/o l'input dei dati di ramo



Figura 54: Selezione della voce Riepiloga dal menu principale

Discuteremo della procedura assistita più avanti. Prima si illustra la procedura semplificata di input. La scelta della procedura da utilizzare è del tutto personale. A mio avviso l'input diretto è più rapido mentre quello assistito è più sicuro ma più lento.

2.4.1 INPUT DEI NOMI DEI TRATTI – 1° COLONNA

Dopo aver selezionato i prefissi per individuare la pompa e i terminali si procede ad digitare i nomi composti da due nodi:

- **Nodo di sinistra:** è il nodo di inizio del tratto;
- **Nodo di destra:** è il nodo di fine del tratto.

I rami terminali hanno sempre il nodo di destra contenente l'indicazione di un terminale, ad esempio C3-R2.

E' necessario separare i nomi dei nodi col trattino (-) e non interporre spazi all'interno dei nomi o fra i nomi. L'ordine delle sequenze dei nomi deve iniziare dalla pompa (ad esempio nodo P) a cui seguono i rami principali. Infine i rami terminali.

Non digitare preferenzialmente un ramo principale da cui si dipartono rami terminali dopo aver digitato i terminali: il programma prosegue nella ricerca dei nodi per la formazione dei nodi sempre **dal basso verso l'alto** sino al **primo ramo** che contiene la pompa⁷. Se si inverte quest'ordine il programma potrebbe ricostruire i circuiti correttamente.

⁷ E' bene sempre iniziare con il primo ramo contenente la pompa e rispettare il simbolismo prescelto. In pratica per ottimizzare la formazione dei circuiti la prima lettera della cella B9 deve essere il simbolo della pompa.

2.4.2 INPUT DELLE ETICHETTE DEI LOCALI – 2° COLONNA

La seconda colonna consente di digitare dei riferimenti mnemonici relativi ai rami digitati. Questo dato è solo di comodo (ad esempio: LETTO, CORRIDOIO; ...) per individuare i terminali nel caso di reti complesse o come dato illustrativo dei singoli rami. Si vedano le figure precedenti per avere alcuni esempi. La lunghezza delle etichette è libera ma per evitare problemi di sovrapposizione di colonne è bene mantenere queste lunghezze entro i limiti della seconda colonna.

2.4.3 INPUT DELLE LUNGHEZZE DEI RAMI – 3° COLONNA

Per ciascun ramo occorre digitare la lunghezza (in metri) del ramo. Per rami doppi (cioè di andata e ritorno, come avviene spesso con l'uso dei collettori complanari) si digiti la **LUNGHEZZA COMPLESSIVA** di andata e ritorno.

2.4.4 INPUT DEL TIPO DI TUBAZIONE – 4° COLONNA

Per ciascun ramo è possibile scegliere il materiale con cui è fatta la tubazione. E' possibile scegliere fra:

- Acciaio (Norme UNI – DIN); Acciaio Gas; Rame; Polietilene.

Nei primi due casi si hanno sempre tubazioni in acciaio ma cambiano le serie commerciali dei diametri, vedi Figura 55.

Acciaio DIN		
13,2		
16,6		
25,4		
29,1		
32,8		
37,2		
39,3		
43,19		
48,8		
51,2		
54,5		
64,2		
70,3		
82,5		
100,8		
107,1		
125		
131,7		
150		
159,3		
182,9		
207,3		
231,9		
260,4		
309,7		
Acciaio Gas		
12,7		
16,3		
21,7		
27,4		
36,1		
42		
53,1		
68,7		
80,6		
104,9		
128,8		
154,2		
186		
210		
235		
265		
314		
Rame		
8		
10		
12		
14		
16		
18		
20		
22		
24		
26		
Polietilene		
16		
20,4		
26		
32,6		
40,8		
51,4		
61,4		
73,6		
90		
102,2		
114,8		
130,8		
147,2		
163,6		
184		
204,6		
229,2		
257,8		
290,6		
327,4		
368,2		

Figura 55: Serie commerciali dei vari tipi di tubazioni

Il programma assegna automaticamente queste serie commerciali in fase di inizializzazione del foglio. I valori sono memorizzati nella colonna AJ del foglio **Parametri_Fisici** che è possibile selezionare in basso a sinistra del foglio di calcolo.

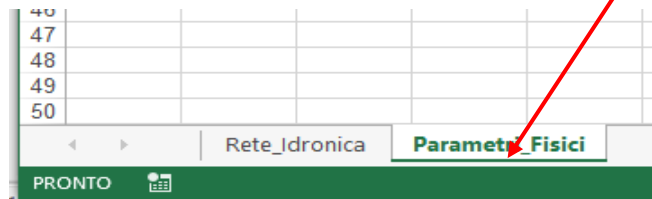


Figura 56: Scelta del foglio di calcolo

Qualora si modifichino le serie commerciali queste valgono per il progetto corrente. Le serie modificate non vengono salvate con il progetto.

Osservazione sulla tipologia delle tubazioni

Nel caso in cui si dimentichi di selezionare il tipo di tubazione il programma seleziona automaticamente la voce **Rame** per default.

Per evitare di commettere errori di digitazione è bene usare il menu a tendina che compare in alto a destra di ciascuna cella.

2.4.5 INPUT DEI CARICHI TERMICI DEI TERMINALI – 5° COLONNA

Occorre ora fornire i carichi termici dei **solli rami terminali**. Pertanto se si sta effettuando l'input non assistito è onere dell'Utente porre attenzione sulle celle da riempire per il carico dei terminali. Va subito osservato che non costituisce errore digitare valori nelle celle relative ai rami principali. Il programma calcola automaticamente, come evidenziato nel precedente capitolo, le portate dei rami principali mediante la ricostruzione dei circuiti con il metodo dell'albero inverso. I valori delle portate calcolate vengono sovrascritte nelle celle dei rami principali corrispondenti e pertanto qualunque valore si digiti questo viene annullato.

Il carico termico da indicare per ciascun terminale deve essere espresso in **kW**. La filosofia del programma è quella di progettare le reti tecnologiche per gli impianti di climatizzazione. Pertanto il calcolo delle portate di acqua nei circuiti è effettuato in modo automatico e preferenziale nota che sia la portata dei rami terminali. Per ciascun ramo terminale vale la (1) e quindi noto il carico termico, Q , e il saldo termico progetto, Δt , viene calcolata la portata m .

Dopo l'input dei carichi termici si ha la situazione indicata nella Figura 57 nella quale è ben visibile come i carichi termici siano stati digitati solo per i rami terminali.

2	3	4	5	6
	Prefisso assegnato alla pompa =			p
	Prefisso assegnato ai terminali =			R
TRATTO	LOCALE	LUNGH.	TIPO	CARICO
		[m]	TUBAZIONE	[kW]
P-A		8,00	Acciaio	
A-C1		10,00	Acciaio	
C1-R1	LETTO	8,00	Rame	1,00
C1-R2	STANZA	12,00	Rame	1,00
C1-R3	STUDIO	8,00	Rame	0,80
A-C2		6,00	Acciaio	
C2-R1	CUCINA	4,00	Rame	0,40
C2-R2	SALONE	6,00	Rame	1,00

Figura 57: Input completo della rete idronica

Osservazioni sul calcolo delle portate

Il metodo di calcolo delle portate derivate dai carichi termici è quello preferenziale per il programma. Quando si utilizza l'input diretto (cioè senza l'assistenza della finestra di riepilogo, come illustrato in Figura 53) si può solo digitare il carico termico e lasciare che il programmi calcoli la portata di ciascun ramo. Questa è la prassi più seguita nel progetto delle reti tecnologiche nelle quali si deve soddisfare la funzionalità dei terminali (cioè il calore che questi debbono fornire agli ambienti). Nel caso in cui si desideri imporre la portata (ad esempio per la verifica con fan coil che hanno una portata di lavoro indicata dal costruttore) allora si ricorre ad un artificio, valido solo per l'input assistito: si digita la portata e il programma calcola il carico termico equivalente, a pari Δt imposto.

Ad esempio in Figura 58 si ha la finestra di riepilogo per il ramo **C2-R1** nella quale risulta attiva l'opzione di carico imposto pari a 0.4 kW, come si può controllare anche nella casella di input di Figura 59. Se si desidera imporre la portata allora si spunta il marcatore della casella di portata e si digita il valore desiderato, ad esempio 50 L/h, come indicato in Figura 60 e in Figura 61.

Figura 58: Finestra di riepilogo con carico imposto

C1-R3	STUDIO	8,00	Rame	0,80
A-C2		6,00	Acciaio	1,40
C2-R1	CUCINA	4,00	Rame	0,40
C2-R2	SALONE	6,00	Rame	1,00

Figura 59: Situazione del ramo C2-R1

Rete Antincendio

Nel caso di **reti antincendio** (con parametro di **Hazen Williams** posto apri ad **1**) allora non ha senso parlare di carichi termici ma solo di portate. In questo caso occorre utilizzare l'input assistito (finestra di riepilogo) e fornire il valore della portata dei rami terminali che, in questo caso, sono le lance UNI-45 antincendio. In Figura 62 si ha un esempio di rete antincendio ove è visibile la finestra di riepilogo e i valori delle portate delle UNI-45 (120 L/m pari a 7200 L/h).

Si osservi che il Δt indicato è utilizzato solo al fine di calcolare una portata termica equivalente, come vuole l'algoritmo di calcolo del programma.

Questo valore è del tutto ininfluente al fine del funzionamento della rete antincendio essendo solo un parametro fittizio. Inoltre la temperatura di ingresso non viene utilizzata.

Nella Figura 63 si ha il risultato del calcolo dei diametri teorici e poi in Figura 64 si ha il risultato del bilanciamento della rete completa. Nel caso di selezione del parametro di *Hazen Williams* il programma provvede automaticamente ad inserire, nel calcolo delle perdite localizzate, anche la perdita di sbocco dall' UNI-45. La rete antincendio, infatti, viene sempre considerata **aperta**.

In ogni caso è possibile inserire anche **perdite aggiuntive**, vedi colonne destra della finestra di input di riepilogo, per inserimento delle perdite localizzate.

RIEPILOGO ED IMMISSIONE DATI

Nome Tratto: C1-R1 Nome Locale: LETTO Gomito a 90 °: 2

Lunghezza [m]: 8 Materiale tubo: Rame Saracinesche di intercettazione: 2

☒ Carico [kW]: 1 ☐ Portata [kg/h]: 86 Diramazioni dritte: 2

☐ Portata [kg/h]: 86 Diramazioni ad angolo: 2

☐ Portata [kg/h]: 86 Attraversamento terminale: 1

Conferma dei Dati del Ramo Valvola di regolazione: 0

Collettore complanare: 2

Attraversamento generatore: 0

Resistenza aggiuntiva - fattore C: 0

Caduta di pressione aggiuntiva [Pa]: 0

Conferma delle Perdite Localizzate

Precedente: 11 Successivo Crea riga nuova nella riga Attiva

Conferma Riga Selezionata Cancella Riga Attiva

CHIUDI RIEPILOGO

Per i soli rami terminali (colore ciano) è possibile digitare la portata in [kg/h] o il carico in [kW]. Se si seleziona (doppio click) la portata viene calcolato il carico termico equivalente in base alla differenza di temperatura assegnata. Questa scelta è utile per terminali con portata imposta.

Digitare qui il numero di riga da visualizzare e premi OK. Se si preme OK senza indicare la riga si va alla riga della cella attiva

Selezionare il numero di perdite localizzate tramite il menu a tendina corrispondente

Figura 60: Input della portata con la finestra di riepilogo

A-C2		6,00	Acciaio	1,40	1204,00	0,03	120,40
C2-R1	CUCINA	4,00	Rame	0,50	100,00	0,01	50,00
C2-R2	SALONE	6,00	Rame	1,00	860,00	0,02	86,00

Figura 61: Aggiornamento della casella di carico per effetto della portata imposta

2.4.6 INPUT DELLE TIPOLOGIE DI PERDITE LOCALIZZATE – COLONNE DA 25 A 34

Sempre con input manuale è possibile indicare, per ciascun ramo, il numero e le tipologie delle perdite localizzate. Basta spostarsi verso destra alle colonne dalla Y alla AH.

Si osservi che la prima colonna (con i nomi dei rami) resta sempre visibile per avere un riferimento certo sul ramo su cui si stanno digitando i valori.

La situazione è quella riportata in Figura 65 nella quale si è spostata la finestra di calcolo tutta sinistra per meglio inquadrare la finestra delle perdite localizzate.

Si ricorda che le perdite localizzate sono caratterizzate dal fattore c di Darcy, secondo la relazione:

$$Dp_c = c \frac{w^2}{2} \rho$$

Le tipologie di perdite localizzate sono quelle desunte dalla Tabella 2 e in particolare sono accettate solo le seguenti, per non appesantire troppo il foglio di calcolo:

- *Gomiti a 90°* per i quali si assume C=2;
- *Saracinesca di intercettazione* per le quali si assume C=10;
- *Diramazioni dritte* per le quali si assume C=1;
- *Diramazioni d'angolo* per le quali si assume C=3;
- *Attraversamento di terminali* per le quali si assume C=3;
- *Saracinesca di regolazione* per le quali si calcola automaticamente Kv;
- *Collettore complanare* per le quali si assume C=1;
- *Attraversamento di generatore* per le quali si assume C=3;
- *Resistenze aggiuntive* per le quali si assume assegnato dall'Utente;
- *Resistenze aggiuntive* per le quali si assume il Δp assegnato dall'Utente.

B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O		
2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15		
	Prefisso assegnato alla pompa =			p		Delta-p massima =			[m. c.a.]	Hazen Williams		1,00			
	Prefisso assegnato ai terminali =			R		Delta-p massima =			[Pa]	r.c.d. imposto		1,00			
						Delta-p pompa =		20000	[Pa]	2,04	m c.a.	r.c.d. effettivo =			
TRATTO	LOCALE	LUNGH.	TIPO	CARICO	CARICO	PORTATA	PORTATA	PERD. SPEC.	PERD. SPE	DIAMETRO	DIAMETRO	VELOCITA'	PERD. SPEC	PER	
		[m]	TUBAZIONE	[kW]	[kcal/h]		[kg/h]		[Pa/m]	[mm c.a./m]	Teorico [mm]	Comm. [mm]	[m/s]	[mm c.a./m]	[l]
P-A		8,00	Acciaio	418,60											
A-C1		10,00	Acciaio	251,16											
C1-R1	UNI-45	8,00	Acciaio	83,72	71999,20	2,00	7200,00								
C1-R2	UNI-45	12,00	Acciaio	83,72	71999,20	2,00	7200,00								
C1-R3	UNI-45	8,00	Acciaio	83,72	71999,20	2,00	7200,00								
A-C2		6,00	Acciaio	167,44											
C2-R1	UNI-45	4,00	Acciaio	83,72	71999,20	2,00	7200,00								
C2-R2	UNI-45	6,00	Acciaio	83,72	71999,20	2,00	7200,00								

RIEPILOGO ED IMMISSIONE DATI

Nome Tratto:

Lunghezza [m]:

☒ Carico [kW]:

☐ Portata [kg/h]:

Nome Locale:

Materiale tubo:

Conferma dei Dati del Ramo

Per i soli rami terminali (colore cyan) è possibile digitare la portata in [kg/h] o il carico in [kW]. Se si seleziona (doppio click) la portata viene calcolato il carico termico equivalente in base alla differenza di temperatura assegnata. Questa scelta è utile per terminali con portata imposta.

Precedente Successivo

Crea riga nuova nella riga Attiva

Conferma Riga Selezionata

Cancella Riga Attiva

CHIUDI RIEPILOGO

Gomito a 90°:

Saracinesche di intercettazione:

Diramazioni dritte:

Diramazioni ad angolo:

Attraversamento terminale:

Valvola di regolazione:

Collettore complanare:

Attraversamento generatore:

Resistenza aggiuntiva - fattore C:

Caduta di pressione aggiuntiva [Pa]:

Conferma delle Perdite Localizzate

Selezionare il numero di perdite localizzate tramite il menu a tendina corrispondente

Figura 62: Esempio di input per una rete antincendio

2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
	Prefisso assegnato alla pompa =			P		Delta-p massima =			5,86 [m. c.a.]	Hazen Williams	
	Prefisso assegnato ai terminali =			R		Delta-p massima =			57521 [Pa]	r.c.d. imposto	
						Delta-p pompa =			20000 [Pa]	2,04	m c.a.
TRATTO	LOCALE	LUNGH.	TIPO	CARICO	CARICO	PORTATA	PORTATA	PERD. SPEC.	PERD. SPEC.	DIAMETRO	DIAMETRO
		[m]	TUBAZIONE	[kW]	[kcal/h]	[kg/s]	[kg/h]	[Pa/m]	[mm c.a./h]	Teorico [mm]	Comm. [mm]
P-A		8,00	Acciaio	418,60	359996,00	10,00	35999,60	1250,00	127,42	68,99	70,30
A-C1		10,00	Acciaio	251,16	215997,60	6,00	21599,76	555,56	56,63	67,12	70,30
C1-R1	UNI-45	8,00	Acciaio	83,72	71999,20	2,00	7199,92	384,62	39,21	47,71	48,80
C1-R2	UNI-45	12,00	Acciaio	83,72	71999,20	2,00	7199,92	333,33	33,98	49,13	51,20
C1-R3	UNI-45	8,00	Acciaio	83,72	71999,20	2,00	7199,92	384,62	39,21	47,71	48,80
A-C2		6,00	Acciaio	167,44	143998,40	4,00	14399,84	714,29	72,81	54,66	64,20
C2-R1	UNI-45	4,00	Acciaio	83,72	71999,20	2,00	7199,92	555,56	56,63	44,25	48,80
C2-R2	UNI-45	6,00	Acciaio	83,72	71999,20	2,00	7199,92	500,00	50,97	45,21	48,80

Figura 63: Calcolo dei diametri teorici della rete antincendio

12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
Hazen Williams		1,00									
r.c.d. imposto		-				T ingresso =	80,00 °C		Visc. Cin =		
2,04	m c.a.		r.c.d. effettivo =	1,276		DT =	10 °C		Densità =	974,07 kg/m³	
DIAMETRO	DIAMETRO	VELOCITÀ	PERD. SPEC.	PERD. SPEC.	PERD. DIST.	PERD. CONC.	P. CONIP. DIS.	P. TOT.	P. CIRC.	P. CIRC.	DP REGOL.
Teorico [mm]	Comm. [mm]	[m/s]	[mm c.a./m]	[Pa/m]	[Pa]	[Pa]	r.c.d.	[Pa]	[Pa]	[m c.a.]	[Pa]
68,99	70,30	2,47	120,28	1179,90	9439,23	33682,90	3,57	43122,12			
67,12	70,30	1,48	46,75	458,59	4585,92	4289,57	0,94	8875,49			
47,71	48,80	1,03	36,24	355,48	2843,87	2052,64	0,72	4896,51	57443,21	5,86	78,00
49,13	51,20	0,93	28,68	281,37	3376,45	1694,00	0,50	5070,45	57521,21	5,86	0,00
47,71	48,80	1,03	36,24	355,48	2843,87	2052,64	0,72	4896,51	57443,21	5,86	78,00
54,66	64,20	1,19	34,35	337,00	2022,02	2741,02	1,36	4763,04			
44,25	48,80	1,03	36,24	355,48	1421,94	2052,64	1,44	3474,58	51908,83	5,29	5612,38
45,21	48,80	1,03	36,24	355,48	2132,90	2052,64	0,96	4185,55	52619,80	5,36	4901,42

Figura 64: Bilanciamento della rete antincendio

2	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34
Valori riferiti al diametro 8-16 mm												
		FATTORE	FATTORE	FATTORE C	FATTORE C	FATTORE C	KV [m³/h]	FATTORE C	FATTORE C	FATTORE C	DP TOTALE	
		2	10	1	3	3	Calcolato	1	3	TOTALE		
TRATTO	DP REGOL.	NUM. GOMI	UM. SARA	NUM. DIRAM.	NUM. DIRAM.	ATTRAVERS.	SARACINESCA	COLLETORE	ATTRAVERS.	RES. AGGIUNT.	RES. AGGIUNT.	
	[Pa]	a 90°	INTERC.	DIRITTE	ANGOLO	TERMINALE	REGOLAZIONE	COMPLANARE	GENERATORE	FATTORE C	Dp [Pa]	
P-A		2	2	2	2		1		1			
A-C1		2	2	2	2			2				
C1-R1		2	2	2	2	1		2				
C1-R2		2	2	2	2	1		2				
C1-R3		2	2	2	2	1		2				
A-C2		2	2	2	2			2				
C2-R1		2	2	2	2	1		2				
C2-R2		2	2	2	2	1		2				

Figura 65: Finestra di input delle tipologie delle perdite localizzate

Le resistenze aggiuntive (sia sotto forma di fattore *C cumulativo* che Δp totale) consentono di tenere conto delle tipologie eventualmente non presenti fra quelle indicate.

Come già detto i valori di default possono essere cambiati per il progetto corrente agendo direttamente sui valori indicati nella seconda riga (in giallo).

Sia i valori dei *fattori di Darcy* che il numero e tipologie delle resistenze localizzate vengono salvate con il progetto e quindi se lo si richiama vengono ripristinati tutti i valori correnti al momento del salvataggio.

Per cambiare i valori di default occorre intervenire nel codice VBA. Per far questo:

- Digitare ALT F11 per aprire l'editor di Visual Basic for Application (vedi Figura 69);
- Selezionare **Moduli**;



Figura 66: Selezione del modulo 1

- *Ricerca, all'interno del programma, la routine **stampa_testate**;*

```
Public Sub stampa_testate()

Inizializzazione.Hide
Application.ScreenUpdating = False
Sheets("Rete_Idronica").Select
```

Figura 67: Inizio del modulo 1

- *Ricerca il codice che assegna i valori di default ai fattori di Darcy, (vedi Figura 70);*
- *Cambiare i valori desiderati rispettando i formati. I commenti indicano le tipologie delle resistenze. Attenzione a non digitare caratteri spuri e a non premere INVIO perché si rischia di bloccare l'esecuzione normale del programma,*
- *Alla fine salvare il codice VBA e tornare al programma ALT-Q.*

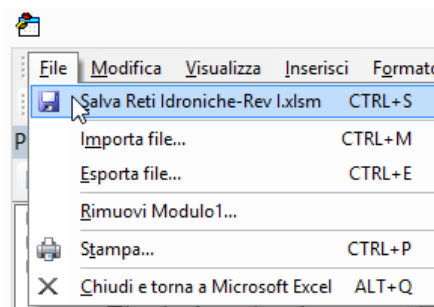


Figura 68: Menu di salvataggio dei file VBA

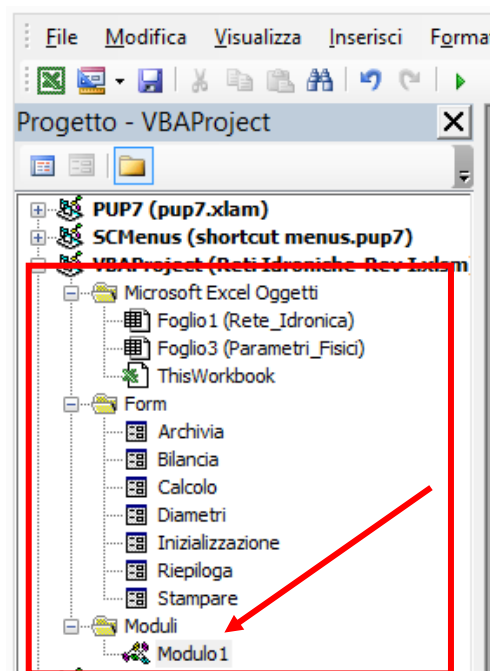


Figura 69: Finestra di VBA

















Diametro interno tubi rame, PEad, PEX		8÷16 mm	18÷28 mm	30÷54 mm	>54 mm
Diametro esterno tubi acciaio		3/8"÷1/2"	3/4"÷1"	1 1/4"÷2"	>2"
Tipo di resistenza localizzata	Simbolo				
Valvola di intercettazione diritta		10,0	8,0	7,0	6,0
Valvola di intercettazione inclinata		5,0	4,0	3,0	3,0
Saracinesca a passaggio ridotto		1,2	1,0	0,8	0,6
Saracinesca a passaggio totale		0,2	0,2	0,1	0,1
Valvola a sfera a passaggio ridotto		1,6	1,0	0,8	0,6
Valvola a sfera a passaggio totale		0,2	0,2	0,1	0,1
Valvola a farfalla		3,5	2,0	1,5	1,0
Valvola a ritegno		3,0	2,0	1,0	1,0
Valvola per corpo scaldante tipo diritto		8,5	7,0	6,0	—
Valvola per corpo scaldante tipo a squadra		4,0	4,0	3,0	—
Detentore diritto		1,5	1,5	1,0	—
Detentore a squadra		1,0	1,0	0,5	—
Valvola a quattro vie		6,0		4,0	
Valvola a tre vie		10,0		8,0	
Passaggio attraverso un radiatore		3,0			
Passaggio attraverso una caldaia		3,0			

Tabella 2: Tipologia delle perdite localizzate

Tipo della valvola		Forma costrut.	Coefficiente di perdita di carico ζ a DN =																Note				
			15	20	25	32	40	50	65	80	100	125	150	200	250	300	400	500	600	800	1000		
Absperrarmaturen	Saracinesca a corpo piatto ($d_E = DN$)	min 0,1 max 0,65	0,6	0,55	0,5	0,5	0,45	0,4	0,35	0,3	←	←	←	←	←	←	←	←	←	←	0,1 0,3	con $d_E < DN$ vedi nota in calce 1)	
	Saracinesca a corpo rotondo ($d_E = DN$)	min 0,1 max 0,65	0,6	0,55	0,5	0,5	0,45	0,4	0,35	0,3	←	←	←	←	←	←	←	←	←	←	0,1 0,3		
	Rubinetto ($d_E = DN$)	min 0,1 max 0,65	0,6	0,55	0,5	0,5	0,45	0,4	0,35	0,3	←	←	←	←	←	←	←	←	←	←	0,1 0,3		
	Valvole PN 2,5 +10 a farfalla	min 0,1 max 0,65	0,6	0,55	0,5	0,5	0,45	0,4	0,35	0,3	←	←	←	←	←	←	←	←	←	←	0,1 0,3	con $d_E < DN$ $\zeta = 0,4$ fino a 1,1	
	Valvole forgiate	min 0,1 max 0,65	0,6	0,55	0,5	0,5	0,45	0,4	0,35	0,3	←	←	←	←	←	←	←	←	←	←	0,1 0,3		
	Valvole fuse	min 0,1 max 0,65	0,6	0,55	0,5	0,5	0,45	0,4	0,35	0,3	←	←	←	←	←	←	←	←	←	←	0,1 0,3		
	Valvole Compact	min 0,1 max 0,65	0,6	0,55	0,5	0,5	0,45	0,4	0,35	0,3	←	←	←	←	←	←	←	←	←	←	0,1 0,3	* anche con PN 40	
	Valvole a squadra	min 0,1 max 0,65	0,6	0,55	0,5	0,5	0,45	0,4	0,35	0,3	←	←	←	←	←	←	←	←	←	←	0,1 0,3		
	Valvole a sede inclinata	min 0,1 max 0,65	0,6	0,55	0,5	0,5	0,45	0,4	0,35	0,3	←	←	←	←	←	←	←	←	←	←	0,1 0,3		
	Valvole a flusso libero	min 0,1 max 0,65	0,6	0,55	0,5	0,5	0,45	0,4	0,35	0,3	←	←	←	←	←	←	←	←	←	←	0,1 0,3	con ottimizzazione è raggiungibile $\zeta = 2$ fino a 3	
	Valvole a membrana	min 0,1 max 0,65	0,6	0,55	0,5	0,5	0,45	0,4	0,35	0,3	←	←	←	←	←	←	←	←	←	←	0,1 0,3		
	Valvole di ritegno a sede diritta	min 0,1 max 0,65	0,6	0,55	0,5	0,5	0,45	0,4	0,35	0,3	←	←	←	←	←	←	←	←	←	←	0,1 0,3		
	Valvole di ritegno	Valvole di ritegno assiali	min 0,1 max 0,65	0,6	0,55	0,5	0,5	0,45	0,4	0,35	0,3	←	←	←	←	←	←	←	←	←	←	0,1 0,3	a partire da DN 125 allargate assialmente
		Valvole di ritegno a sede inclinata	min 0,1 max 0,65	0,6	0,55	0,5	0,5	0,45	0,4	0,35	0,3	←	←	←	←	←	←	←	←	←	←	0,1 0,3	
		Valvole di fondo	min 0,1 max 0,65	0,6	0,55	0,5	0,5	0,45	0,4	0,35	0,3	←	←	←	←	←	←	←	←	←	←	0,1 0,3	
Valvole di ritegno a clapet		min 0,1 max 0,65	0,6	0,55	0,5	0,5	0,45	0,4	0,35	0,3	←	←	←	←	←	←	←	←	←	←	0,1 0,3	() con disposizione a gruppi Clapet senza leva e contrappeso 2)	
Hydrostop $v = 4 \text{ m/s}$ $v = 3 \text{ m/s}$ $v = 2 \text{ m/s}$		min 0,1 max 0,65	0,6	0,55	0,5	0,5	0,45	0,4	0,35	0,3	←	←	←	←	←	←	←	←	←	←	0,1 0,3		
Filtri	min 0,1 max 0,65	0,6	0,55	0,5	0,5	0,45	0,4	0,35	0,3	←	←	←	←	←	←	←	←	←	←	←	0,1 0,3	allo stato pulito	
Crivelli	min 0,1 max 0,65	0,6	0,55	0,5	0,5	0,45	0,4	0,35	0,3	←	←	←	←	←	←	←	←	←	←	←	0,1 0,3		

Tabella 3: Fattori di Darcy per alcune perdite localizzate

```

ActiveSheet.Cells(7, 25).Value = "NUM.GOMITI"
ActiveSheet.Cells(7, 26).Value = "NUM.SARAC."
ActiveSheet.Cells(7, 27).Value = "NUM.DIRAM."
ActiveSheet.Cells(7, 28).Value = "NUM.DIRAM."
ActiveSheet.Cells(7, 29).Value = "ATTRAVERS."
ActiveSheet.Cells(7, 30).Value = "SARACINESCA"
ActiveSheet.Cells(7, 31).Value = "COLLETTORE"
ActiveSheet.Cells(7, 32).Value = "ATTRAVERS."
ActiveSheet.Cells(7, 33).Value = "RES.AGGIUNT."
ActiveSheet.Cells(7, 34).Value = "RES.AGGIUNT."

ActiveSheet.Cells(8, 25).Value = "a 90°"
ActiveSheet.Cells(8, 26).Value = "INTERC."
ActiveSheet.Cells(8, 27).Value = "DIRITTE"
ActiveSheet.Cells(8, 28).Value = "ANGOLO"
ActiveSheet.Cells(8, 29).Value = "TERMINALE"
ActiveSheet.Cells(8, 30).Value = "REGOLAZIONE"
ActiveSheet.Cells(8, 31).Value = "COMPLANARE"
ActiveSheet.Cells(8, 32).Value = "GENERATORE"
ActiveSheet.Cells(8, 33).Value = "FATTORE C"
ActiveSheet.Cells(8, 34).Value = "Dp [Pa]"

' Valori dei fattori C per le perdite riferite al diametro inferiore
ActiveSheet.Cells(5, 25).Value = 2# ' gomiti a 90 °
ActiveSheet.Cells(5, 26).Value = 10# ' saracinesca intercettazione
ActiveSheet.Cells(5, 27).Value = 1# ' diramazioni diritte
ActiveSheet.Cells(5, 28).Value = 3# ' diramazioni a angolo
ActiveSheet.Cells(5, 29).Value = 3# ' attraversamento terminale
ActiveSheet.Cells(5, 30).Value = "Calcolato" ' valore di presenza della valvola di regolazione
ActiveSheet.Cells(5, 31).Value = 1# ' collettore complanare
ActiveSheet.Cells(5, 32).Value = 3# ' attraversamento generatore
ActiveSheet.Cells(5, 33).Value = "TOTALE"
ActiveSheet.Cells(5, 33).HorizontalAlignment = xlCenter
    
```

Figura 70: Codice VBA che assegna i valori di default dei fattori di Darcy

L'utente digiti nella tabella di Figura 65 il numero delle resistenze per ciascuna tipologia, se presente. Si ricordi che per le tubazioni doppie (andata e ritorno) le resistenze in genere raddoppiano.

E' bene considerare una sola saracinesca di regolazione nel ramo principale contenete la pompa di circolazione. Questa saracinesca comporta una elevata caduta di pressione localizzata per avere sufficiente **autorità**⁸ e pertanto la si inserisce solo nel ramo principale.

In Figura 65 si ha un esempio di input completo delle resistenze localizzate dei singoli rami.

2.5 MENU RIEPOLOGA

Come già detto, oltre all'input diretto dei dati, come sopra illustrato, si può avere l'input assistito. In questo caso occorre attivarlo richiamando la voce **Riepiloga** del menu principale.



Figura 71: Attivazione della finestra Riepiloga dal menu principale

Si ottiene la finestra di riepilogo di Figura 72. Questa contiene tutti dati che è possibile digitare per un ramo.

⁸ Si ricordi che l'**autorità** della valvola di regolazione è data dal rapporto fra la caduta di pressione nella valvola rispetto a quella totale nel circuito in cui è inserita. Tale valore deve essere superiore a 0.4-0.5.

RIEPILOGO ED IMMISSIONE DATI

Nome Tratto:

Nome Locale:

Lunghezza [m]:

Materiale tubo:

☐ Carico [kW] ☐ Portata [kg/h]

Conferma dei Dati del Ramo

Per i soli rami terminali (colore cyan) è possibile digitare la portata in [kg/h] o il carico in [kW]. Se si seleziona (doppio click) la portata viene calcolato il carico termico equivalente in base alla differenza di temperatura assegnata. Questa scelta è utile per terminali con portata imposta.

Precedente Successivo

Crea riga nuova nella riga Attiva

Conferma Riga Selezionata

Cancella Riga Attiva

Digita qui il numero di riga da visualizzare e premi OK. Se si preme OK senza indicare la riga si va alla riga della cella attiva

CHIUDI RIEPILOGO

Gomito a 90°:

Saracinesche di intercettazione:

Diramazioni dritte:

Diramazioni ad angolo:

Attraversamento terminale:

Valvola di regolazione:

Collettore complanare:

Attraversamento generatore:

Resistenza aggiuntiva - fattore C:

Caduta di pressione aggiuntiva [Pa]:

Conferma delle Perdite Localizzate

Selezionare il numero di perdite localizzate tramite il menu a tendina corrispondente

Figura 72: Finestra di riepilogo

A causa della poca interattività di Excel con alcuni tasti, per muoversi lungo la tabella di input dati occorre selezionare la riga corrispondente al ramo da editare (vedi figura). Nella finestra si hanno alcuni suggerimenti che facilitano l'utilizzo delle operazioni.

Ad esempio, premendo **Conferma Riga Selezionata** si seleziona automaticamente la riga nella quale è posizionato il cursore. Pertanto se prima di richiamare la finestra si posiziona il cursore nella riga desiderata basta premere il tasto di conferma per essere subito operativi.

TRATTO	LOCALE	LUNGHEZZA [m]	MATERIALE	CARICO [kW]
P-A		8.00	Acciaio	
A-C1		10.00	Acciaio	
C1-R1	LETTO	8.00	Rame	1.00
C1-R2	STANZA	10.00	Rame	1.00
C1-R3	STUDIO	8.00	Rame	0.60
A-C2		8.00	Acciaio	
C2-R1	CUCINA	4.00	Rame	0.40
C2-R2	SALOTTO	8.00	Rame	1.00

RIEPILOGO ED IMMISSIONE DATI

Nome Tratto:

Nome Locale:

Lunghezza [m]:

Materiale tubo:

☐ Carico [kW] ☐ Portata [kg/h]

Conferma dei Dati del Ramo

Per i soli rami terminali (colore cyan) è possibile digitare la portata in [kg/h] o il carico in [kW]. Se si seleziona (doppio click) la portata viene calcolato il carico termico equivalente in base alla differenza di temperatura assegnata. Questa scelta è utile per terminali con portata imposta.

Precedente Successivo

Crea riga nuova nella riga Attiva

Conferma Riga Selezionata

Cancella Riga Attiva

Digita qui il numero di riga da visualizzare e premi OK. Se si preme OK senza indicare la riga si va alla riga della cella attiva

CHIUDI RIEPILOGO

Gomito a 90°:

Saracinesche di intercettazione:

Diramazioni dritte:

Diramazioni ad angolo:

Attraversamento terminale:

Valvola di regolazione:

Collettore complanare:

Attraversamento generatore:

Resistenza aggiuntiva - fattore C:

Caduta di pressione aggiuntiva [Pa]:

Conferma delle Perdite Localizzate

Selezionare il numero di perdite localizzate tramite il menu a tendina corrispondente

Figura 73: Dati per la riga 9, corrispondente al ramo P-A

In fase di prima digitazione non si hanno dati visualizzati altrimenti, in fase di verifica, si richiamano i dati presenti nel foglio di calcolo.

Ad esempio se si seleziona la riga 9 si ha la conferma con la posizione del cursore e la visualizzazione dei dati corrispondenti al ramo P-A, vedi Figura 73. E' ora possibile cambiare qualunque dato. Si osservi che P-A è un ramo principale e pertanto non è possibile digitare la portata, come avverte il promemoria nella stessa finestra.

Avendo già digitato manualmente tutti i dati si hanno anche quelli relativi alle tipologie delle resistenze localizzate, vedi parte a destra della finestra di Figura 73.

E' possibile modificare i valori del numero delle resistenza agendo sui menu a tendina posti sulla destra delle rispettive finestre, Figura 74.

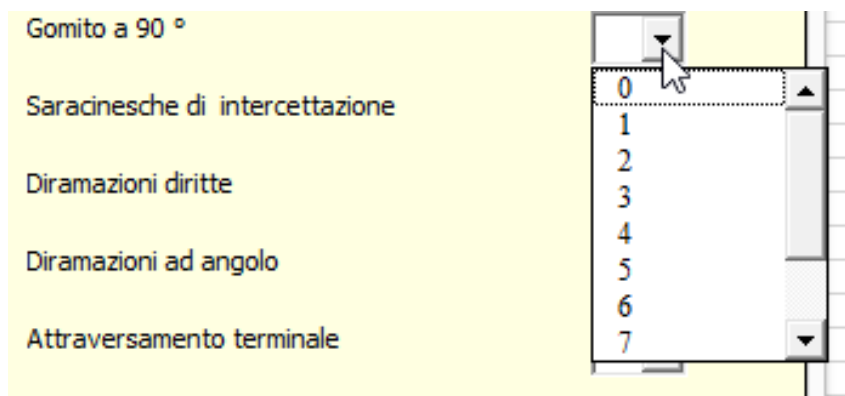


Figura 74: Selezione del numero delle resistenze localizzate con il menu a tendina

Per confermare qualunque input di nuovi dati o variazione dei dati già esistenti occorre sempre premere il tasto di conferma corrispondente, come illustrato nella Figura 75 e nella Figura 76.

Si ricordi che solo con l'input guidato è possibile selezionare, per i soli rami terminali, la portata imposta anziché quello del carico termico imposto, come indicato in precedenza.

Nome Tratto	<input type="text" value="P-A"/>	Nome Locale	<input type="text"/>
Lunghezza [m]:	<input type="text" value="8"/>	Materiale tubo	<input type="text" value="Acciaio"/>
<input type="checkbox"/> Carico [kW]	<input type="text"/>	<input type="checkbox"/> Portata [kg/h]	<input type="text"/>
<input type="button" value="Conferma dei Dati del Ramo"/>			

Figura 75: Conferma dei dati di ramo

Gomito a 90 °	2 ▼
Saracinesche di intercettazione	2 ▼
Diramazioni diritte	2 ▼
Diramazioni ad angolo	2 ▼
Attraversamento terminale	▼
Valvola di regolazione	1 ▼
Collettore complanare	▼
Attraversamento generatore	1 ▼
Resistenza aggiuntiva - fattore C	8 ▼
Caduta di pressione aggiuntiva [Pa]	1500
<div>Conferma delle Perdite Localizzate</div>	

Figura 76: Conferma dei dati per le resistenze localizzate

La finestra di riepilogo consente anche di inserire nuove righe o di cancellarne alcune. Basta premere i tasti corrispondenti. La riga interessata dalla cancellazione è quella attiva, cioè dove è posto il cursore. La nuova riga viene creata in corrispondenza alla posizione del cursore.

Crea riga nuova nella riga Attiva
Cancella Riga Attiva

Figura 77: Tasti di Creazione o di Cancellazione di righe

Se si utilizza l'input non guidato si ottengono le stesse azioni selezionando la riga da cancellare (premere il tasto del mouse in corrispondenza del numero della riga, vedi Figura 78) e premendo **CTRL -**.

Per inserire una nuova riga selezionare la riga dove si vuole crearla e premere **CTRL +**.

7	TRATTO	NUM. GOMITI
8		a 90°
9	P-A	2
10	A-C1	2
11	C1-R1	2
12	C1-R2	2
13	C1-R3	2

Figura 78: Selezione di una riga in Excel

A conclusione dell'input o della modifica dei dati si esce dalla finestra di riepilogo premendo il tasto **CHIUDI RIEPILOGO**.

CHIUDI RIEPILOGO

Figura 79: Tasto di chiusura del riepilogo

3. USO DEL PROGRAMMA – FASE DI CALCOLO

3.1 INTRODUZIONE ALLA FASE DI CALCOLO

Il calcolo delle reti tecnologiche idroniche è suddivisa in tre fasi che possono anche essere automatizzate in un'unica fase.

Si parte dal menu principale, come indicato in Figura 80

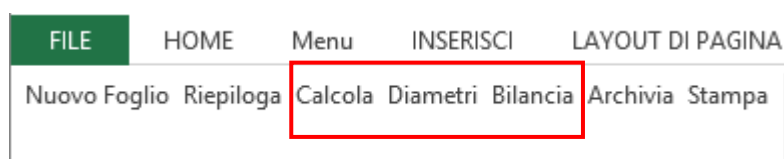


Figura 80: Menu principale con le indicazioni delle fasi di calcolo

La suddivisione in tre fasi è opportuna per l'ottimizzazione del bilanciamento delle reti e lascia all'Utente piena libertà di scegliere la via migliore.

Concettualmente la suddivisione in più fasi è necessaria, come detto nel primo capitolo, perché il progetto della rete ha più incognite delle equazioni disponibili. Ciò rende opportuno introdurre dei criteri di calcolo fondati su ipotesi varie.

Fase di Calcolo N. 1

Le relazioni di calcolo citate nel primo capitolo dipendono dal diametro che, inizialmente. È un'incognita. Allora si suppone inizialmente (cosa lecita per le reti tecnologiche) di avere *tubi lisci* e quindi di utilizzare, in una prima fase, le relazioni semplificate.

Quindi nella prima fase di calcolo si ipotizza un r.c.d. (*rapporto resistenze concentrate su distribuite*) in modo da avere una Δp distribuita con la quale calcolare un diametro teorico. Ad esempio, per tubazioni in acciaio è:

$$\psi = 0.055 v^{0.13} \rho \frac{m^{1.87}}{d^{5.01}}$$

Dalla quale, note le portate dei rami e le proprietà termofisiche dell'acqua alla temperatura media (v e ρ) si ricava il diametro teorico d .

Il programma, avviato con la voce del menu principale **Calcola**, deve preliminarmente calcolare le portate dei rami principali mediante l'algoritmo ad albero inverso mediante il quale ricostruisce i circuiti che formano la rete. Noti i circuiti somma le portate totali che fluiscono nei rami principali e quindi completa la colonna F nel foglio di calcolo e poi, con lo stesso metodo, anche le altre fino alla colonna K.

Successivamente, mediante relazioni inverse esplicite, calcola il diametro teorico e lo pone nella colonna L che viene anche colorata in azzurro.

A questo punto la prima fase di calcolo si conclude. Se si sceglie di effettuare il solo calcolo dei diametri teorici il programma si ferma e lascia all'Utente la possibilità di selezionare i diametri commerciali manualmente.

Va osservato che l'ipotesi iniziale (valore di *r.c.d. imposto*) è importante per fissare la base iniziale dei diametri teorici. In altri termini, dato il Δp della pompa e calcolato il Δp_d mediante la relazione:

$$\Delta p_d = \frac{\Delta p_{pompa}}{1 + r.c.d.}$$

Pertanto se il valore di *r.c.d.* è basso si avrà più prevalenza disponibile per le perdite distribuite e, viceversa, se *r.c.d.* è alto si ha meno prevalenza disponibile.

Se la Δp_d è elevata la perdita specifica di pressione media dei circuiti risulta più elevata, essendo:

$$\psi_m = \frac{\Delta p_d}{L_{circuiti}}$$

A ψ_m più **elevata** corrispondono diametri più **piccoli** e quindi la proposta dei diametri teorici si sposta verso diametri minori.

Fase di Calcolo N.2

Si è già detto che le perdite localizzate si possono calcolare solo noti che siano i diametri e pertanto occorre preliminarmente selezionare i diametri commerciali in base alla tipologia di tubazione scelta.

Quest'operazione può essere effettuata manualmente dall'Utente utilizzando un menu a tendina disponibili nelle celle della colonna M (colorata con sfondo giallino).

E' anche possibile effettuare automaticamente questa selezione avviando da menu principale il programma **Diametri**. In questo modo il programma sceglie il diametro commerciale immediatamente superiore a quello teorico per ogni tipologia di tubazione.

Naturalmente l'Utente può sempre modificare i valori *proposti* dal programma. Quest'operazione è fondamentale per la terza fase di calcolo, il bilanciamento dei circuiti.

Fase di Calcolo N. 3

Questa fase si avvia dal menu principale con la voce **Bilancia**. Noti i diametri commerciali (colonna giallina M) il programma è ora in grado di calcolare in modo corretto sia le perdite specifiche che le velocità reali e le perdite localizzate. A questo scopo è bene porre *r.c.d. = 0* in modo che si prendano in considerazione le perdite localizzate vere. In questo modo vengono riempite le colonne dalla N alla T, calcolando anche il valore di *r.c.d.* per ciascun ramo e il valore medio dei singoli circuiti.

Viene poi calcolato il valore massimo dell'*r.c.d.* dei circuito e registrato nella cella colorata in verde **r.c.d. effettivo**.

Per ciascun circuito (determinato con l'algoritmo dell'albero inverso) viene calcolata la perdita di pressione totale. Infine viene determinata la perdita massima e registrata nelle celle **delta-p massima** in alto.

Ora l'Utente può rendersi conto dello sbilanciamento dei singoli circuiti ed apportare le modifiche che ritiene opportuno. La via preferenziale è modificare il valore dei diametri commerciali scelti (colonna M) aumentando quelli dei rami principali.

Pertanto modificati i diametri dei rami desiderati si può nuovamente lanciare il programma **Bilancia** per una nuova verifica.

Le iterazioni possono essere effettuate senza limite, fino al raggiungimento dell'equilibramento della rete.

Si può anche lanciare la fase di calcolo n.1 con una nuova ipotesi di *r.c.d. imposto* e ripetere le fasi di calcolo successive.

Calcolo automatico completo

Il programma può anche effettuare due o più fasi di calcolo in modo automatico, a scelta dell'Utente. Un'opzione molto comoda è il calcolo completo che comprende le tre fasi insieme. Questo viene lanciato sempre dal menu principale con la voce **Calcola** e selezionando il calcolo totale (vedi più avanti).

Con quest'opzione si avvia una procedura di ottimizzazione in due tempi:

- *Inizialmente si avvia la fase di calcolo n. 1 con l'r.c.d. imposto fissato dall'Utente. Il calcolo procede poi con la fase di calcolo n.2 per la selezione automatica dei diametri e poi, ponendo r.c.d.=0, al bilanciamento (Fase di calcolo n.3);*
- *Successivamente il programma impone come r.c.d. il valore dell'r.c.d. effettivo calcolato nel primo tentativo e ripete le tre fasi di calcolo fino al bilanciamento.*

In questo modo si ha una buona ottimizzazione del bilanciamento della rete. Naturalmente l'Utente può sempre intervenire variando le ipotesi di calcolo o i diametri commerciali, come prima esposto.

Osservazione sul bilanciamento delle reti

Il **bilanciamento** dei circuiti serve ad avere una caduta totale di pressione il più possibile eguale per tutti. Si ricordi, infatti, che tutti i circuiti sono in parallelo alla pompa e pertanto tutti debbono avere la stessa Δp totale.

La mancata verifica di questa condizione comporta una redistribuzione delle portate nei circuiti in modo inversamente proporzionale alla resistenza di imbocco presentata. In pratica i circuiti che presentano Δp maggiore hanno una portata minore e, viceversa, quelli con Δp minore hanno una portata maggiore.

L'effetto di questa redistribuzione delle portate è quello di non soddisfare le richieste dei terminali che, per le reti tecnologiche, debbono essere alimentati alla portata nominale:

$$m = \frac{Q_{terminale}}{\Delta t_{progetto}}$$

Un classico esempio si ha nel riscaldamento non equilibrato dei condomini: i piani bassi sono surriscaldati perché vicini alla pompa di circolazione e presentano perdite totali minori rispetto ai piani alti, solitamente al freddo.

Fra l'altro si osserva che il **DPR 59/09** impone oggi il bilanciamento obbligatorio delle reti perché lo squilibrio comporta maggiori sprechi energetici.

In alcuni casi si applica il metodo di bilanciamento delle portate confluenti in un nodo basato sulla relazione:

$$m_i = m \left(\frac{\Delta p_i}{\Delta p} \right)^{0.525}$$

Ove si ha:

- m_i nuova portata di bilanciamento del ramo;
- m portata del circuito da bilanciare;
- Δp_i nuova prevalenza del circuito;
- Δp prevalenza del circuito da bilanciare.

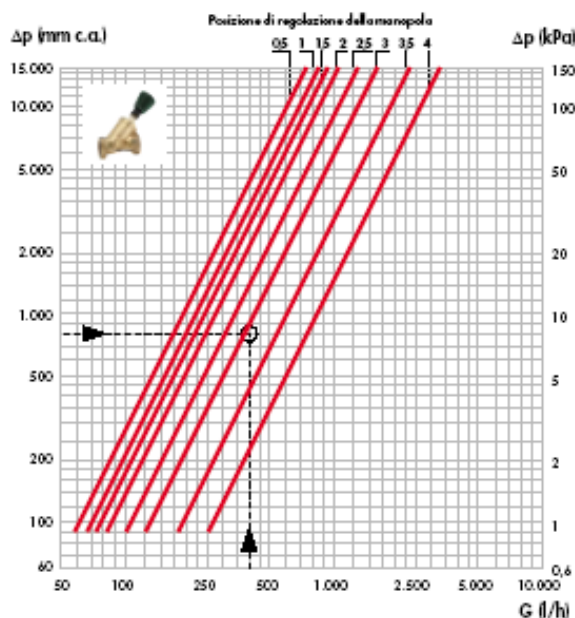
La relazione di bilanciamento sopra scritta presuppone che le perdite totali dei circuiti siano proporzionali alla portata con un esponente pari ad 1.9.

L'applicazione di questo criterio può portare a **variazioni di portata**, rispetto a quella nominale, anche sensibili. Di solito per il corretto funzionamento dei terminali si accetta una variazione della portata entro il 5%.

Al fine di garantire il corretto funzionamento dei terminali si preferisce bilanciare i circuiti utilizzando le **valvole di bilanciamento**, vedi Figura 81, che forniscono Δp variabili mediante una ghiera graduata (vedi Figura 82).



Figura 81: Esempi di valvole di bilanciamento filettate e flangiate



Posizione di regolazione della manopola								
	0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4
KV	0,6	0,68	0,75	0,85	1,05	1,3	1,8	2,2

Figura 82: Esempio di utilizzo dell'abaco di calcolo delle valvole di bilanciamento

A questo scopo il programma calcola automaticamente la **differenza di caduta di pressione** di ciascun circuito rispetto a quella del circuito più sfavorito (colonna W) fornendo così il valore del Δp di bilanciamento tramite la valvola.

3.2 MENU CALCOLA

Vediamo adesso nel dettaglio l'utilizzo del programma nelle fasi di calcolo. Prendiamo in considerazione l'esempio già visto per l'input dei dati. Abbiamo cioè il foglio riempito con i dati di input dei rami principali, comprese le resistenze localizzate, come illustrato nelle figure seguenti.

2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
	Prefisso assegnato alla pompa =			p		Delta-p massima =			[m. c.a.]	Hazen Williams		
	Prefisso assegnato ai terminali =			R		Delta-p massima =			[Pa]	r.c.d. imposto		1,00
						Delta-p pompa =		20000	[Pa]	2,04	[m c.a.]	r.c.d. effe
TRATTO	LOCALE	LUNGH.	TIPO	CARICO	CARICO	PORTATA	PORTATA	PERD. SPEC.	PERD. SPEC.	DIAMETRO	DIAMETRO	VELOCITA'
		[m]	TUBAZIONE	[kW]	[kcal/h]	[kg/s]	[kg/h]	[Pa/m]	[mm c.a./m]	Teorico [mm]	Comm. [mm]	[m/s]
P-C1		10,00	Acciaio									
C1-C2		7,00	Acciaio									
C2-C3		7,00	Acciaio									
C1-R1	Bagno Ragazzi	8,00	Rame	0,45								
C1-R2	Letto Matrimoniale	4,00	Rame	0,95								
C1-R3	Bagno Grande	5,00	Rame	0,45								
C1-R4	Letto Ragazzi	8,00	Rame	0,60								
C1-R5	Scala 2° p	12,00	Rame	0,65								
C2-R1	Cucina	8,00	Rame	0,20								
C2-R2	Pranzo	4,00	Rame	0,23								
C2-R3	Bagno	5,00	Rame	0,30								
C2-R4	Salone	8,00	Rame	0,60								
C2-R5	Scala 1° p	12,00	Rame	0,30								
C3-R1	Ripostiglio	8,00	Rame	0,51								
C3-R2	Studio	4,00	Rame	0,42								
C3-R3	Bagno	5,00	Rame	0,37								
C3-R4	Negozio	8,00	Rame	0,56								
C3-R5	Ingresso	12,00	Rame	0,51								

Figura 83: Dati di input dei rami circuitati

Valori riferiti al diametro 8-16 mm									
FATTORE C	FATTORE C	FATTORE C	FATTORE C	FATTORE C	KV [m³/h]	FATTORE C	FATTORE C	FATTORE C	DP TOTALE
2	10	1	3	3	Calcolato	1	3	TOTALE	
NUM. GOMITI a 90°	NUM. SARAC. INTERC.	NUM. DIRAM. DIRITTE	NUM. DIRAM. ANGOLO	ATTRAVERS. TERMINALE	VALVOLA REGOLAZIONE	COLLETTORE COMPLANARE	ATTRAVERS. GENERATORE	RES. AGGIUNT. FATTORE C	RES. AGGIUNT. Dp [Pa]
2	2	2			1		1		
2	2	2	2						
2	2	2	2						
2	2	2		1		1			
2	2	2		1		1			
2	2	2		1		1			
2	2	2		1		1			
2	2	2		1		1			
2	2	2		1		1			
2	2	2		1		1			
2	2	2		1		1			
2	2	2		1		1			
2	2	2		1		1			
2	2	2		1		1			
2	2	2		1		1			
2	2	2		1		1			
2	2	2		1		1			
2	2	2		1		1			
2	2	2		1		1			

Figura 84: Dati per le tipologie delle resistenze localizzate

In pratica si tratta di una rete formata da due collettori complanari, C1 e C2, con sei radiatori collegati e indicati con il prefisso R. La pompa ha il prefisso P.

Si suppone che l'alimentazione avvenga con acqua a 70 °C e che sia $\Delta t=10$ °C. La pompa selezionata abbia una prevalenza di 10000 Pa (pari a 1.02 m. c.a.) e che l'r.c.d. imposto sia pari ad 1 (quindi perdite concentrate pari a quelle distribuite).

Come di può osservare sono state fornite le portate per i soli rami terminali mentre quelle dei rami principali (P-A, A-C1, A-C2) non sono presenti. Ci penserà il programma a calcolarle.

Lanciamo la prima fase di calcolo tramite il menu principale selezionando la voce **Calcola**.



Figura 85: Selezione della fase di calcolo dal menu principale

Il programma presenta subito una finestra di selezione dei parametri di calcolo e per la scelta delle tipologie di calcolo.

Si osservi come nella zona a sinistra si hanno i parametri progettuali di calcolo (r.c.d. imposto, Delta_p della pompa, Temperatura di mandata e differenza di temperatura di progetto). E' possibile effettuare qualunque modifica di questi parametri e si avrà anche l'aggiornamento immediato del foglio di calcolo.

The image is a screenshot of a software window titled 'Calcolo dei diametri delle reti idroniche'. Inside the window, there is a text block explaining the calculation phase. Below this, on the left, are four input fields with corresponding labels: 'r.c.d. imposto' (value: 1), 'Delta_p della pompa (Pa)' (value: 10000), 'Temperatura di mandata (°C)' (value: 70), and 'Differenza di temperatura fra mandata e ritorno (°C)' (value: 10). On the right side, there are three radio button options: 'Solo calcolo iniziale', 'Con selezione dei diametri', and 'Completo con bilanciamento'. At the bottom right, there is a button labeled 'Rinuncia al calcolo'. A red rectangular box highlights the input fields and the radio button options. Above the input fields, there is a button labeled 'Avvia il calcolo delle reti Idroniche'.

Figura 86: Finestra del menu di calcolo

Nella zona a destra si hanno tre possibili scelte corrispondenti a tre modalità di calcolo.

3.2.1 SOLO CALCOLO INIZIALE

Si effettua solo il calcolo indicato in precedenza come Fase n. 1 e cioè si arriva alla determinazione dei diametri teorici.

2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
	Prefisso assegnato alla pompa =			P		Delta-p massima =			[m. c. a.]	Hazen Williams	
	Prefisso assegnato ai terminali =			R		Delta-p massima =			[Pa]	r.c.d. imposto	
						Delta-p pompa =		10000	[Pa]	1,02	m c.a.

TRATTO	LOCALE	LUNGH. [m]	TIPO TUBAZIONE	CARICO [kW]	CARICO [kcal/h]	PORTATA [kg/s]	PORTATA [kg/h]	PERD. SPEC. [Pa/m]	PERD. SPE [mm c.a./m]	DIAMETRO teorico [mm]	DIAMETRO comm. [mm]
P-A		8,00	Acciaio	4,20	3612,00	0,10	361,20	625,00	63,71	16,45	
A-C1		10,00	Acciaio	2,80	2408,00	0,07	240,80	277,78	28,32	16,62	
C1-R1	LETTO	8,00	Rame	1,00	860,00	0,02	86,00	192,31	19,60	14,11	
C1-R2	STANZA	12,00	Rame	1,00	860,00	0,02	86,00	166,67	16,99	14,54	
C1-R3	STUDIO	8,00	Rame	0,80	688,00	0,02	68,80	192,31	19,60	13,00	
A-C2		6,00	Acciaio	1,40	1204,00	0,03	120,40	357,14	36,41	12,21	
C2-R1	CUCINA	4,00	Rame	0,40	344,00	0,01	34,40	277,78	28,32	9,32	
C2-R2	SALONE	6,00	Rame	1,00	860,00	0,02	86,00	250,00	25,48	13,35	

Calcolo dei diametri delle reti idroniche

Questa fase effettua il calcolo dei diametri iniziali di tutti i circuiti della rete. Si possono anche scegliere i diametri commerciali immediatamente superiori a quelli calcolati o anche lanciare il calcolo completo di bilanciamento. Il valore di r.c.d. con il calcolo completo viene posto pari a 0 prima di lanciare la fase di bilanciamento delle reti. Controllare i dati di calcolo e modificarli se lo si desidera. Premi AVVIA per il calcolo finale.

r.c.d. imposto

Avvia il calcolo delle reti idroniche

Delta_p della pompa (Pa)

☒ Solo calcolo iniziale

☐ Con selezione dei diametri

☐ Completo con bilanciamento

Temperatura di mandata (°C)

 Differenza di temperatura fra mandata e ritorno (°C)

Rinuncia al calcolo

Figura 87: Selezione del solo calcolo iniziale

Premendo il tasto **avvia il calcolo delle reti idroniche** si ottiene il risultato di Figura 88.

	Prefisso assegnato alla pompa =			p		Delta-p massima =			2.30	[m. c.a.]	Hazen Williar
	Prefisso assegnato ai terminali =			r		Delta-p massima =			22560	[Pa]	r.c.d. imposto
						Delta-p pompa =			23000	[Pa]	2.34
TRATTO	LOCALE	LUNGH.	TIPO	CARICO	CARICO	PORTATA	PORTATA	PERD. SPEC	PERD. SPEC	DIAMETRO	
		[m]	TUBAZIONE	[kW]	[kcal/h]	[kg/s]	[kg/h]	[Pa/m]	[mm c.a./m]	teorico [mm]	
p-c		10.00	Acciaio	3.60	3096.00	0.17	619.20	1050.83	107.12	15.33	
c-r1	cucina	8.00	Rame	0.50	430.00	0.02	86.00	1050.83	107.12	7.01	
c-r2	letto	8.00	Rame	1.20	1032.00	0.06	206.40	1050.83	107.12	9.68	
c-r3	soggiorno	8.00	Rame	0.90	774.00	0.04	154.80	1050.83	107.12	8.70	
c-r4	salone	8.00	Gas	1.00	860.00	0.05	172.00	1050.83	107.12	9.50	

Figura 88: Risultati ottenuti con la Fase n. 1

Come si può osservare il programma ha riempito tutte le colonne dalla F alla L. Quest'ultima contiene i diametri teorici appena calcolati. Da questo punto occorre selezionare i diametri commerciali sia in modo manuale o automaticamente, come si vedrà più avanti.

3.2.2 CON SELEZIONE DEI DIAMETRI

Si può selezionare la seconda opzione **Con selezione dei diametri**, come indicato in Figura 89. Il programma effettua gli stessi calcoli visti nel paragrafo precedente con in più la scelta dei diametri commerciali, come si può osservare in Figura 90. In pratica viene riempita anche la colonna M (in giallino). La selezione dei diametri avviene in funzione della serie commerciale di ciascuna tipologia di tubazione (vedi Figura 55) scegliendo il diametro immediatamente superiore a quello teorico. Lo stesso risultato si ottiene selezionando la voce **Diametri** dal menu principale, dopo aver lanciato il calcolo dei soli diametri teorici visto nel paragrafo precedente.

Si osservi che la selezione automatica è effettuata con un criterio uniforme per tutti i rami e non si fanno distinzioni fra rami principali e secondari.

Inoltre la selezione dei diametri tiene conto dei valori commerciali presenti nel foglio **Parametri_Fisici** nella colonna AJ.

Questi valori vengono generati automaticamente dal programma in fase di inizializzazione di un nuovo progetto (vedi capitolo precedente). Le modifiche fatte in questa colonna vengono recepite per la selezione del progetto in corso e quindi si possono sostituire alcuni valori dei diametri commerciali secondo le proprie esigenze.

2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	Prefisso assegnato alla pompa =			p		Delta-p massima =		[m. c.a.]		Hazen Willi.
	Prefisso assegnato ai terminali =			R		Delta-p massima =		[Pa]		r.c.d. imposto
						Delta-p pompa =		10000	[Pa]	1,02
TRATTO	LOCALE	LUNGH.	TIPO	CARICO	CARICO	PORTATA	PORTATA	PERD.SPEC.	PERD.SPEC.	DIAMETRO
		[m]	TUBAZIONE	[kW]	[kcal/h]	[kg/s]	[kg/h]	[Pa/m]	[mm c.a./m]	Teorico [mm]
P-A		8,00	Acciaio							
A-C1		10,00	Acciaio							
C1-R1	LETTO	8,00	Rame	1,00						
C1-R2	STANZA	12,00	Rame	1,00						
C1-R3	STUDIO	8,00	Rame	0,80						
A-C2		6,00	Acciaio							
C2-R1	CUCINA	4,00	Rame	0,40						
C2-R2	SALONE	6,00	Rame	1,00						

Calcolo dei diametri delle reti idroniche

Questa fase effettua il calcolo dei diametri iniziali di tutti i circuiti della rete. Si possono anche scegliere i diametri commerciali immediatamente superiori a quelli calcolati o anche lanciare il calcolo completo di bilanciamento. Il valore di r.c.d. con il calcolo completo viene posto pari a 0 prima di lanciare la fase di bilanciamento delle reti. Controllare i dati di calcolo e modificarli se lo si desidera. Premi AVVIA per il calcolo finale.

r.c.d. imposto

Delta_p della pompa (Pa)
 ☐ Solo calcolo iniziale

Temperatura di mandata (°C)

☒ Con selezione dei diametri
 ☐ Completo con bilanciamento

Differenza di temperatura fra mandata e ritorno (°C)

Figura 89: Avvio del calcolo con selezione dei diametri

Si ricordi, tuttavia, che questi valori modificati non vengono salvati con il progetto e pertanto potrebbero verificarsi incongruenze con i risultati in caso di nuova elaborazione susseguente al richiamo del un progetto salvato. In pratica le serie dei diametri commerciali non sono modificabili a piacere perché dipendenti dalla tipologia di tubazione. La modifica possibile è quella di cambiare qualche diametro con altri di valore maggiore, non presente nell'elenco sopra indicato.

Si è cercato di dare ampia flessibilità all'uso del programma ma vanno scoraggiate personalizzazioni non coerenti con la realtà produttiva. Si consiglia di effettuare le modifiche dei diametri commerciali con molta attenzione. Nel caso si desideri cambiare in modo permanente una o più serie commerciali (ad esempio tipologie di polietilene diverse o tubi in acciaio diversi) allora occorre intervenire, sempre con molta attenzione, nel programma in VBA come già accennato per i valori dei fattori di Darcy delle resistenze localizzate.

2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
	Prefisso assegnato alla pompa =			P		Delta-p massima =			[m. c.a.]	Hazen Williams	
	Prefisso assegnato ai terminali =			R		Delta-p massima =			[Pa]	r.c.d. imposto	
						Delta-p pompa =			10000 [Pa]	1,02	m c.a.
TRATTO	LOCALE	LUNGH.	TIPO	CARICO	CARICO	PORTATA	PORTATA	PERD.SPEC.	PERD.SPE	DIAMETRO	DIAMETRO
		[m]	TUBAZIONE	[kW]	[kcal/h]	[kg/s]	[kg/h]	[Pa/m]	[mm c.a./m]	Teorico [mm]	Comm. [mm]
P-A		8,00	Acciaio	4,20	3612,00	0,10	361,20	625,00	63,71	16,31	16,60
A-C1		10,00	Acciaio	2,80	2408,00	0,07	240,80	277,78	28,32	16,49	16,60
C1-R1	LETTO	8,00	Rame	1,00	860,00	0,02	86,00	192,31	19,60	13,89	14,00
C1-R2	STANZA	12,00	Rame	1,00	860,00	0,02	86,00	166,67	16,99	14,31	16,00
C1-R3	STUDIO	8,00	Rame	0,80	688,00	0,02	68,80	192,31	19,60	12,79	14,00
A-C2		6,00	Acciaio	1,40	1204,00	0,03	120,40	357,14	36,41	12,10	13,20
C2-R1	CUCINA	4,00	Rame	0,40	344,00	0,01	34,40	277,78	28,32	9,17	10,00
C2-R2	SALONE	6,00	Rame	1,00	860,00	0,02	86,00	250,00	25,48	13,14	14,00

Figura 90: Risultati ottenuti con la selezione dei diametri

3.2.3 CALCOLO COMPLETO CON BILANCIAMENTO

Questa selezione è attivata dall'ultimo bottone della finestra di calcolo, come indicato in Figura 91. Si ottengono i risultati di Figura 92.

In particolare in Figura 93 si riporta la seconda parte del foglio di calcolo, a partire dalla colonna L fino alla colonna W, contenente i risultati anche del bilanciamento.

In pratica sono state effettuate tutte e tre le fasi di calcolo viste in precedenza. In più viene effettuato un doppio calcolo di ottimizzazione, il primo partendo da $r.c.d.=1$ come valore iniziale imposto, il secondo partendo da $r.c.d. = 0.164$ che è il risultato della prima elaborazione di bilanciamento. A seguito della seconda elaborazione si ottiene un $r.c.d. \text{ effettivo}$ pari a 0.164.

Si possono ottenere gli stessi risultati lanciando manualmente le tre fasi di calcolo per le due iterazioni.

Durante le elaborazioni si hanno le emissioni di due *Beep* per indicare le due ripetizioni del calcolo.

Si osservi che le ultime tre colonne riportano, rispettivamente:

- La perdita di pressione totale del circuito, in Pa;
- La perdita di pressione totale del circuito, in m. c.a.;
- La Δp di regolazione rispetto al circuito più sfavorevole, in Pa.

Calcolo dei diametri delle reti idroniche

Questa fase effettua il calcolo dei diametri iniziali di tutti i circuiti della rete. Si possono anche scegliere i diametri commerciali immediatamente superiori a quelli calcolati o anche lanciare il calcolo completo di bilanciamento. Il valore di r.c.d. con il calcolo completo viene posto pari a 0 prima di lanciare la fase di bilanciamento delle reti. Controllare i dati di calcolo e modificarli se lo si desidera. Premi AVVIA per il calcolo finale.

1

r.c.d. imposto

Avvia il calcolo delle reti Idroniche

10000

Delta_p della pompa (Pa)

☐ Solo calcolo iniziale

☐ Con selezione dei diametri

☒ Completo con bilanciamento

80

Temperatura di mandata (°C)

10

Differenza di temperatura fra mandata e ritorno (°C)

Rinuncia al calcolo

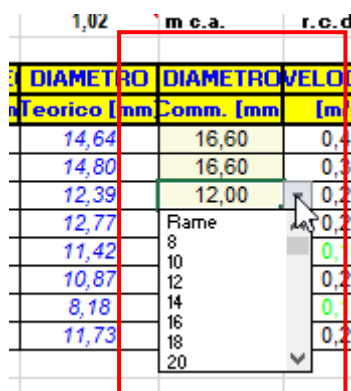
[illegible]

12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
Hazen Williams											
r.c.d. imposto					T ingresso=	80,00	*C		Visc. Cin =		
1,02	m c.a.	r.c.d. effettivo =	0,220		DT=	10	*C		Densità=	974,07	kg/m³
DIAMETRO	DIAMETRO	VELOCITA'	PERD. SPEC.	PERD. SPEC.	PERD. DIST.	PERD. CONC.	P. CON/P. DIS.	P. TOT.	P. CIRC.	P. CIRC.	DP. REGOL.
Teorico [mm]	Comm. [mm]	[m/s]	[mm c.a./m]	[Pa/m]	[Pa]	[Pa]	r.c.d.	[Pa]	[Pa]	[m c.a.]	[Pa]
14,64	16,60	0,45	33,44	328,10	2624,76	1419,50	0,54	4044,26			
14,79	16,60	0,30	15,67	153,71	1537,12	171,48	0,11	1708,61			
12,39	14,00	0,15	5,47	53,67	429,39	43,23	0,10	472,62	6225,49	0,63	214,69
12,77	14,00	0,15	5,47	53,67	644,08	43,23	0,07	687,32	6440,19	0,66	0,00
11,41	12,00	0,16	7,70	75,54	604,30	51,26	0,08	655,56	6408,43	0,65	31,75
10,86	13,20	0,23	13,51	132,57	795,43	107,22	0,13	902,65			
8,18	10,00	0,12	5,44	53,39	213,57	26,57	0,12	240,14	5187,06	0,53	1253,13
11,72	12,00	0,20	11,38	111,62	669,74	80,10	0,12	749,84	5696,75	0,58	743,43

Figura 93: Vista della seconda parte del foglio relativa al bilanciamento

Inoltre si osserva come il terminale C1-R2 sia quello relativo al circuito più sfavorito (6440 Pa). La caduta di pressione massima è inferiore a quella della pompa (10000 Pa).

Possiamo ottimizzare ulteriormente i risultati scegliendo diametri dei rami terminali più piccoli di quelli già selezionati, come indicato in Figura 94.



DIAMETRO Teorico (mm)	DIAMETRO COMM. (mm)	VELOCITÀ (m/s)
14,64	16,60	0,4
14,80	16,60	0,3
12,39	12,00	0,2
12,77		0,2
11,42		0,1
10,87		0,2
8,18		0,1
11,73		0,2

Menu a tendina (Rame): 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20

Figura 94: Selezione manuale dei diametri commerciali

La selezione manuale è assistita da un menu a tendina attraverso il quale è possibile selezionare il diametro desiderato per la tipologia della tubazione (basta scorrere il menu a tendina verso il basso).

Dopo la nuova selezione dei diametri è possibile lanciare la fase di bilanciamento (**Bilancia**), vedi Figura 95, ed ottenere i risultati di Figura 96 che evidenzia i nuovi risultati di calcolo.

Queste operazioni possono essere svolte più volte al fine di ottenere il miglior risultato possibile del bilanciamento dei circuiti. Possono essere utili le seguenti linee guida:

- Incrementare il diametro del ramo terminale relativo al circuito di massima caduta di pressione può aiutare poco perché riduce le perdite solo nell'ultimo ramo. Meglio modificare i diametri dei rami principali che partecipano alla formazione di più circuiti;
- Osservando i Δp dei vari circuiti è facile individuare il nodo a monte e quindi il ramo principale che lo alimenta: è su questo ramo che bisogna intervenire incrementando il diametro;
- Dalla colonna S (**P.CON/P.DIS**) si può individuare il o i rami con maggior rapporto r.c.d. e quindi agire su questi incrementandoli;
- Se l'incremento dei diametri apporta pochi benefici (cioè si osserva una scarsa riduzione delle perdite totali più sfavorite o del singolo circuito) allora è bene controllare le tipologie e il numero di perdite localizzate dei rami più sfavoriti,
- Se tutta la rete si mantiene con Δp elevati è opportuno cambiare la prevalenza della pompa incrementandone il valore selezionato. Basta rilanciare la fase **Calcola** inserendo un valore di **delta-p pompa** più elevato.

LOCALE	LUNGH. [m]	TIPO TUBAZIONE	CARICO [kW]	CARICO [kcal/h]	PORTATA [kg/s]	PORTATA [kg/h]	PERD. SPEC. [Pa/m]	PERD. SPE [mm c.a./m]	DIAMETRO Teorico [mm]	DIAMETRO Comm. [mm]
	8,00	Acciaio	4,20	3612,00	0,10	361,20	1073,43	109,42	14,64	16,60
	10,00	Acciaio	2,80	2408,00	0,07	240,80	477,08	48,63	14,80	16,60
LETTO	8,00	Rame	1,00	860,00	0,02	86,00	330,29	33,67	12,39	12,00
STANZA	12,00	Rame	1,00	860,00	0,02	86,00	286,25	29,18	12,77	12,00
STUDIO	8,00	Rame	0,80	688,00	0,02	68,80	330,29	33,67	11,42	12,00
	6,00	Acciaio	1,40	1204,00	0,03	120,40	613,39	62,53	10,87	13,20
CUCINA	4,00	Rame	0,40	344,00	0,01	34,40	477,08	48,63	8,18	10,00
SALONE	6,00	Rame	1,00	860,00	0,02	86,00	429,37	43,77	11,73	10,00

Bilanciamento delle reti idroniche

Questa fase effettua il calcolo delle perdite distribuite, concentrate e totali di tutti i circuiti della rete. Controllare i dati di calcolo e modificarli se lo si desidera. Premi AVVIA per il calcolo delle reti idroniche.

r.c.d. imposto

Delta_p della pompa (Pa)

Temperatura di mandata (°C)

Differenza di temperatura fra mandata e ritorno (°C)

Figura 95: Riavvio della fase di bilanciamento

m c.a.	r.c.d. effettivo =	0,158	DT=		10	°C	Densità=	974,07	kg/m³	
DIAMETRO	VELOCITÀ	PERD. SPEC.	PERD. SPEC.	PERD. DIST.	PERD. CONC.	P. CONIP. DIS	P. TOT	P. CIRC.	P. CIRC.	DP REGOL.
Comm. [mm]	[m/s]	[mm c.a./m]	[Pa/m]	[Pa]	[Pa]	r.c.d.	[Pa]	[Pa]	[m c.a.]	[Pa]
16,60	0,45	33,44	328,10	2624,76	1419,50	0,54	4044,26			
16,60	0,30	15,67	153,71	1537,12	171,48	0,11	1708,61			
12,00	0,20	11,38	111,62	892,99	80,10	0,09	973,09	6725,96	0,69	446,50
12,00	0,20	11,38	111,62	1339,49	80,10	0,06	1419,58	7172,45	0,73	0,00
12,00	0,16	7,70	75,54	604,30	51,26	0,08	655,56	6408,43	0,65	764,02
13,20	0,23	13,51	132,57	795,43	107,22	0,13	902,65			
10,00	0,12	5,44	53,39	213,57	26,57	0,12	240,14	5187,06	0,53	1985,40
10,00	0,29	27,05	265,38	1592,28	166,09	0,10	1758,37	6705,28	0,68	467,17

Figura 96: Nuovi risultati di bilanciamento

3.2.4 DIMENSIONAMENTO DI RETI PER FAN COIL A DUE TUBI

Se si utilizzano fan coil a due tubi (cioè con una sola batteria sia per il regime estivo che per quello invernale), vedi più avanti §3.2.4, **si deve verificare che la rete di distribuzione progettata per una stagione sia valida anche per la seconda.**

Di solito si parte dalle peggiori condizioni. Ad esempio quelle estive. Dopo aver effettuato il dimensionamento della rete occorre verificare che anche per i carichi delle condizioni invernali la rete va bene.

In questo caso, dopo aver salvata la rete per la prima condizione, si procede alla fase di reinizializzazione del foglio con l'opzione del **mantenimento dei diametri commerciali** (vedi quanto detto al §2.2.1).

E' quindi possibili cambiare le potenzialità termiche dei terminali e le ipotesi di funzionamento (*Temperatura dell'acqua, salto termico ed eventualmente la prevalenza della pompa*) procedendo al calcolo e verifica di bilanciamento:

- Fase di calcolo con solo calcolo iniziale con r.c.d. =0 perché la rete è già dimensionata;
- Saltare la selezione dei diametri perché già selezionati;
- Avviare la fase di bilanciamento con r.c.d. =0 e confrontare i risultati ottenuti con quella della prima rete.

Per ulteriori informazioni si vada al paragrafo §3.2.4.

Nel caso di fan coil a quattro tubi le reti di distribuzione sono diverse e fra loro indipendenti e pertanto possono essere dimensionate separatamente.

3.3 MENU DIAMETRI

La scelta automatica dei diametri commerciali può essere effettuata tramite la voce di menu principale **Diametri**, come illustrato in Figura 97.

Nuovo Foglio Riepiloga Calcola **Diametri** Bilancia Archivia Stampa

Figura 97: Selezione della voce Diametri

Si ha subito una finestra di conferma, vedi Figura 98. Premendo il tasto AVVIA il programma effettua la selezione dei diametri commerciali scegliendo il primo diametro immediatamente superiore a quello teorico, per ciascuna tipologia di tubazione.

2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
	Prefisso assegnato alla pompa =	P				Delta-p massima =		[m. c.a.]		Hazen Williams	
	Prefisso assegnato ai terminali =	R				Delta-p massima =		[Pa]		r.c.d. imposto	
						Delta-p pompa =	10000	[Pa]		1,02	m c.a.
TRATTO	LOCALE	LUNGH. [m]	TIPO TUBAZIONE	CARICO [kW]	CARICO [kcal/h]	PORTATA [kg/s]	PORTATA [kg/h]	PERD.SPEC. [Pa/m]	PERD.SPE [mm c.a./m]	DIAMETRO Teorico [mm]	DIAMETRO Comm. [mm]
P-A		8,00	Acciaio	9,80	8428,00	0,23	842,80	625,00	63,71	22,38	
A-C1		10,00	Acciaio	5,30	4558,00	0,13	455,80	277,78	28,32	20,92	
C1-R1	LETTO	8,00	Rame	2,00	1720,00	0,05	172,00	192,31	19,60	17,93	
C1-R2	STANZA	12,00	Rame	1,80	1548,00	0,04	154,80	166,67	16,99	17,77	
C1-R3	STUDIO	8,00	Rame	1,50	1290,00	0,04	129,00	192,31	19,60	16,12	
A-C2		6,00	Acciaio	4,50	3870,00	0,11	387,00	357,14	36,41	18,72	
C2-R1	CUCINA	4,00	Rame	2,50	2150,00	0,06	215,00	277,78	28,32	18,01	
C2-R2	SALONE	6,00	Rame	2,00	1720,00	0,05	172,00	250,00	25,48	16,96	

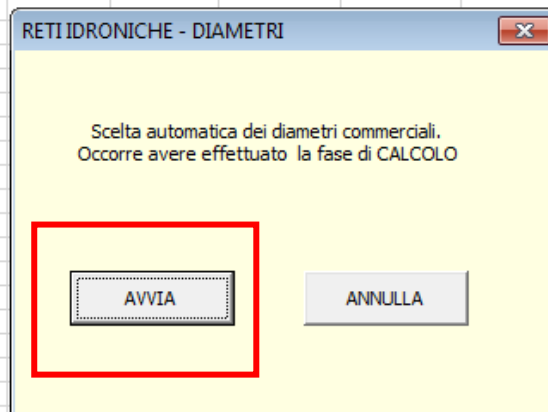


Figura 98: Finestra di conferma del menu Diametri

Nella colonna M (in giallo) si possono leggere i valori dei diametri calcolati.

Delta-p pompa = 10000 [Pa] 1,02 m c.a.											
TRATTO	LOCALE	LUNGH. [m]	TIPO TUBAZIONE	CARICO [kW]	CARICO [kcal/h]	PORTATA [kg/s]	PORTATA [kg/h]	PERD. SPEC. [Pa/m]	PERD. SPEC. [mm c.a./m]	DIAMETRO Teorico [mm]	DIAMETRO Comm. [mm]
P-A		8,00	Acciaio	9,80	8428,00	0,23	842,80	625,00	63,71	22,38	25,40
A-C1		10,00	Acciaio	5,30	4558,00	0,13	455,80	277,78	28,32	20,92	25,40
C1-R1	LETTO	8,00	Rame	2,00	1720,00	0,05	172,00	192,31	19,60	17,93	18,00
C1-R2	STANZA	12,00	Rame	1,80	1548,00	0,04	154,80	166,67	16,99	17,77	18,00
C1-R3	STUDIO	8,00	Rame	1,50	1290,00	0,04	129,00	192,31	19,60	16,12	18,00
A-C2		6,00	Acciaio	4,50	3870,00	0,11	387,00	357,14	36,41	18,72	25,40
C2-R1	CUCINA	4,00	Rame	2,50	2150,00	0,06	215,00	277,78	28,32	18,01	20,00
C2-R2	SALONE	6,00	Rame	2,00	1720,00	0,05	172,00	250,00	25,48	16,96	18,00

Figura 99: Selezione dei diametri commerciali

Si osservi che il risultato di quest'operazione è sempre lo stesso e quindi se si lancia **Diametri** più volte si ritrovano sempre gli stessi valori, a meno che non si cambi la fase di calcolo (vedi in precedenza).

Rilanciare più volte la fase **Diametri** può essere comodo se si desidera annullare una serie di modifiche fatte con la fase **Bilancia** per ricominciare nuovamente con altre selezioni dei diametri.

Fase di Calcolo e Selezione dei diametri concatenate

Questa fase può essere inglobata nel menu **Calcola** scegliendo l'opzione **Con selezione dei diametri**, come indicato in Figura 100,

Calcolo dei diametri delle reti idroniche

Questa fase effettua il calcolo dei diametri iniziali di tutti i circuiti della rete. Si possono anche scegliere i diametri commerciali immediatamente superiori a quelli calcolati o anche lanciare il calcolo completo di bilanciamento. Il valore di r.c.d. con il calcolo completo viene posto pari a 0 prima di lanciare la fase di bilanciamento delle reti. Controllare i dati di calcolo e modificarli se lo si desidera. Premi AVVIA per il calcolo finale.

1

r.c.d. imposto

10000

Delta_p della pompa (Pa)

80

Temperatura di mandata (°C)

10

Differenza di temperatura fra mandata e ritorno (°C)

Avvia il calcolo delle reti Idroniche

☐ Solo calcolo iniziale
☒ Con selezione dei diametri
☐ Completo con bilanciamento

Rinuncia al calcolo

Figura 100: Selezione di calcolo con selezione dei diametri

In questo caso si effettua la fase 1 di calcolo e la selezione automatica dei diametri ma non la fase 3 di bilanciamento. Questa scelta equivale l'opzione **Solo calcolo iniziale** più la selezione **Diametri** dal menu principale.

3.4 MENU BILANCIA

Dal menu principale si seleziona la voce **Bilancia**, come indicato in Figura 101. Si ha immediatamente la finestra di Figura 102.

Nuovo Foglio Riepiloga Calcola Diametri **Bilancia** Archivia Stampa

Figura 101: Selezione della fase Bilancia

A sinistra della finestra si hanno le ipotesi di calcolo attive al momento del lancio. Se il rapporto *r.c.d.* è diverso da zero è opportuno digitare **0** per avere il calcolo esatto con le perdite localizzate indicate in fase di input (vedi capitolo precedente).

Se *r.c.d.* è diverso da zero le perdite concentrate sono calcolate secondo questo rapporto. Si osservi che se si pone *r.c.d.=0* ma non sono presenti resistenze localizzate in input il programma visualizzerà *r.c.d. Effettivo =0* dopo la fase di bilanciamento. Questo può essere utile per quantificare le sole perdite distribuite ma è poi necessario ripetere il calcolo indicando anche le perdite localizzate.

2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
	Prefisso assegnato alla pompa =	P				Delta-p massima =			[m. c.a.]	Hazen Williams	
	Prefisso assegnato ai terminali =	R				Delta-p massima =			[Pa]	r.c.d. imposto	
						Delta-p pompa =	10000		[Pa]	1,02	m c.a. r.
TRATTO	LOCALE	LUNGH.	TIPO	CARICO	CARICO	PORTATA	PORTATA	PERD. SPEC.	PERD. SPE	DIAMETRO	DIAMETRO
		[m]	TUBAZIONE	[kW]	[kcal/h]	[kg/s]	[kg/h]	[Pa/m]	[mm c.a./m]	teorico [mm]	comm. [mm]
P-A		8,00	Acciaio	9,80	8428,00	0,23	842,80	625,00	63,71	22,38	25,40
A-C1		10,00	Acciaio	5,30	4558,00	0,13	455,80	277,78	28,32	20,92	25,40
C1-R1	LETTO	8,00	Rame	2,00	1720,00	0,05	172,00	192,31	19,60	17,93	18,00
C1-R2	STANZA	12,00	Rame	1,80	1548,00	0,04	154,80	166,67	16,99	17,77	18,00
C1-R3	STUDIO	8,00	Rame	1,50	1290,00	0,04	129,00	192,31	19,60	16,12	18,00
A-C2		6,00	Acciaio	4,50	3870,00	0,11	387,00	357,14	36,41	18,72	25,40
C2-R1	CUCINA	4,00	Rame	2,50	2150,00	0,06	215,00	277,78	28,32	18,01	20,00
C2-R2	SALONE	6,00	Rame	2,00	1720,00	0,05	172,00	250,00	25,48	16,96	18,00

Bilanciamento delle reti idroniche

Questa fase effettua il calcolo delle perdite distribuite, concentrate e totali di tutti i circuiti della rete. Controllare i dati di calcolo e modificarli se lo si desidera. Premi AVVIA per il calcolo delle reti idroniche.

1 r.c.d. imposto

10000 Delta_p della pompa (Pa)

80 Temperatura di mandata (°C)

10 Differenza di temperatura fra mandata e ritorno (°C)

Avvia il bilanciamento delle reti

Uscita dal Bilanciamento

Figura 102: Finestra del fase di bilanciamento

La fase di calcolo di bilanciamento effettua un calcolo più raffinato delle perdite di pressione nei circuiti avendo disponibili i diametri commerciali delle tubazioni.

E' importante ricordare che il calcolo di bilanciamento parte dai valori dei diametri presenti nella colonna M, senza mai modificarli. Questo significa che l'Utente può effettuare la fase di bilanciamento con più ipotesi di diametri commerciali.

In pratica ciò risulta comodo per effettuare un bilanciamento ottimale della rete operando due operazioni fondamentale:

- Modificare i diametri commerciali dei rami ritenuti importanti (e/o influenti);
- Lanciare la fase **Bilancia** per verificare il bilanciamento della rete.

In questo caso si ha il problema di non riuscire a bilanciare il circuito corrispondente che, di solito, è un circuito di **breve lunghezza**, cioè vicino alla pompa di circolazione. In questi casi l'unico modo per bilanciare i circuiti è la **valvola di taratura** (opportunamente dimensionata, come indicato dal programma) o una valvola *Autoflow*®.

Valgono le considerazioni fatte in precedenza per i criteri operativi per il bilanciamento.

Fase di Calcolo Completa con selezione dei diametri e Bilanciamento

La fase bilanciamento può essere inglobata nella fase di calcolo completa, come illustrato in Figura 106. Nel riquadro a sinistra si hanno le ipotesi di calcolo presenti nel foglio e che è sempre possibile modificare.

2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	Prefisso assegnato alla pompa =	P				Delta-p massima =		[m. c.a.]	Hazen Willia	
	Prefisso assegnato ai terminali =	R				Delta-p massima =		[Pa]	r.c.d. impost	
						Delta-p pompa =	10000	[Pa]	1,02	
TRATTO	LOCALE	LUNGH.	TIPO	CARICO	CARICO	PORTATA	PORTATA	PERD.SPEC.	PERD.SPE	DIAMETRO
		[m]	TUBAZIONE	[kW]	[kcal/h]	[kg/s]	[kg/h]	[Pa/m]	[mm c.a./m]	Teorico [mm]
P-A		8,00	Acciaio							
A-C1		10,00	Acciaio							
C1-R1	LETTO	8,00	Rame	2,00						
C1-R2	STANZA	12,00	Rame	1,80						
C1-R3	STUDIO	8,00	Rame	1,50						
A-C2		6,00	Acciaio							
C2-R1	CUCINA	4,00	Rame	2,50						
C2-R2	SALONE	6,00	Rame	2,00						

Calcolo dei diametri delle reti idroniche

Questa fase effettua il calcolo dei diametri iniziali di tutti i circuiti della rete. Si possono anche scegliere i diametri commerciali immediatamente superiori a quelli calcolati o anche lanciare il calcolo completo di bilanciamento. Il valore di r.c.d. con il calcolo completo viene posto pari a 0 prima di lanciare la fase di bilanciamento delle reti. Controllare i dati di calcolo e modificarli se lo si desidera. Premi AVANTI per il calcolo finale.

1

r.c.d. imposto

10000

Delta_p della pompa (Pa)

80

Temperatura di mandata (°C)

10

Differenza di temperatura fra mandata e ritorno (°C)

Avvia il calcolo delle reti Idroniche

☐ Solo calcolo iniziale
☐ Con selezione dei diametri
☒ Completo con bilanciamento

Rinuncia al calcolo

Figura 106: Selezione della fase di calcolo completo con bilanciamento

Questa selezione consente una sorta di ottimizzazione del bilanciamento, come già detto in precedenza, poiché il programma effettua **due iterazioni**:

- La prima partendo dall'r.c.d. imposto che è stato digitato;
- La seconda imponendo all'r.c.d. il valore dell'r.c.d. effettivo della prima iterazione.

In questo modo si compensano gli effetti di una selezione iniziale dell'r.c.d. non corretta. La seconda iterazione, infatti, parte da un valore di r.c.d. che tiene conto delle perdite localizzate presenti nei circuiti.

Dopo il calcolo è sempre possibile intervenire manualmente per ottimizzare ulteriormente il bilanciamento delle reti.

Circuiti con ritorno inverso

Reti a *ritorno inverso* (dette anche ad anello di **Tickelmann**), vedi Figura 107, nelle quali il ritorno dai terminali avviene attraverso una tubazione inversa che equalizza le lunghezze totali dei vari circuiti. In pratica l'anello inverso (detto anche a *tre tubi*) bilancia automaticamente le *perdite distribuite* delle reti di distribuzione.

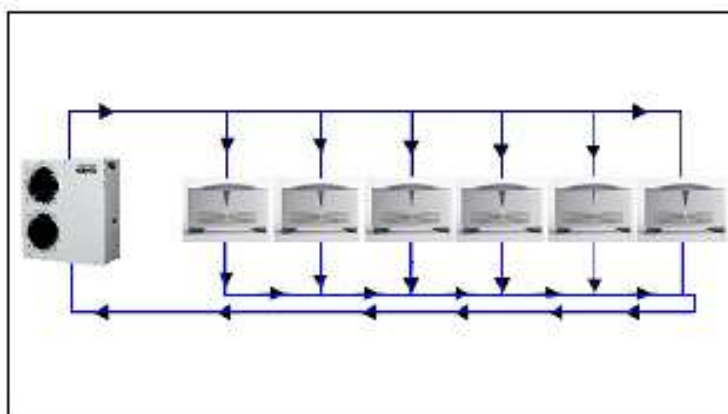


Figura 107: Reti a ritorno inverso

Se le perdite localizzate sono uniformemente distribuite fra i vari circuiti (ad esempio vi sono lo stesso numero di gomiti, valvole, ...) allora si ha anche un bilanciamento completo ed uniforme della rete. Purtroppo non è sempre possibile avere le stesse perdite localizzate perché la geometria della rete è dettata anche (e spesso soprattutto) dall'architettura dell'edificio.

3.4.1 CONFRONTO DI RETE CON RITORNO INVERSO E CON RITORNO NORMALE

Si faccia riferimento alla rete di Figura 108 per la quale si abbia l'input di Figura.

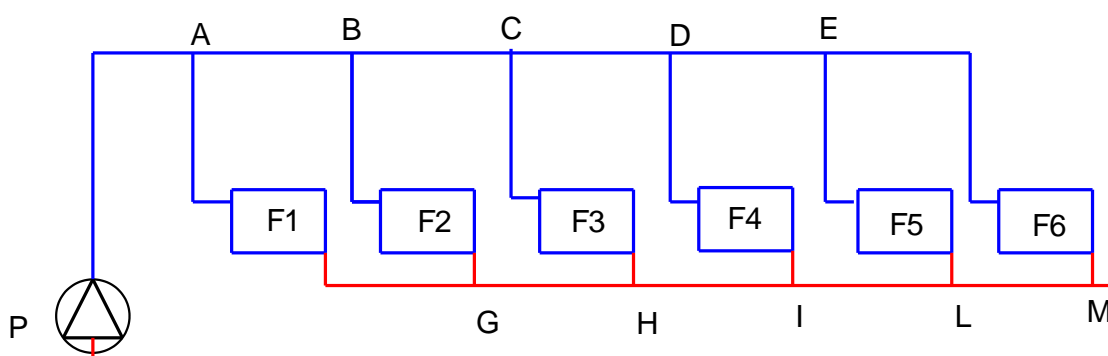


Figura 108: Esempio di rete con anello di Tickelmann

Si osservi come la sequenza dei nomi dei rami indici prima le tubazioni di mandata e poi quelle di ritorno. Va precisato che la ricerca dei rami concatenati ad albero inverso (sia per la mandata che per il ritorno) avviene su tutto l'insieme dei rami digitati (in questo caso dalla riga 9

alla 30) e quindi il programma ricostruisce correttamente la rete. Tuttavia se i rami sono inseriti nell'ordine suggerito i tempi di elaborazione si riducono anche sensibilmente per reti molto estese. L'input viene completato con le tipologie e numero di resistenze localizzate, come indicato nella Figura 110.

A questo punto è possibile lanciare la fase di calcolo completa, come indicato in Figura 111. Si osservino le ipotesi di calcolo (r.c.d. imposto, prevalenza della pompa, temperatura di mandata e salto termico di progetto).

Attivando il calcolo completo con il bilanciamento si ha il calcolo automatico ottimizzato della rete. Dopo due segnali acustici (uno per iterazione) si ha la visualizzazione dei risultati di calcolo riportati in Figura 112. Si osservi che in verde sono segnati i valori delle velocità inferiori a 0.2 m/s. Qualora si desideri evitare le basse velocità (che possono portare problemi di fermo bolle d'aria) si può agire sui diametri dei rami interessati riducendone il diametro, se questo è possibile.

2	3	4	5	6
	Prefisso assegnato alla pompa =			p
	Prefisso assegnato ai terminali =			F
TRATTO	LOCALE	LUNGH. [m]	TIPO TUBAZIONE	CARICO [kW]
p-A		5,00	Acciaio	
A-B		4,00	Acciaio	
B-C		4,00	Acciaio	
C-D		4,00	Acciaio	
D-E		4,00	Acciaio	
A-F1	FAN COIL	1,00	Rame	1,00
F1-G		5,00	Rame	
B-F2	FAN COIL	1,00	Rame	1,00
F2-G		1,00	Rame	
G-H		4,00	Acciaio	
C-F3	FAN COIL	1,00	Rame	1,00
F3-H		1,00	Rame	
H-I		4,00	Acciaio	
D-F4	FAN COIL	1,00	Rame	1,00
F4-I		1,00	Rame	
I-L		4,00	Acciaio	
E-F5	FAN COIL	1,00	Rame	1,00
F5-L		1,00	Rame	
L-M		4,00	Acciaio	
E-F6	FAN COIL	5,00	Rame	1,00
F6-M		1,00	Rame	
M-p		25,00	Acciaio	

Figura 109: Input dei dati di circuito per la rete dei fancoil

Valori riferiti al diametro 8-16 mm										
FATTORE C	FATTORE C	FATTORE C	FATTORE C	FATTORE C	KV [m³/h]	FATTORE C	FATTORE C	FATTORE C	DP TOTALE	
2	10	1	3	3	Calcolato	1	3	TOTALE		
TRATTO	NUM. GOMIT a 90°	NUM. SARAC. INTERC.	NUM. DIRAM. DIRITTE	NUM. DIRAM. ANGOLO	ATTRAVERS. TERMINALE	VALVOLA REGOLAZIONE	COLLETORE COMPLANARE	ATTRAVERS. GENERATORE	RES. AGGIUNT. FATTORE C	RES. AGGIUNT. Dp [Pa]
p-A	1	1	1			1		1		
A-B			1							
B-C			1							
C-D			1							
D-E			1							
A-F1	1	1			1					
F1-G	1	1								
B-F2	1	1			1					
F2-G	1	1								
G-H										
C-F3	1	1			1					
F3-H	1	1								
H-I										
D-F4	1	1			1					
F4-I	1	1								
I-L										
E-F5	1	1			1					
F5-L	1	1								
L-M										
E-F6	1	1			1					
F6-M	1	1								
M-p	2	1								

Figura 110: Tipologia delle resistenze localizzate per la rete con 6 fancoil

Si riporta in Figura 113 il risultato di questa operazione. Naturalmente riducendo alcuni diametri le perdite complessive di pressione aumentano ottenendo, adesso 8486 Pa pari a 0,86 m. di c.a. Se si desidera mantenere la pompa da 20000 Pa si possono ulteriormente ridurre i diametri dei rami principali. Si osservi come, per effetto del ritorno inverso, si hanno circuiti molto bilanciati. I valori delle Δp di bilanciamento sono modesti rispetto alla caduta totale di pressione

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
		Prefisso assegnato alla pompa =			p		Delta-p massima =			[m. c.a.]	Hazei
		Prefisso assegnato ai terminali =			F		Delta-p massima =			[Pa]	r.c.d.
							Delta-p pompa =			20000 [Pa]	2,
TRATTO	LOCALE	LUNGH.	TIPO	CARICO	CARICO	PORTATA	PORTATA	PERD. SPEC.	PERD. SPE.	DIAM.	
		[m]	TUBAZIONE	[kW]	[kcal/h]	[kg/s]	[kg/h]	[Pa/m]	[mm c.a./m]	Teoric	
p-A		5,00	Acciaio								
A-B		4,00	Acciaio								
B-C		4,00	Acciaio								
C-D		4,00	Acciaio								
D-E		4,00	Acciaio								
A-F1	FAN COIL	1,00	Rame	1,00							
F1-G		5,00	Rame								
B-F2	FAN COIL	1,00	Rame	1,00							
F2-G		1,00	Rame								
G-H		4,00	Acciaio								
C-F3	FAN COIL	1,00	Rame	1,00							
F3-H		1,00	Rame								
H-I		4,00	Acciaio								
D-F4	FAN COIL	1,00	Rame	1,00							
F4-I		1,00	Rame								
I-L		4,00	Acciaio								
E-F5	FAN COIL	1,00	Rame	1,00							
F5-L		1,00	Rame								
L-M		4,00	Acciaio								
E-F6	FAN COIL	5,00	Rame	1,00							
F6-M		1,00	Rame								
M-p		25,00	Acciaio								

Calcolo dei diametri delle reti idroniche

Questa fase effettua il calcolo dei diametri iniziali di tutti i circuiti della rete. Si possono anche scegliere i diametri commerciali immediatamente superiori a quelli calcolati o anche lanciare il calcolo completo di bilanciamento. Il valore di r.c.d. con il calcolo completo viene posto pari a 0 prima di lanciare la fase di bilanciamento delle reti. Controllare i dati di calcolo e modificarli se lo si desidera. Premi AVVIA per il calcolo finale.

1

r.c.d. imposto

20000

Delta_p della pompa (Pa)

80

Temperatura di mandata (°C)

5

Differenza di temperatura fra mandata e ritorno (°C)

Avvia il calcolo delle reti Idroniche

☐ Solo calcolo iniziale
☐ Con selezione dei diametri
☒ Completo con bilanciamento

Rinuncia al calcolo

Figura 111: Fase di calcolo completa per la rete con 6 fancoil

Le differenze di caduta di pressione si hanno per i rami iniziali e finali e per il diverso numero e tipologie di resistenze localizzate.

Naturalmente il beneficio dell'auto bilanciamento si paga caro dovendo inserire una tubazione di ritorno inversa aggiuntiva. Questa tipologia di distribuzione viene detta **a tre tubi**. Quando il progetto delle reti era effettuato con mezzi meno sofisticati di quelli oggi disponibili (e questo programma ne è un esempio) allora il terzo tubo poteva essere giustificato.

Oggi siamo in grado di bilanciare le reti con le valvole di bilanciamento (o con le valvole *Autoflow*®) e pertanto non vi è motivo di spendere denaro in più per il terzo tubo evitando, così, anche un'altra complicazione impiantistica.

Nel caso si fosse utilizzata una rete di ritorno normale si avrebbe la situazione espressa in Figura 114. L'input dei dati si modifica come riportato in Figura 115. Il calcolo automatico porta ai risultati di Figura 116. Il ramo D-E presenta una velocità inferiore a 0.2 m/s per cui si seleziona un diametro inferiore e si rilancia la fase **Bilancia** ottenendo i risultati di Figura 117.

8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
Delta-p massima =	0,73	[m. c.a.]	Hazen Williams												
Delta-p massima =	7755	[Pa]	r.c.d. imposto						T ingresso=	10,00	°C	Visc. Cin =			
Delta-p pompa =	2000	[Pa]	2,04	m.c.a.	r.c.d. effettivo =	0,333			DT=	5	°C	Densità=	973,8	kg/m³	
PORTATA	PORTATA	PERD. SPEC.	PERD. SPE.	DIAMETRO	DIAMETRO	VELOCITÀ	PERD. SPEC.	PERD. SPEC.	PERD. DIST.	PERD. CONC.	P. CONIP. DIS.	P. TOT.	P. CIRC.	P. CIRC.	DP REGOL.
[kg/s]	[kg/h]	[Pa/m]	[mm c.a./m]	teorico [mm]	comm. [mm]	[m/s]	[mm c.a./m]	[Pa/m]	[Pa]	[Pa]	r.c.d.	[Pa]	[Pa]	[m.c.a.]	[Pa]
0,29	1032,00	285,11	29,06	28,16	29,10	0,41	14,16	138,95	694,77	902,28	1,30	1597,05			
0,24	860,00	285,11	29,06	26,31	29,10	0,35	10,07	98,81	395,24	0,00	0,00	395,24			
0,19	688,00	285,11	29,06	24,21	25,40	0,36	13,12	128,67	514,67	0,00	0,00	514,67			
0,14	516,00	285,11	29,06	21,74	25,40	0,27	7,66	75,13	300,53	0,00	0,00	300,53			
0,10	344,00	285,11	29,06	18,69	25,40	0,18	3,59	35,20	140,80	0,00	0,00	140,80			
0,05	172,00	285,11	29,06	16,42	18,00	0,16	5,47	53,62	53,62	31,68	0,59	85,29	7141,06	0,73	613,90
0,05	172,00	285,11	29,06	16,42	18,00	0,16	5,47	53,62	268,09	31,68	0,12	299,76			
0,05	172,00	344,78	35,15	15,78	16,00	0,23	9,56	93,82	93,82	50,74	0,54	144,56	7381,09	0,75	373,87
0,05	172,00	285,11	29,06	16,42	18,00	0,16	5,47	53,62	53,62	31,68	0,59	85,29			
0,10	344,00	285,11	29,06	18,69	25,40	0,18	3,59	35,20	140,80	0,00	0,00	140,80			
0,05	172,00	380,14	38,75	15,46	16,00	0,23	9,56	93,82	93,82	50,74	0,54	144,56	7754,96	0,79	0,00
0,05	172,00	285,11	29,06	16,42	18,00	0,16	5,47	53,62	53,62	31,68	0,59	85,29			
0,14	516,00	285,11	29,06	21,74	25,40	0,27	7,66	75,13	300,53	0,00	0,00	300,53			
0,05	172,00	423,59	43,18	15,11	16,00	0,23	9,56	93,82	93,82	50,74	0,54	144,56	7754,96	0,79	0,00
0,05	172,00	285,11	29,06	16,42	18,00	0,16	5,47	53,62	53,62	31,68	0,59	85,29			
0,19	688,00	285,11	29,06	24,21	25,40	0,36	13,12	128,67	514,67	0,00	0,00	514,67			
0,05	172,00	478,25	48,75	14,73	16,00	0,23	9,56	93,82	93,82	50,74	0,54	144,56	7381,09	0,75	373,87
0,05	172,00	285,11	29,06	16,42	18,00	0,16	5,47	53,62	53,62	31,68	0,59	85,29			
0,24	860,00	285,11	29,06	26,31	29,10	0,35	10,07	98,81	395,24	0,00	0,00	395,24			
0,05	172,00	478,25	48,75	14,73	16,00	0,23	9,56	93,82	469,08	50,74	0,11	519,82	7381,12	0,75	393,84
0,05	172,00	285,11	29,06	16,42	18,00	0,16	5,47	53,62	53,62	31,68	0,59	85,29			
0,29	1032,00	285,11	29,06	28,16	29,10	0,41	14,16	138,95	3473,83	333,88	0,10	3807,72			

Figura 112: Risultati di calcolo per la rete con 6 fancoil

DIAMETRO	VELOCITÀ	PERD. SPEC.	PERD. SPEC.	PERD. DIST.	PERD. CONC.	P. CONIP. DIS.	P. TOT.	P. CIRC.	P. CIRC.	DP REGOL.
Comm. [mm]	[m/s]	[mm c.a./m]	[Pa/m]	[Pa]	[Pa]	r.c.d.	[Pa]	[Pa]	[m.c.a.]	[Pa]
29,10	0,41	14,16	138,95	694,77	902,28	1,30	1597,05			
29,10	0,35	10,07	98,81	395,24	0,00	0,00	395,24			
25,40	0,36	13,12	128,67	514,67	0,00	0,00	514,67			
25,40	0,27	7,66	75,13	300,53	0,00	0,00	300,53			
16,60	0,42	30,22	296,49	1185,97	0,00	0,00	1185,97			
16,00	0,23	9,56	93,82	93,82	50,74	0,54	144,56	8465,55	0,86	19,97
16,00	0,23	9,56	93,82	469,08	50,74	0,11	519,82			
16,00	0,23	9,56	93,82	93,82	50,74	0,54	144,56	8485,53	0,86	0,00
16,00	0,23	9,56	93,82	93,82	50,74	0,54	144,56			
16,60	0,42	30,22	296,49	1185,97	0,00	0,00	1185,97			
16,00	0,23	9,56	93,82	93,82	50,74	0,54	144,56	7814,22	0,80	671,31
16,00	0,23	9,56	93,82	93,82	50,74	0,54	144,56			
25,40	0,27	7,66	75,13	300,53	0,00	0,00	300,53			
16,00	0,23	9,56	93,82	93,82	50,74	0,54	144,56	7814,22	0,80	671,31
16,00	0,23	9,56	93,82	93,82	50,74	0,54	144,56			
25,40	0,36	13,12	128,67	514,67	0,00	0,00	514,67			
16,00	0,23	9,56	93,82	93,82	50,74	0,54	144,56	8485,53	0,86	0,00
16,00	0,23	9,56	93,82	469,08	50,74	0,11	519,82			
29,10	0,35	10,07	98,81	395,24	0,00	0,00	395,24			
16,00	0,23	9,56	93,82	469,08	50,74	0,11	519,82	8465,55	0,86	19,97
16,00	0,23	9,56	93,82	93,82	50,74	0,54	144,56			
29,10	0,41	14,16	138,95	3473,83	333,88	0,10	3807,72			

Figura 113: Ottimizzazione della rete con nuova selezione dei diametri

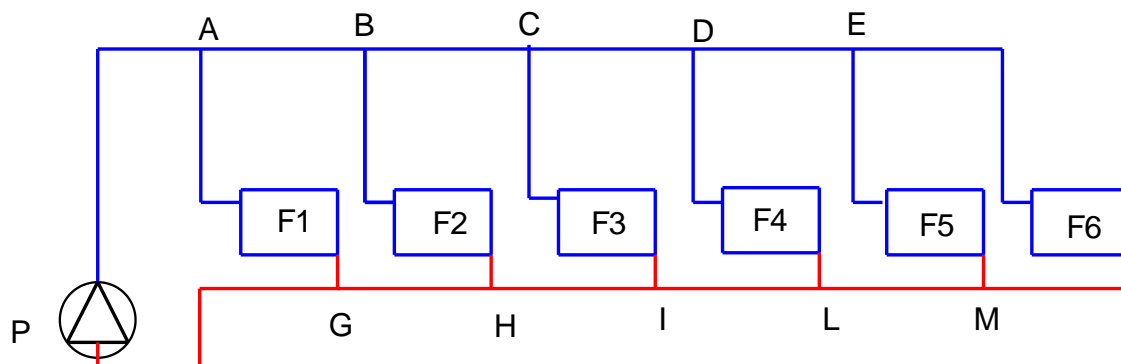


Figura 114: Rete con 6 fan coil con ritorno normale

B	C	D	E	F
2	3	4	5	6
Prefisso assegnato alla pompa =				p
Prefisso assegnato ai terminali =				F
TRATTO	LOCALE	LUNGH. (m)	TIPO TUBAZIONE	CARICO (kW)
p-A		5,00	Acciaio	
A-B		4,00	Acciaio	
B-C		4,00	Acciaio	
C-D		4,00	Acciaio	
D-E		4,00	Acciaio	
A-F1	FAN COIL	1,00	Rame	1,00
F1-G		1,00	Rame	
B-F2	FAN COIL	1,00	Rame	1,00
F2-H		1,00	Rame	
H-G		4,00	Acciaio	
C-F3	FAN COIL	1,00	Rame	1,00
F3-I		1,00	Rame	
I-H		4,00	Acciaio	
D-F4	FAN COIL	1,00	Rame	1,00
F4-L		1,00	Rame	
L-I		4,00	Acciaio	
E-F5	FAN COIL	1,00	Rame	1,00
F5-M		1,00	Rame	
M-L		4,00	Acciaio	
E-F6	FAN COIL	5,00	Rame	1,00
F6-M		5,00	Rame	
G-p		5,00	Acciaio	

Figura 115: Input dei dati per la rete a 6 fan coil con ritorno normale

8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
Delta-p massima =	0,96	[m. c.a.]	Hazen Williams												
Delta-p massima =	9445	[Pa]	r.c.d. imposto						T ingresso=	30,00	°C	Visc. Cin =			
Delta-p pompa =	2000	[Pa]	2,44	m.c.a.	r.c.d. effettivo =	0,314			DT=	3	°C	Densità=	973,10	kg/m³	
PORTATA [kg/s]	PORTATA [kg/h]	PERD. SPEC. [Pa/m]	PERD. SPE. [mm c.a./m]	DIAMETRO Teorico [mm]	DIAMETRO Comm. [mm]	VELOCITÀ [m/s]	PERD. SPEC. [Pa/m]	PERD. SPEC. [Pa/m]	PERD. DIST [Pa]	PERD. CONC [Pa]	P.CON/P.DIS r.c.d.	P.TOT [Pa]	P.CIRC. [Pa]	P.CIRC. [m c.a.]	DP REGOL [Pa]
0,29	1032,00	480,82	49,01	25,37	25,40	0,54	28,00	274,63	1373,17	1609,20	1,17	2982,37			
0,24	860,00	480,82	49,01	23,70	25,40	0,45	19,91	195,29	781,17	0,00	0,00	781,17			
0,19	688,00	480,82	49,01	21,81	25,40	0,36	13,12	128,67	514,67	0,00	0,00	514,67			
0,14	516,00	480,82	49,01	19,59	25,40	0,27	7,66	75,13	300,53	0,00	0,00	300,53			
0,10	344,00	480,82	49,01	16,84	25,40	0,18	3,59	35,20	140,80	0,00	0,00	140,80			
0,05	172,00	1242,13	126,62	12,05	14,00	0,30	18,03	176,91	176,91	86,56	0,49	263,47	5338,79	0,54	4105,96
0,05	172,00	480,82	49,01	14,71	16,00	0,23	9,56	93,82	93,82	50,74	0,54	144,56			
0,05	172,00	1355,05	138,13	11,83	12,00	0,41	37,50	367,91	367,91	160,37	0,44	528,27	7165,94	0,73	2278,81
0,05	172,00	480,82	49,01	14,71	16,00	0,23	9,56	93,82	93,82	50,74	0,54	144,56			
0,24	860,00	480,82	49,01	23,70	25,40	0,45	19,91	195,29	781,17	0,00	0,00	781,17			
0,05	172,00	993,70	101,29	12,63	14,00	0,30	18,03	176,91	176,91	86,56	0,49	263,47	7930,46	0,81	1514,28
0,05	172,00	480,82	49,01	14,71	16,00	0,23	9,56	93,82	93,82	50,74	0,54	144,56			
0,19	688,00	480,82	49,01	21,81	25,40	0,36	13,12	128,67	514,67	0,00	0,00	514,67			
0,05	172,00	784,50	79,97	13,27	14,00	0,30	18,03	176,91	176,91	86,56	0,49	263,47	8531,53	0,87	913,22
0,05	172,00	480,82	49,01	14,71	16,00	0,23	9,56	93,82	93,82	50,74	0,54	144,56			
0,14	516,00	480,82	49,01	19,59	25,40	0,27	7,66	75,13	300,53	0,00	0,00	300,53			
0,05	172,00	648,07	66,06	13,82	14,00	0,30	18,03	176,91	176,91	86,56	0,49	263,47	8813,12	0,90	631,82
0,05	172,00	480,82	49,01	14,71	16,00	0,23	9,56	93,82	93,82	50,74	0,54	144,56			
0,10	344,00	480,82	49,01	16,84	25,40	0,18	3,59	35,20	140,80	0,00	0,00	140,80			
0,05	172,00	480,82	49,01	14,71	16,00	0,23	9,56	93,82	469,08	50,74	0,11	519,82	9444,75	0,96	0,00
0,05	172,00	480,82	49,01	14,71	16,00	0,23	9,56	93,82	469,08	50,74	0,11	519,82			
0,29	1032,00	480,82	49,01	25,37	25,40	0,54	28,00	274,63	1373,17	575,22	0,42	1948,39			

Figura 116: Risultati per la rete a 6 fancoil con ritorno normale

Confrontando questi risultati con quelli ottenuti con il ritorno inverso si osserva che, oltre alla riduzione della lunghezza delle tubazioni di ritorno, si ha anche una riduzione dei diametri dei vari rami. Il bilanciamento dei vari circuiti richiede Δp di bilanciamento più elevati, specialmente per i circuiti più corti. Si può allora intervenire ulteriormente a cambiare i diametri dei circuiti con minori perdite di pressione riducendoli ulteriormente.

In Figura 118 si hanno i risultati ottimizzati ottenuti selezionando i diametri minimi di 8 mm in rame per l'alimentazione dei fancoil F1, F2 ed F3 e riducendo i diametri per F4, F5 ed F5.

La situazione finale mostra una notevole riduzione dei diametri rispetto alla situazione con anello inverso e questo comporta un notevole risparmio sia per la mancanza del terzo tubo, sia per la riduzione dei diametri delle tubazioni. La Δp massima è leggermente aumentata, vedi Figura 119, ma sempre al di sotto dei 20000 Pa scelti per la pompa.

DIAMETRO	VELOCITÀ	PERD. SPEC.	PERD. SPEC.	PERD. DIST.	PERD. CONC.	P. CON/P. DIS.	P. TOT.	P. CIRC.	P. CIRC.	DP REGOL.
Comm. [mm]	[m/s]	[mm c.a./m]	[Pa/m]	[Pa]	[Pa]	r.c.d.	[Pa]	[Pa]	[m c.a.]	[Pa]
25,40	0,54	28,00	274,63	1373,17	1609,20	1,17	2982,37			
25,40	0,45	19,91	195,29	781,17	0,00	0,00	781,17			
25,40	0,36	13,12	128,67	514,67	0,00	0,00	514,67			
25,40	0,27	7,66	75,13	300,53	0,00	0,00	300,53			
16,60	0,42	30,22	296,49	1185,97	0,00	0,00	1185,97			
14,00	0,30	18,03	176,91	176,91	86,56	0,49	263,47	5338,79	0,54	5151,13
16,00	0,23	9,56	93,82	93,82	50,74	0,54	144,56			
12,00	0,41	37,50	367,91	367,91	160,37	0,44	528,27	7165,94	0,73	3323,98
16,00	0,23	9,56	93,82	93,82	50,74	0,54	144,56			
25,40	0,45	19,91	195,29	781,17	0,00	0,00	781,17			
14,00	0,30	18,03	176,91	176,91	86,56	0,49	263,47	7930,46	0,81	2559,45
16,00	0,23	9,56	93,82	93,82	50,74	0,54	144,56			
25,40	0,36	13,12	128,67	514,67	0,00	0,00	514,67			
14,00	0,30	18,03	176,91	176,91	86,56	0,49	263,47	8531,53	0,87	1958,39
16,00	0,23	9,56	93,82	93,82	50,74	0,54	144,56			
25,40	0,27	7,66	75,13	300,53	0,00	0,00	300,53			
14,00	0,30	18,03	176,91	176,91	86,56	0,49	263,47	9858,30	1,00	631,62
16,00	0,23	9,56	93,82	93,82	50,74	0,54	144,56			
25,40	0,18	3,59	35,20	140,80	0,00	0,00	140,80			
16,00	0,23	9,56	93,82	469,08	50,74	0,11	519,82	10489,92	1,07	0,00
16,00	0,23	9,56	93,82	469,08	50,74	0,11	519,82			
25,40	0,54	28,00	274,63	1373,17	575,22	0,42	1948,39			

Figura 117: Risultati finali per la rete a 6 fan coil con ritorno normale

DIAMETRO	VELOCITÀ	PERD. SPEC.	PERD. SPEC.	PERD. DIST.	PERD. CONC.	P. CON/P. DIS.	P. TOT.	P. CIRC.	P. CIRC.	DP REGOL.
Comm. [mm]	[m/s]	[mm c.a./m]	[Pa/m]	[Pa]	[Pa]	r.c.d.	[Pa]	[Pa]	[m c.a.]	[Pa]
25,40	0,54	28,00	274,63	1373,17	1609,20	1,17	2982,37			
25,40	0,45	19,91	195,29	781,17	0,00	0,00	781,17			
25,40	0,36	13,12	128,67	514,67	0,00	0,00	514,67			
25,40	0,27	7,66	75,13	300,53	0,00	0,00	300,53			
16,60	0,42	30,22	296,49	1185,97	0,00	0,00	1185,97			
8,00	0,91	257,34	2524,47	2524,47	811,85	0,32	3336,32	8411,65	0,86	3123,44
16,00	0,23	9,56	93,82	93,82	50,74	0,54	144,56			
8,00	0,91	257,34	2524,47	2524,47	811,85	0,32	3336,32	9973,99	1,02	1561,10
16,00	0,23	9,56	93,82	93,82	50,74	0,54	144,56			
25,40	0,45	19,91	195,29	781,17	0,00	0,00	781,17			
8,00	0,91	257,34	2524,47	2524,47	811,85	0,32	3336,32	11003,32	1,12	531,77
16,00	0,23	9,56	93,82	93,82	50,74	0,54	144,56			
25,40	0,36	13,12	128,67	514,67	0,00	0,00	514,67			
10,00	0,58	89,16	874,68	874,68	332,53	0,38	1207,21	9475,27	0,97	2059,82
16,00	0,23	9,56	93,82	93,82	50,74	0,54	144,56			
25,40	0,27	7,66	75,13	300,53	0,00	0,00	300,53			
12,00	0,41	37,50	367,91	367,91	160,37	0,44	528,27	11168,28	1,14	366,82
16,00	0,23	9,56	93,82	93,82	50,74	0,54	144,56			
16,60	0,42	30,22	296,49	1185,97	0,00	0,00	1185,97			
16,00	0,23	9,56	93,82	469,08	50,74	0,11	519,82	11535,09	1,18	0,00
16,00	0,23	9,56	93,82	469,08	50,74	0,11	519,82			
25,40	0,54	28,00	274,63	1373,17	575,22	0,42	1948,39			

Figura 118: Risultati ottimizzati per la rete a 6 fan coil con ritorno normale

Figura 119: Riepilogo della $Dp-p$ massima per la rete a 6 fan coil con ritorno normale

TRATTO	LOCALE	DIAMETRO	DIAMETRO	DIAMETRO
		Comm. [mm]	Comm. [mm]	Comm. [mm]
p-A		29,10	25,40	25,40
A-B		29,10	25,40	25,40
B-C		25,40	25,40	25,40
C-D		25,40	25,40	16,60
D-E		16,60	16,60	16,60
A-F1	FAN COIL	16,00	8,00	8,00
F1-G		16,00	16,00	8,00
B-F2	FAN COIL	16,00	8,00	8,00
F2-H		16,00	16,00	8,00
H-G		16,60	25,40	25,40
C-F3	FAN COIL	16,00	8,00	8,00
F3-I		16,00	16,00	8,00
I-H		25,40	25,40	25,40
D-F4	FAN COIL	16,00	10,00	10,00
F4-L		16,00	16,00	10,00
L-I		25,40	25,40	16,60
E-F5	FAN COIL	16,00	12,00	12,00
F5-M		16,00	16,00	12,00
M-L		29,10	16,60	16,60
E-F6	FAN COIL	16,00	16,00	12,00
F6-M		16,00	16,00	12,00
G-p		29,10	25,40	25,40

[illegible]

Figura 121: Soluzione ottimizzata per il Dp della pompa

3.4.2 PROGETTO DI RETI PER IMPIANTI CON FAN COIL A DUE TUBI

Una tipologia impiantistica molto comune è quella di rete di alimentazione per fan coil a due tubi (estate e inverno) con o senza aria primaria.

In questo caso la stessa rete deve alimentare gli stessi terminali con condizioni di carico spesso differenti e con temperatura di mandata differente.

Ad esempio si supponga di alimentare i fan coil con le seguenti condizioni:

- $t_m = 50\text{ }^{\circ}\text{C}$ e $\Delta t = 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ in inverno;
- $t_m = 7\text{ }^{\circ}\text{C}$ e $\Delta t = 6\text{ }^{\circ}\text{C}$ in estate.

Se i carichi ambiente sono comparabili allora basta calcolare la rete di Figura 114 (6 fan coil con ritorno normale) per la prima ipotesi e poi verificarla per la seconda.

I calcoli effettuati sulla rete precedentemente utilizzata porta alle situazioni di Figura 122 per l'inverno e di Figura 123 per l'estate. Si osserva un leggero incremento del Δp massimo dovuto all'effetto della variazione di densità dell'acqua per le due ipotesi di calcolo.

[illegible]

Figura 122: Rete dei fan coil per l'inverno

[illegible]

Figura 123: Rete dei fan coil per l'estate

La situazione appena analizzata è quella più semplice perché mantiene i carichi ambiente uguali nei due calcoli.

Nella realtà i carichi ambiente possono variare in funzione delle condizioni climatiche del luogo. Per carichi diversi conviene considerare per prima la condizione peggiore, ad esempio quella estiva, e poi, mantenendo la stessa rete e quindi senza cambiare i diametri, imporre i nuovi carichi per la seconda ipotesi e verificare le cadute di pressione. E' opportuno salvare il progetto estivo per poterlo poi richiamare in un secondo tempo.

Si supponga che si abbiano carichi diversi per la stagione invernale (0.8 kW ciascuno), come illustrato in Figura 124. Le modifiche si effettuano sullo stesso foglio estivo cambiando le temperature di mandata e di salto termico di progetto (se del caso) ed aggiornando i **solli carichi termici del terminali**, mantenendo la stessa topologia della rete. Per effettuare la verifica mantenendo gli stessi diametri della condizione estiva si effettuano le seguenti fasi:

- si lancia il calcolo (menu **Calcola**) senza selezione dei diametri, vedi Figura 125;
- si lancia il bilanciamento (menu **Bilancia**), vedi Figura 126;
- si confrontano i risultati ottenuti; vedi Figura 127.

TRATTO	LOCALE	LUNGH. [m]
p-A		5,00
A-B		4,00
B-C		4,00
C-D		4,00
D-E		4,00
A-F1	FAN COIL	0,80
F1-G		1,00
B-F2	FAN COIL	0,80
F2-H		1,00
H-G		4,00
C-F3	FAN COIL	0,80
F3-I		1,00
I-H		4,00
D-F4	FAN COIL	0,80
F4-L		1,00
L-I		4,00
E-F5	FAN COIL	0,80
F5-M		1,00
M-L		4,00
E-F6	FAN COIL	0,80
F6-M		5,00
G-p		5,00

Figura 124: Rete di fan coil con carichi invernali

Calcolo dei diametri delle reti idroniche

Questa fase effettua il calcolo dei diametri iniziali di tutti i circuiti della rete. Si possono anche scegliere i diametri commerciali immediatamente superiori a quelli calcolati o anche lanciare il calcolo completo di bilanciamento. Il valore di r.c.d. con il calcolo completo viene posto pari a 0 prima di lanciare la fase di bilanciamento delle reti. Controllare i dati di calcolo e modificarli se lo si desidera. Premi AVVIA per il calcolo finale.

r.c.d. imposto

Delta_p della pompa (Pa)

Temperatura di mandata (°C)

Differenza di temperatura fra mandata e ritorno (°C)

Avvia il calcolo delle reti Idroniche

☒ Solo calcolo iniziale
☐ Con selezione dei diametri
☐ Completo con bilanciamento

Rinuncia al calcolo

Figura 125: Avvio della fase di calcolo semplice

Il confronto evidenzia una Δp massima maggiore in estate rispetto a quella invernale per effetto sia della temperatura media estiva (inferiore rispetto a quella invernale) sia dei nuovi carichi invernali (più ridotti rispetto a quelli estivi).

La rete di distribuzione è allora compatibile con le due situazioni stagionali.

Le cose sono più complicate se la differenza dei carichi stagionali è molto grande. Ad esempio si può avere un carico ambiente invernale doppio rispetto a quello estivo, come riportato in Figura 128. In questo caso si porta il Δt di progetto a 10 °C, vedi la stessa figura.

Si ripetono le stesse operazioni indicate in precedenza (solo calcolo e poi bilanciamento) ottenendo la situazione di Figura 129.

Bilanciamento delle reti idroniche

✕

Questa fase effettua il calcolo delle perdite distribuite, concentrate e totali di tutti i circuiti della rete. Controllare i dati di calcolo e modificarli se lo si desidera. Premi AVVIA per il calcolo delle reti idroniche.

r.c.d. imposto

Delta_p della pompa (Pa)

Temperatura di mandata (°C)

Differenza di temperatura fra mandata e ritorno (°C)

Avvia il bilanciamento delle reti

Uscita dal Bilanciamento

Figura 126: Avvio della fase di bilanciamento

Delta-p massima =	1,27 [m. c.a.]	Hazen Williams					
Delta-p massima =	12450 [Pa]	r.c.d. imposto				T ingresso=	50,00 °C
Delta-p pompa =	20000 [Pa]	2,04 m c.a.	r.c.d. effettivo =	0,200		DT=	5 °C
Delta-p massima =	2 [m. c.a.]	Hazen Williams					
Delta-p massima =	19299 [Pa]	r.c.d. imposto				T ingresso=	12,00 °C
Delta-p pompa =	20000 [Pa]	2,04 m c.a.	r.c.d. effettivo =	0,130		DT=	5 °C

Figura 127: Caduta di pressione massima per la condizione invernale (alto) ed estiva (basso)

TRATTO	LOCALE	LUNGH.	TIPO	CARICO
		[m]	TUBAZIONE	[kW]
p-A		5,00	Acciaio	12,00
A-B		4,00	Acciaio	10,00
B-C		4,00	Acciaio	8,00
C-D		4,00	Acciaio	6,00
D-E		4,00	Acciaio	4,00
A-F1	FAN COIL	1,00	Rame	2,00
F1-G		1,00	Rame	2,00
B-F2	FAN COIL	1,00	Rame	2,00
F2-H		1,00	Rame	2,00
H-G		4,00	Acciaio	10,00
C-F3	FAN COIL	1,00	Rame	2,00
F3-I		1,00	Rame	2,00
I-H		4,00	Acciaio	8,00
D-F4	FAN COIL	1,00	Rame	2,00
F4-L		1,00	Rame	2,00
L-I		4,00	Acciaio	6,00
E-F5	FAN COIL	1,00	Rame	2,00
F5-M		1,00	Rame	2,00
M-L		4,00	Acciaio	4,00
E-F6	FAN COIL	5,00	Rame	2,00
F6-M		5,00	Rame	2,00
G-p		5,00	Acciaio	12,00

T ingresso= 50,00 °C

DT= 10 °C

Figura 128: Carichi invernali doppi rispetto a quelli estivi

Delta-p massima =	1,87 [m. c.a.]	Hazen Williams							
Delta-p massima =	18361 [Pa]	r.c.d. imposto						T ingresso=	50,00 °C
Delta-p pompa =	20000 [Pa]	2,04 m c.a.	r.c.d. effettivo =	0,206				DT=	10 °C

Delta-p massima =	2 [m. c.a.]	Hazen Williams							
Delta-p massima =	19299 [Pa]	r.c.d. imposto						T ingresso=	12,00 °C
Delta-p pompa =	20000 [Pa]	2,04 m c.a.	r.c.d. effettivo =	0,138				DT=	5 °C

Figura 129: Cadute di pressione per carichi ambienti doppi in inverno (alto) ed estate (basso)

In pratica la nuova condizione invernale con carichi ambiente doppi ma con salto di temperatura di $\Delta t=10\text{ °C}$ indica che la rete estiva è compatibile con quella invernale.

Di fatto raddoppiando i carichi termici e il Δt di progetto le portate restano invariate (vedi Figura 130)

TRATTO	LOCALE	LUNGH.	TIPO	CARICO	CARICO	PORTATA	PORTATA	PERD. SPEC.
		[m]	TUBAZIONE	[kW]	[kcal/h]	[kg/s]	[kg/h]	[Pa/m]
p-A		5,00	Acciaio	12,00	10320,00	0,29	1032,00	483,87
A-B		4,00	Acciaio	10,00	8600,00	0,24	860,00	483,87
B-C		4,00	Acciaio	8,00	6880,00	0,19	688,00	483,87
C-D		4,00	Acciaio	6,00	5160,00	0,14	516,00	483,87
D-E		4,00	Acciaio	4,00	3440,00	0,10	344,00	483,87
A-F1	FAN COIL	1,00	Rame	2,00	1720,00	0,05	172,00	1250,00
F1-G		1,00	Rame	2,00	1720,00	0,05	172,00	483,87
B-F2	FAN COIL	1,00	Rame	2,00	1720,00	0,05	172,00	1363,64
F2-H		1,00	Rame	2,00	1720,00	0,05	172,00	483,87
H-G		4,00	Acciaio	10,00	8600,00	0,24	860,00	483,87
C-F3	FAN COIL	1,00	Rame	2,00	1720,00	0,05	172,00	1000,00
F3-I		1,00	Rame	2,00	1720,00	0,05	172,00	483,87
I-H		4,00	Acciaio	8,00	6880,00	0,19	688,00	483,87
D-F4	FAN COIL	1,00	Rame	2,00	1720,00	0,05	172,00	789,47
F4-L		1,00	Rame	2,00	1720,00	0,05	172,00	483,87
L-I		4,00	Acciaio	6,00	5160,00	0,14	516,00	483,87
E-F5	FAN COIL	1,00	Rame	2,00	1720,00	0,05	172,00	652,17
F5-M		1,00	Rame	2,00	1720,00	0,05	172,00	483,87
M-L		4,00	Acciaio	4,00	3440,00	0,10	344,00	483,87
E-F6	FAN COIL	5,00	Rame	2,00	1720,00	0,05	172,00	483,87
F6-M		5,00	Rame	2,00	1720,00	0,05	172,00	483,87
G-n		5,00	Acciaio	12,00	10320,00	0,29	1032,00	483,87
TRATTO	LOCALE	LUNGH.	TIPO	CARICO	CARICO	PORTATA	PORTATA	PERD. SPEC.
		[m]	TUBAZIONE	[kW]	[kcal/h]	[kg/s]	[kg/h]	[Pa/m]
p-A		5,00	Acciaio	6,00	5160,00	0,29	1032,00	483,87
A-B		4,00	Acciaio	5,00	4300,00	0,24	860,00	483,87
B-C		4,00	Acciaio	4,00	3440,00	0,19	688,00	483,87
C-D		4,00	Acciaio	3,00	2580,00	0,14	516,00	483,87
D-E		4,00	Acciaio	2,00	1720,00	0,10	344,00	483,87
A-F1	FAN COIL	1,00	Rame	1,00	860,00	0,05	172,00	1250,00
F1-G		1,00	Rame	1,00	860,00	0,05	172,00	483,87
B-F2	FAN COIL	1,00	Rame	1,00	860,00	0,05	172,00	1363,64
F2-H		1,00	Rame	1,00	860,00	0,05	172,00	483,87
H-G		4,00	Acciaio	5,00	4300,00	0,24	860,00	483,87
C-F3	FAN COIL	1,00	Rame	1,00	860,00	0,05	172,00	1000,00
F3-I		1,00	Rame	1,00	860,00	0,05	172,00	483,87
I-H		4,00	Acciaio	4,00	3440,00	0,19	688,00	483,87
D-F4	FAN COIL	1,00	Rame	1,00	860,00	0,05	172,00	789,47
F4-L		1,00	Rame	1,00	860,00	0,05	172,00	483,87
L-I		4,00	Acciaio	3,00	2580,00	0,14	516,00	483,87
E-F5	FAN COIL	1,00	Rame	1,00	860,00	0,05	172,00	652,17
F5-M		1,00	Rame	1,00	860,00	0,05	172,00	483,87
M-L		4,00	Acciaio	2,00	1720,00	0,10	344,00	483,87
E-F6	FAN COIL	5,00	Rame	1,00	860,00	0,05	172,00	483,87
F6-M		5,00	Rame	1,00	860,00	0,05	172,00	483,87
G-p		5,00	Acciaio	6,00	5160,00	0,29	1032,00	483,87

Figura 130: Portate per il caso invernale con carichi ambiente doppi (sopra) ed estivi (sotto)

Nei casi intermedi occorre agire sulla scelta dei diametri commerciali e sulla Δt di progetto in modo da ottenere una rete di alimentazione compatibile sia per l'estate che per l'inverno.

Può essere opportuno, nel caso di incremento di portata per la condizione peggiore, utilizzare pompe di circolazione diverse o inserire una pompa in parallelo che, a pari Δp , consenta di avere portate di acqua doppie.

3.4.3 OSSERVAZIONI SULL'USO DELLE FASI DI CALCOLO

Gli esempi presentati nei paragrafi precedenti consentono di sperimentare l'utilizzo del programma in tutte le fasi: **Calcola**, **Diametri**, **Bilancia**.

La possibilità di avere una fase di progetto unica (con il calcolo completo) è certamente utile per un utilizzo rapido del software. Tuttavia è sempre bene analizzare i risultati finali ottenuti e cercare di ottimizzare al meglio la rete cercando di bilanciare meglio i circuiti che la compongono.

E' in queste operazioni che risultano utili le operazioni disgiunte di calcolo e di bilanciamento. Quest'ultima fase, infatti, agisce sempre sulla rete già dimensionata (colonna M dei diametri commerciali completa) e quindi si ha una sorta di **how-if**: si cambia la scelta dei diametri commerciali e si verifica il risultato sulla rete.

L'intervento dell'Utente in questa fase è particolarmente importante e delicato. L'Utente può intervenire sui dati di progetto e di calcolo come crede più opportuno in funzione della topologia della rete e delle situazioni dei vari circuiti.

Risulta utile esaminare congiuntamente sia le cadute di pressione dei singoli circuiti che i rami principali che li compongono agendo là dove è più opportuno ed efficace farlo.

3.4.4 CALCOLO DEL VOLUME D'ACQUA E DEL PESO DELLE TUBAZIONI

Il programma calcola automaticamente, in fase di bilanciamento, il volume di acqua presente nella rete e il peso delle tubazioni sia in ferro che in rame, come illustrato in Figura 131.

T ingresso=	80,00 °C	Acqua [L]	10,77	Peso Fe [kg]	58,92
DT=	10 °C	Densità [kg/m³]	974,07	Peso Cu [kg]	149,40

Figura 131: Visualizzazione dei dati calcolati per il volume di acqua e peso tubazioni

Questi valori risultano utili per il dimensionamento del vaso di espansione e per i computi metri estimativi dei costi di impianto.

3.5 MENU ARCHIVIA

Il programma **Reti Idroniche** è in realtà un foglio di calcolo Excel che utilizza la programmazione VBA (*Visual Basic for Application*) la cui occupazione di memoria è di circa 2,4 MBytes.

Il progetto che viene elaborato nel foglio Excel occupa molto meno spazio (da 2 a 10 kBytes) cioè mille volte meno dell'intero foglio Excel.

Pe questo motivo è possibile utilizzare il menu **Archivia** per archiviare e/o richiamare i progetti elaborati.

Basta aviare dal menu principale la voce **Archivia**, vedi Figura 132, per avere la finestra di Figura 133.



Figura 132: Menu Archivia

A questo punto si possono scegliere le due opzioni possibili.

3.5.1 ARCHIVIA PROGETTO

Premendo il comando **Archivia Progetto** si ha la comparsa della finestra di selezione file di Excel, come indicato in Figura 134. A questo punto si può selezionare un file esistente (per sovrascriverne il contenuto) o digitare un nuovo nome.

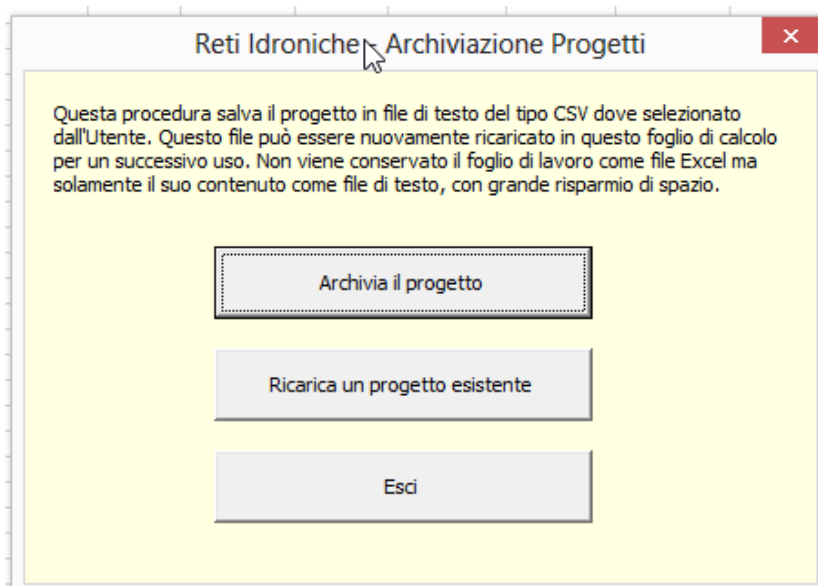


Figura 133: Finestra del menu Archivia

Il programma archivia il file di testo (ASCII) con l'estensione CVS (*Comma Separated Value*). Come già detto le dimensioni del file sono davvero modeste.

Sono archiviati tutti i dati del foglio **Rete_Idronica**, comprese le ipotesi di calcolo e i dati di input (di rete e di resistenze localizzate). Non viene archiviato nulla del foglio **Parametri_Fisici**.

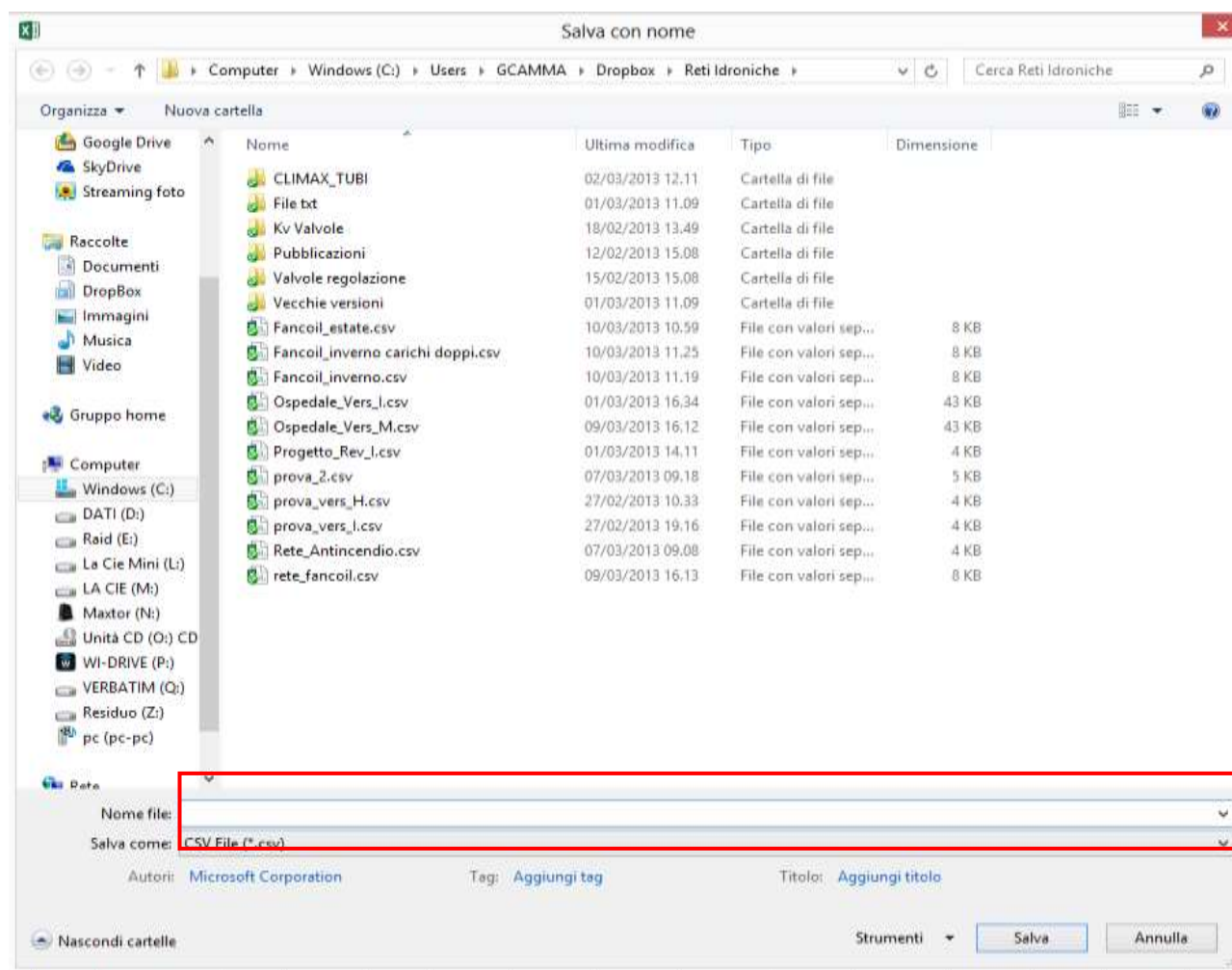


Figura 134: Finestra di selezione del file

Alla fine delle operazioni (per altro molto rapide) si ha l'emissione di un Beep che ne indica il completamento.

Occorre prestare attenzione al file digitato o selezionato fra quelli in elenco. Il programma **non avverte se il file esiste già** e sovrascrive eventualmente i nuovi dati sul file esistente.

3.5.2 RICARICA UN PROGETTO ESISTENTE

Si ha nuovamente una finestra di selezione file, già vista in Figura 134. Questa volta occorre selezionare un file con il mouse, come indicato in Figura 135.

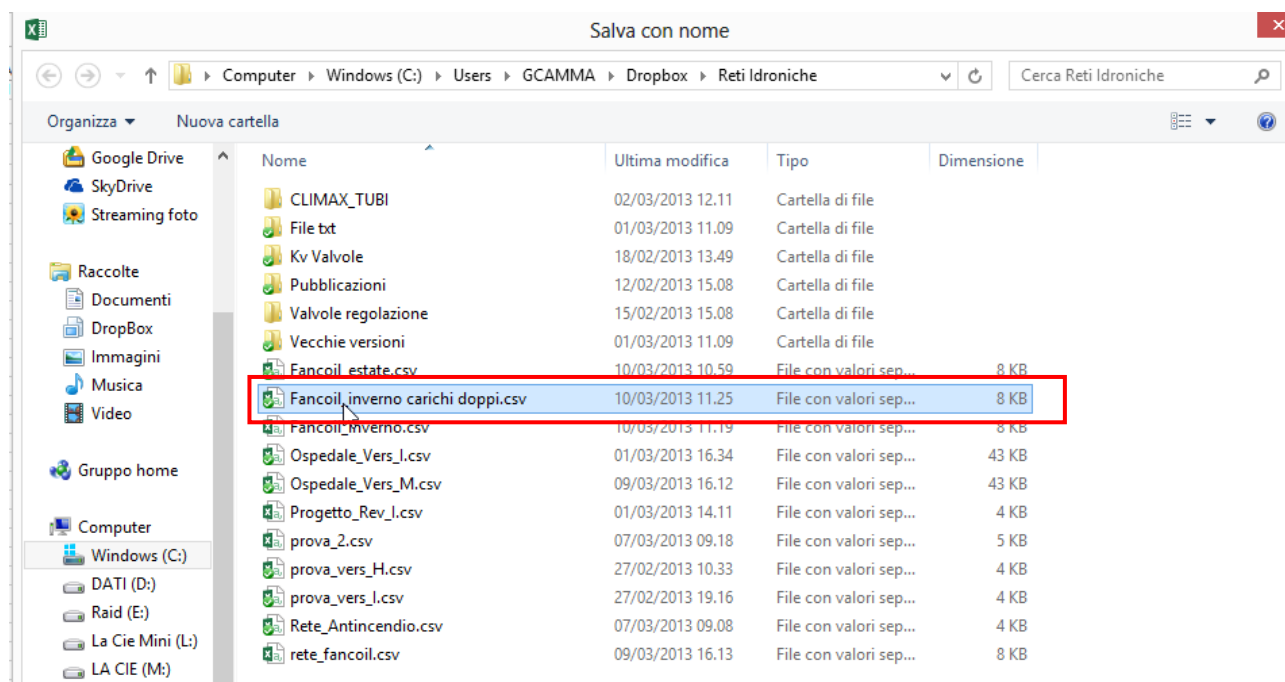


Figura 135: Selezione di un file da richiamare

Il programma archivia il progetto ed emette un Beep per indicare la fine delle operazioni.

3.6 MENU STAMPA

La fase di stampa del foglio di calcolo può essere effettuata utilizzando le procedure standard di Excel.

Se si desidera avere un'assistenza diretta, il programma consente di stampare il foglio di calcolo (solo i dati della rete) avviando il menu principale e selezionando **Stampa**, vedi Figura 136.



Figura 136: Avvio del menu Stampa

Si ha la finestra di Figura 137 nella quale è possibile digitare il nome del progetto che viene inserito nella testata dei fogli di stampa.

Segue poi la visualizzazione dell'anteprima di stampa con la quale si può personalizzare parzialmente il foglio di stampa.

Si ha poi la stampa diretta sulla stampante di default del sistema. Nel caso in cui si desideri la stampa su file occorre selezionare una stampante pdf (as esempio Adobe PDF o altro driver), vedi Figura 140.

Se si desidera cambiare la stampante di default occorre farlo prima di lanciare la stampa, vedi Figura 141. Si osservi che l'attivazione della Preview non consente di cambiare la stampante attiva. Inoltre anche se si abbandona la Preview il programma completa egualmente la stampa.

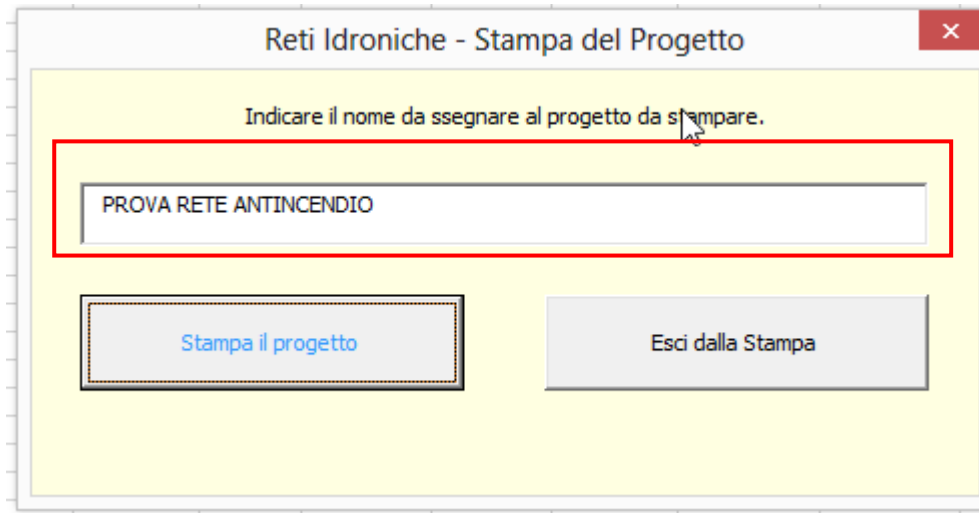


Figura 137: Finestra di stampa

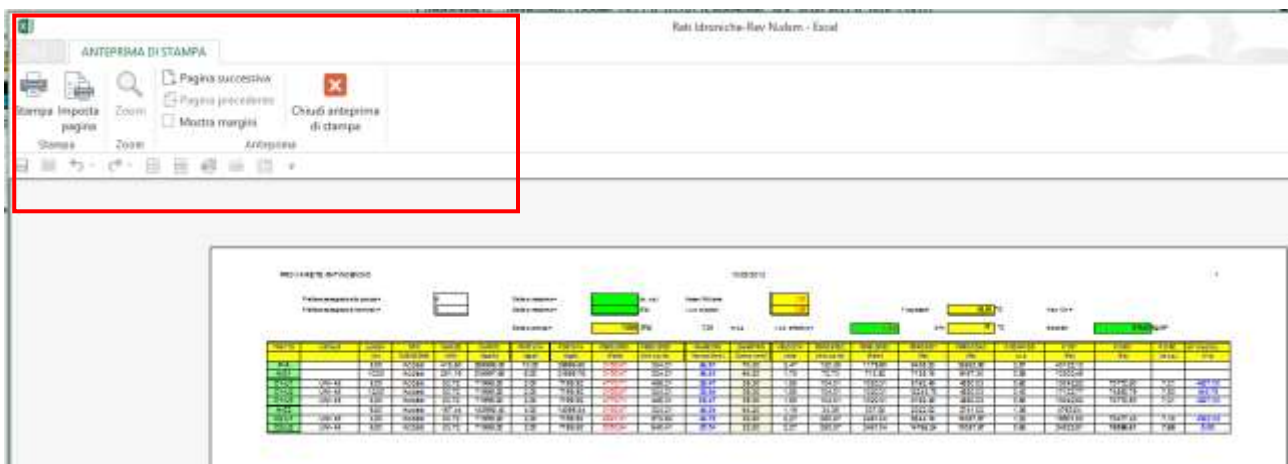


Figura 138: Anteprima di stampa

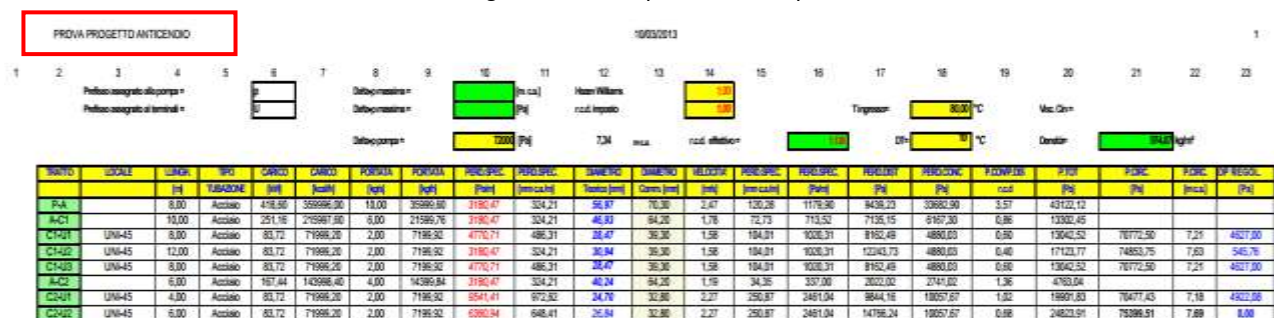


Figura 139: Esempio di stampa del sistema



Figura 140: Selezione di una stampante con uscita PDF



Figura 141: Selezione della stampante predefinita

Operazioni eseguite per la stampa del progetto

Le operazioni che il programma esegue per la stampa del progetto sono le seguenti:

- Selezione dell'area di stampa comprendente tutti i dati di input e di calcolo del foglio attivo al momento della stampa. Sono selezionate anche le prime cinque righe che riportano le ipotesi di progetto;
- Richiesta del nome da dare al progetto in stampa. Questo nome sarà riportato nella testata di stampa (a sinistra di ogni pagina), unitamente alla data di stampa (al centro), e al numero di pagina (a destra), vedi Figura 142;
- Sono poi selezionate automaticamente le righe di intestazione che contengono le didascalie delle colonne del foglio di calcolo (in giallo) che saranno ripetute in ogni pagina, vedi Figura 143.

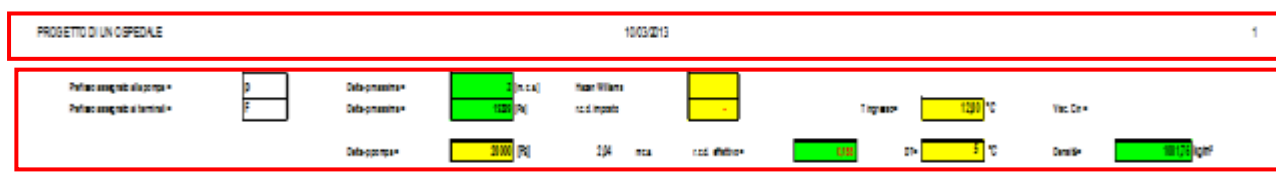


Figura 142: Particolare della testata della prima pagina di stampa

TRATTO	LOCALE	LUNGH.	TIPO	CARICO	CARICO	PORTATA	PORTATA	PERD. SPEC.	PERD. SPEC.	DIAMETRO	DIAMETRO	VELOCITA'	PERD. SPEC.	PERD. SPEC.	PERD. DIST.	PERD. COND.	P. COMP. DIS.	P. TOT.	P. CIRC.	P. CIRC.	OP. REGOL.
		(m)	TUBAZIONE	(kW)	(kcal/h)	(kg/h)	(kg/h)	(Pa)	(Pa)	(mm c.a.)	(mm c.a.)	(m/s)	(mm c.a.)	(Pa)	(Pa)	(Pa)	(Pa)	(Pa)	(Pa)	(Pa)	(Pa)

Figura 143: Righe di intestazione dei fogli di stampa

L'Utente può cambiare i margini di stampa durante la Preview.

Personalizzazione della routine di Stampa

La routine di stampa è personalizzabile, come tutte le altre routine, agendo sul MODULO 1 del foglio Excel, attivabile con la sequenza ALT-F11.

Si ha la situazione di Figura 144 nella quale si può vedere a destra l'inizio della sub **Stampa_Progetto (Nome)**.

Alcune righe sono commentate per una guida operativa alle varie fasi operative. Se non si desidera attivare la Preview basta porre il segno apice ('') all'inizio della riga, come indicato in Figura 146.

E' possibile modificare anche gli altri parametri con perizia. Si ricordi che se la modifica è sintatticamente non corretta si ha il blocco della Routine o del programma.



Figura 144: Modulo 1 VBA per la personalizzazione della routine di Stampa

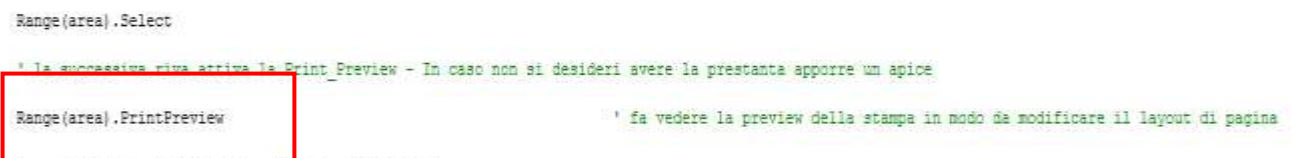


Figura 145: Riga di attivazione della Preview

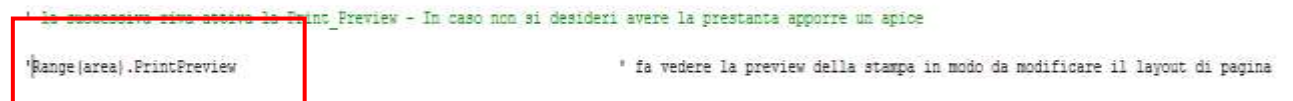


Figura 146: Annullamento della Preview

INDICE GENERALE

1. IL PROGETTO DELLE RETI TECNOLOGICHE	4
1.1 LE PORTATE DEI RAMI TERMINALI	4
1.1.1 I CIRCUITI	5
1.2 METODOLOGIE DI PROGETTO DELLE RETI IDRONICHE	6
1.2.1 LE EQUAZIONI DISPONIBILI	6
1.2.2 METODO A PERDITA SPECIFICA DI PRESSIONE COSTANTE	8
Perdita specifica per regime laminare	8
Perdita specifica per regime turbolento	9
1.2.3 ALGORITMO DI CALCOLO A $\psi = \text{COST}$	9
Osservazione sul calcolo finale	13
1.2.4 FASI DI INPUT E DI CALCOLO	14
Fase di Input dei dati	15
Fase di calcolo	19
Etichettatura dei rami	20
1.3 SELEZIONE DELLA PREVALENZA DELLA POMPA	24
1.3.1 PROCEDURA OPERATIVA	27
2. USO DEL PROGRAMMA – FASE DI INPUT	29
2.1 AVVIAMENTO DEL PROGRAMMA DI CALCOLO	29
Osservazione	29
2.2 MENÙ NUOVO FOGLIO	32
2.2.1 REINIZZIALIZZA PROGETTO	32
Opzione 1 – Risposta Sì	32
Opzione 1 – Risposta No	33
2.2.2 CANCELLA TUTTO IL PROGETTO	33
2.3 PARAMETRI DI PROGETTO	34
2.3.1 SELEZIONE DEL PREFISSO PER LA POMPA E PER I TERMINALI	34
2.3.2 SELEZIONE DELLA PREVALENZA DELLA POMPA	35
2.3.3 SELEZIONE DELLE IPOTESI DI CALCOLO	36
Osservazione sulla scelta di r.c.d.	36
2.3.4 SELEZIONE DELLE TEMPERATURE DI LAVORO	37
Osservazione sulla scelta delle temperature	38
Reti per impianti a due tubi per regime invernale ed estivo	38
2.3.5 OSSERVAZIONE DI PARAMETRI DI INPUT	39
2.3.6 INPUT DEI FATTORI DI DARCY PER LE PERDITE LOCALIZZATE	40
2.4 INPUT DEI DATI DELLA RETE IDRONICA	41
2.4.1 INPUT DEI NOMI DEI TRATTI – 1° COLONNA	42
2.4.2 INPUT DELLE ETICHETTE DEI LOCALI – 2° COLONNA	43
2.4.3 INPUT DELLE LUNGHEZZE DEI RAMI – 3° COLONNA	43
2.4.4 INPUT DEL TIPO DI TUBAZIONE – 4° COLONNA	43

Osservazione sulla tipologia delle tubazioni	44
2.4.5 INPUT DEI CARICHI TERMICI DEI TERMINALI – 5° COLONNA	44
Osservazioni sul calcolo delle portate	45
Rete Antincendio	45
2.4.6 INPUT DELLE TIPOLOGIE DI PERDITE LOCALIZZATE – COLONNE DA 25 A 34	46
2.5 MENU RIEPOLOGA	52
3. USO DEL PROGRAMMA – FASE DI CALCOLO	56
3.1 INTRODUZIONE ALLA FASE DI CALCOLO	56
Fase di Calcolo N. 1	56
Fase di Calcolo N.2	57
Fase di Calcolo N. 3	57
Calcolo automatico completo	58
Osservazione sul bilanciamento delle reti	58
3.2 MENU CALCOLA	60
3.2.1 SOLO CALCOLO INZIALE	61
3.2.2 CON SELEZIONE DEI DIAMETRI	63
3.2.3 CALCOLO COMPLETO CON BILANCIAMENTO	64
3.2.4 DIMENSIONAMENTO DI RETI PER FAN COIL A DUE TUBI	67
3.3 MENU DIAMETRI	68
Fase di Calcolo e Selezione dei diametri concatenate	69
3.4 MENU BILANCIA	69
Effetti della selezione dei diametri commerciali	71
Fase di Calcolo Completa con selezione dei diametri e Bilanciamento	72
Circuiti con ritorno inverso	73
3.4.1 CONFRONTO DI RETE CON RITORNO INVERSO E CON RITORNO NORMALE	73
3.4.2 PROGETTO DI RETI PER IMPIANTI CON FAN COIL A DUE TUBI	80
3.4.3 OSSERVAZIONI SULL'USO DELLE FASI DI CALCOLO	84
3.4.4 CALCOLO DEL VOLUME D'ACQUA E DEL PESO DELLE TUBAZIONI	85
3.5 MENU ARCHIVIA	85
3.5.1 ARCHIVIA PROGETTO	85
3.5.2 RICARICA UN PROGETTO ESISTENTE	87
3.6 MENU STAMPA	87
Operazioni eseguite per la stampa del progetto	89
Personalizzazione della routine di Stampa	89

ELENCO DELLE FIGURE

FIGURA 1: ESEMPIO DI RETE TECNOLOGICA	5
FIGURA 2: PERDITE SPECIFICHE IN TUBI NUOVI IN ACCIAIO CON ACQUA A 80 °C	10
FIGURA 3: PERDITE SPECIFICHE IN TUBI NUOVI IN MATERIALE SINTETICO E TUBI TRAFILATI	11
FIGURA 4: CURVE CARATTERISTICHE REALI DI CIRCOLATORI SINGOLI E IN PARALLELO	13
FIGURA 5: IL FOGLIO DI CALCOLO PER LE RETI IDRONICHE	14
FIGURA 6: PRIMA PARTE DEL FOGLIO DI CALCOLO	14
FIGURA 7: SECONDA PARTE DEL FOGLIO ELETTRONICO	14
FIGURA 8: TERZA PARTE DEL FOGLIO DI CALCOLO	15
FIGURA 9: QUARTA PARTE DEL FOGLIO DI CALCOLO	15
FIGURA 10: SELEZIONE DEL TIPO DI TUBAZIONE CON MENU A TENDINA	16
FIGURA 11: INPUT DEI CARICHI TERMICI DEI SOLI TERMINALI	16
FIGURA 12: ESEMPIO DI NOMENCLATURA DI UNA RETE QUALSIASI.	16
FIGURA 13: ALGORITMO DEL CALCOLO DEL CARICO TERMICO IN OGNI TRATTO	17
FIGURA 14: ALGORITMO PER LA SOMMA DELLE LUNGHEZZE DEL CIRCUITO RELATIVO AL TRATTO	18
FIGURA 15: INPUT DELLE TIPOLOGIE DI RESISTENZE LOCALIZZATE	18
FIGURA 16: FATTORI DI DARCY DELLE VARIE PERDITE LOCALIZZATE	19
FIGURA 17: ALGORITMO DI CALCOLO DALLE PERDITE TOTALI DEL CIRCUITO	20
FIGURA 18: SELEZIONE DEI PREFISSI PER LA POMPA E PER I TERMINALI	20
FIGURA 19: ESEMPIO DI INPUT DI UNA RETA	21
FIGURA 20: ESEMPIO DI RETE CON RITORNO INVERSO	22
FIGURA 21: RETE COI 6 FAN COIL A RITORNO INVERSO	22
FIGURA 22: ESEMPIO DI UNA RETE COMPLESSA	23
FIGURA 23: ESEMPIO DI DIAGRAMMI A CONCHIGLIE DEI CIRCOLATORI	25
FIGURA 24: SELEZIONE DEL CIRCOLATORE	25
FIGURA 25: VARIAZIONE DI Δp PER UN CIRCOLATORE	26
FIGURA 26: VARIABILITÀ DELLA PREVALENZA FRA PIÙ TIPOLOGIE DI CIRCOLATORI	26
FIGURA 27: MENÙ INIZIALE	29
FIGURA 28: MENÙ INFORMAZIONI DI EXCEL	30
FIGURA 29: FINESTRA DEL MENU OPZIONI	30
FIGURA 30: OPZIONE CENTRO PROTEZIONE	31
FIGURA 31: PROTEZIONE PER IMPOSTAZIONI MACRO	31
FIGURA 32: FINESTRA DI INIZIALIZZAZIONE DEL FOGLIO DI CALCOLO	32
FIGURA 33: OPZIONE DI CANCELLAZIONE DEI DIAMETRI COMMERCIALI	32
FIGURA 34: FOGLIO INIZIALE	33
FIGURA 35: CANCELLAZIONE DI TUTTI I DATI COMPRESI I DIAMETRI COMMERCIALI	33
FIGURA 36: CANCELLAZIONE DI TUTTI I DATI MA NON I DIAMETRI COMMERCIALI	33
FIGURA 37: RICHIESTA DI CONFERMA PER LA CANCELLAZIONE DEL FOGLIO DI CALCOLO	33
FIGURA 38: VALORI DI PROGETTO DELLE RETI IDRONICHE	34
FIGURA 39: SELEZIONE DEI PREFISSI PER LA POMPA E PER I TERMINALI	34
FIGURA 40: ESEMPIO DI USO NON CORRETTO DEL PREFISSO PER I TERMINALI	34
FIGURA 41: MESSAGGIO DI ERRORE PER NON CORRETTA INDICAZIONE DEL PREFISSO PER I TERMINALI	35
FIGURA 42: SEGNALAZIONE DI MANCANZA DELLA POMPA E CORREZIONE DEL PREFISSO	35
FIGURA 43: SELEZIONE DELLA PREVALENZA DELLA POMPA	35
FIGURA 44: INDICAZIONE DELLE DIFFERENZE DI PRESSIONI CALCOLATE	35
FIGURA 45: SELEZIONE DELLE IPOTESI DI CALCOLO	36
FIGURA 46: SELEZIONE DELLE TEMPERATURE DI LAVORO	37
FIGURA 47: RIEPILOGO DELLE PROPRIETÀ TERMOFISICHE DELL'ACQUA	38
FIGURA 48: FINESTRA DI LANCIO DELLA FASE DI CALCOLO	39
FIGURA 49: FINESTRA DI LANCIO DELLA FASE DI BILANCIAMENTO	40
FIGURA 50: RISULTATI DELLA FASE DI BILANCIAMENTO	40
FIGURA 51: VALORI DEI FATTORI DI DARCY PER LE PERDITE LOCALIZZATE	40
FIGURA 52: CURVA DI INTERPOLAZIONE DEI COEFFICIENTI K _v	41
FIGURA 53: FINESTRA DI RIEPILOGO DATI PER IL CONTROLLO E/O L'INPUT DEI DATI DI RAMO	42

FIGURA 54: SELEZIONE DELLA VOCE RIEPILOGA DAL MENU PRINCIPALE	42
FIGURA 55: SERIE COMMERCIALI DEI VARI TIPI DI TUBAZIONI	43
FIGURA 56: SCELTA DEL FOGLIO DI CALCOLO	44
FIGURA 57: INPUT COMPLETO DELLA RETE IDRONICA	44
FIGURA 58: FINESTRA DI RIEPILOGO CON CARICO IMPOSTO	45
FIGURA 59: SITUAZIONE DEL RAMO C2-R1	45
FIGURA 60: INPUT DELLA PORTATA CON LA FINESTRA DI RIEPILOGO	46
FIGURA 61: AGGIORNAMENTO DELLA CASELLA DI CARICO PER EFFETTO DELLA PORTATA IMPOSTA	46
FIGURA 62: ESEMPIO DI INPUT PER UNA RETE ANTINCENDIO	47
FIGURA 63: CALCOLO DEI DIAMETRI TEORICI DELLA RETE ANTINCENDIO	48
FIGURA 64: BILANCIAMENTO DELLA RETE ANTINCENDIO	48
FIGURA 65: FINESTRA DI INPUT DELLE TIPOLOGIE DELLE PERDITE LOCALIZZATE	48
FIGURA 66: SELEZIONE DEL MODULO 1	49
FIGURA 67: INIZIO DEL MODULO 1	49
FIGURA 68: MENU DI SALVATAGGIO DEI FILE VBA	49
FIGURA 69: FINESTRA DI VBA	49
FIGURA 70: CODICE VBA CHE ASSEGNA I VALORI DI DEFAULT DEI FATTORI DI DARCY	52
FIGURA 71: ATTIVAZIONE DELLA FINESTRA RIEPILOGA DAL MENU PRINCIPALE	52
FIGURA 72: FINESTRA DI RIEPILOGO	53
FIGURA 73: DATI PER LA RIGA 9, CORRISPONDENTE AL RAMO P-A	53
FIGURA 74: SELEZIONE DEL NUMERO DELLE RESISTENZE LOCALIZZATE CON IL MENU A TENDINA	54
FIGURA 75: CONFERMA DEI DATI DI RAMO	54
FIGURA 76: CONFERMA DEI DATI PER LE RESISTENZE LOCALIZZATE	55
FIGURA 77: TASTI DI CREAZIONE O DI CANCELLAZIONE DI RIGHE	55
FIGURA 78: SELEZIONE DI UNA RIGA IN EXCEL	55
FIGURA 79: TASTO DI CHIUSURA DEL RIEPILOGO	55
FIGURA 80: MENU PRINCIPALE CON LE INDICAZIONI DELLE FASI DI CALCOLO	56
FIGURA 81: ESEMPI DI VALVOLE DI BILANCIAMENTO FILETTATE E FLANGIATE	59
FIGURA 82: ESEMPIO DI UTILIZZO DELL'ABACO DI CALCOLO DELLE VALVOLE DI BILANCIAMENTO	59
FIGURA 83: DATI DI INPUT DEI RAMI CIRCUITALI	60
FIGURA 84: DATI PER LE TIPOLOGIE DELLE RESISTENZE LOCALIZZATE	60
FIGURA 85: SELEZIONE DELLA FASE DI CALCOLO DAL MENU PRINCIPALE	61
FIGURA 86: FINESTRA DEL MENU DI CALCOLO	61
FIGURA 87: SELEZIONE DEL SOLO CALCOLO INIZIALE	62
FIGURA 88: RISULTATI OTTENUTI CON LA FASE N. 1	62
FIGURA 89: AVVIO DEL CALCOLO CON SELEZIONE DEI DIAMETRI	63
FIGURA 90: RISULTATI OTTENUTI CON LA SELEZIONE DEI DIAMETRI	64
FIGURA 91: AVVIO DEL CALCOLO COMPLETO CON BILANCIAMENTO	65
FIGURA 92: RISULTATI CON IL CALCOLO COMPLETO	65
FIGURA 93: VISTA DELLA SECONDA PARTE DEL FOGLIO RELATIVA AL BILANCIAMENTO	65
FIGURA 94: SELEZIONE MANUALE DEI DIAMETRI COMMERCIALI	66
FIGURA 95: RIAVVIO DELLA FASE DI BILANCIAMENTO	67
FIGURA 96: NUOVI RISULTATI DI BILANCIAMENTO	67
FIGURA 97: SELEZIONE DELLA VOCE DIAMETRI	68
FIGURA 98: FINESTRA DI CONFERMA DEL MENU DIAMETRI	68
FIGURA 99: SELEZIONE DEI DIAMETRI COMMERCIALI	69
FIGURA 100: SELEZIONE DI CALCOLO CON SELEZIONE DEI DIAMETRI	69
FIGURA 101: SELEZIONE DELLA FASE BILANCIA	70
FIGURA 102: FINESTRA DEL FASE DI BILANCIAMENTO	70
FIGURA 103: RISULTATI DELLA FASE DI BILANCIAMENTO	71
FIGURA 104: VISUALIZZAZIONE DELLA DELTA-P MASSIMA	71
FIGURA 105: SELEZIONE DEL DIAMETRO COMMERCIALE MINIMO	71
FIGURA 106: SELEZIONE DELLA FASE DI CALCOLO COMPLETO CON BILANCIAMENTO	72
FIGURA 107: RETI A RITORNO INVERSO	73
FIGURA 108: ESEMPIO DI RETE CON ANELLO DI TICKELMANN	73
FIGURA 109: INPUT DEI DATI DI CIRCUITO PER LA RETE DEI FANCOIL	74
FIGURA 110: TIPOLOGIA DELLE RESISTENZE LOCALIZZATE PER LA RETE CON 6 FANCOIL	74
FIGURA 111: FASE DI CALCOLO COMPLETA PER LA RETE CON 6 FANCOIL	75

FIGURA 112: RISULTATI DI CALCOLO PER LA RETE CON 6 FANCOIL	76
FIGURA 113: OTTIMIZZAZIONE DELLA RETE CON NUOVA SELEZIONE DEI DIAMETRI	76
FIGURA 114: RETE CON 6 FAN COIL CON RITORNO NORMALE	77
FIGURA 115: INPUT DEI DATI PER LA RETE A 6 FAN COIL CON RITORNO NORMALE	77
FIGURA 116: RISULTATI PER LA RETE A 6 FANCOIL CON RITORNO NORMALE	77
FIGURA 117: RISULTATI FINALI PER LA RETE A 6 FAN COIL CON RITORNO NORMALE	78
FIGURA 118: RISULTATI OTTIMIZZATI PER LA RETE A 6 FAN COIL CON RITORNO NORMALE	78
FIGURA 119: RIEPILOGO DELLA DP-P MASSIMA PER LA RETE A 6 FAN COIL CON RITORNO NORMALE	79
FIGURA 120: CONFRONTO FRA I DIAMETRI FINALI DELLE RETI CON RITORNO INVERSO E RITORNO NORMALE E OTTIMIZZATA	79
FIGURA 121: SOLUZIONE OTTIMIZZATA PER IL DP DELLA POMPA	79
FIGURA 122: RETE DEI FAN COIL PER L'INVERNO	80
FIGURA 123: RETE DEI FAN COIL PER L'ESTATE	80
FIGURA 124: RETE DI FAN COIL CON CARICHI INVERNALI	81
FIGURA 125: AVVIO DELLA FASE DI CALCOLO SEMPLICE	81
FIGURA 126: AVVIO DELLA FASE DI BILANCIAMENTO	82
FIGURA 127: CADUTA DI PRESSIONE MASSIMA PER LA CONDIZIONE INVERNALE (ALTO) ED ESTIVA (BASSO)	82
FIGURA 128: CARICHI INVERNALI DOPPI RISPETTO A QUELLI ESTIVI	83
FIGURA 129: CADUTE DI PRESSIONE PER CARICHI AMBIENTI DOPPI IN INVERNO (ALTO) ED ESTATE (BASSO)	83
FIGURA 130: PORTATE PER IL CASO INVERNALE CON CARICHI AMBIENTE DOPPI (SOPRA) ED ESTIVI (SOTTO)	84
FIGURA 131: VISUALIZZAZIONE DEI DATI CALCOLATI PER IL VOLUME DI ACQUA E PESO TUBAZIONI	85
FIGURA 132: MENU ARCHIVIA	85
FIGURA 133: FINESTRA DEL MENU ARCHIVIA	86
FIGURA 134: FINESTRA DI SELEZIONE DEL FILE	86
FIGURA 135: SELEZIONE DI UN FILE DA RICHIAMARE	87
FIGURA 136: AVVIO DEL MENU STAMPA	87
FIGURA 137: FINESTRA DI STAMPA	88
FIGURA 138: ANTEPRIMA DI STAMPA	88
FIGURA 139: ESEMPIO DI STAMPA DEL SISTEMA	88
FIGURA 140: SELEZIONE DI UNA STAMPANTE CON USCITA PDF	88
FIGURA 141: SELEZIONE DELLA STAMPANTE PREDEFINITA	89
FIGURA 142: PARTICOLARE DELLA TESTATA DELLA PRIMA PAGINA DI STAMPA	89
FIGURA 143: RIGHE DI INTESAZIONE DEI FOGLI DI STAMPA	89
FIGURA 144: MODULO 1 VBA PER LA PERSONALIZZAZIONE DELLA ROUTINE DI STAMPA	90
FIGURA 145: RIGA DI ATTIVAZIONE DELLA PREVIEW	90
FIGURA 146: ANNULLAMENTO DELLA PREVIEW	90

ELENCO DELLE TABELLE

TABELLA 1: VALORI DEL FATTORE DI DARCY PER LA RACCORDERIA E VALVOLAME	7
TABELLA 2: TIPOLOGIA DELLE PERDITE LOCALIZZATE	50
TABELLA 3: FATTORI DI DARCY PER ALCUNE PERDITE LOCALIZZATE	51