

2015

RETI AEREAULICHE

MANUALE D'USO

</

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

FILE: RETI AEREAULICHE - MANUALE DI USO.DOCX

AUTORE: Giuliano Cammarata

DATA: 6 GIUGNO 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>27</u>
3.	<u>USO DEL PROGRAMMA – FASE DI CALCOLO</u>	<u>62</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 aerauliche, cioè delle reti tecnologiche per il trasporto dell'aria (per riscaldamento o per raffrescamento o di entrambi i tipi).

Le reti aerauliche sono solitamente reti aperte e quindi le cadute di pressione tengono conto anche delle perdite gravimetriche. Esse, inoltre, alimentano bocchette e/o diffusori di mandata o di ripresa con portate imposte dai calcoli di bilancio energetico.

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 (bocchette, diffusori,) 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, ...

Oggi si tende molto ad utilizzare programmi che interagiscono in modo grafico per l'input dei dati. Solitamente si utilizza lo stesso CAD grafico (ad esempio Autocad® o altro similare) per disegnare la rete di distribuzione direttamente sui disegni esecutivi e rilevare, mediante opportune utilities, i dati geometrici necessari. Ancora di più viene fatto con i programmi BIM (*Building Information Management*) che consentono di effettuare tutte le fasi di progettazione (dall'architettura all'impiantistica) in modo integrato e completo.

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 aeree.

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* allegato al software).

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

Utilizzando ancora il programma Excel, integrato con VBA (Visual Basic for Application), 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 aeree.

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

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 di calcolo essenziale tutto era lasciato all'Utente (che doveva manualmente digitare i dati (cosa che rimane per i soli dati essenziali 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 non automatizzato) 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 testate¹, sia in modo assistito con opportune maschere di input nelle quali inserire i dati necessari.

¹ Il foglio utilizza un semplice codice dei colori: le celle in giallo sono di input, quelle in verde sono di output. Così le colonne di input hanno le testate in giallo mentre quelle di output hanno le testate in verde.

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 in quanto tecnologiche) 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 CSV) 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 diretta ed 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 06/06/2015

1. IL PROGETTO DELLE RETI TECNOLOGICHE

Le reti aerauliche interessano gli impianti di climatizzazione e in particolare gli impianti di riscaldamento, di condizionamento (per la parte riguardante la distribuzione dell'aria).

E' importante ribadire che le reti tecnologiche debbono assolvere ad un compito ben preciso: consentire ai dispositivi collegati (bocchette, diffusori, ...) di funzionare correttamente.

A differenza delle reti normali (ad esempio quelle idrico – sanitarie), 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 I RAMI DELLE RETI AEREAULICHE

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

- **Rami terminali:** sono i rami che alimentano i dispositivi terminali di scambio (bocchette, diffusori, ...) con una portata che è calcolata a monte in funzione della tipologia di impianto. Solitamente viene calcolata per soddisfare i carichi termici degli ambienti. Ad esempio, per un impianto ad aria primaria e fan coil si ha, dal programma di calcolo, un riepilogo del tipo riportato in *Figura 1*.

Questa portata deve essere garantita al terminale (bocchetta o diffusore) 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 dimensioni. Essi possono essere esterne a vista o far parte di reti ancorate a staffe di supporto.

1.1.1 I CIRCUITI

Definiamo **circuito** l'insieme dei rami che collegano ciascun terminale alla soffiante di circolazione. Una rete può avere più circuiti a seconda del numero di terminali da alimentare. Si osservi che l'aria uscendo dai terminali va nell'ambiente e quindi si interrompono i circuiti che, di fatto, sono aperti.

E' opportuno osservare **che tutti i circuiti sono in parallelo fra la soffiante che li alimenta e l'ambiente** (a meno di grandi differenze di quota). Pertanto poiché per ciascun circuito chiuso deve essere:

$$\Delta p_{\text{Soffiante}} = \sum_{\text{circuito}} \Delta p_i$$

ne consegue che il Δp della soffiante deve essere unico per tutti i circuiti alimentati. Si osserva, infatti, che di norma sono in parallelo i circuiti aventi ai capi di ingresso e di uscita la stessa pressione.

Le reti aerauliche sono, quindi, formalmente aperte in quanto hanno il loro terminale in aria ambiente (o iniziano dalle condizioni ambiente per i canali di ripresa) e pertanto, a meno di avere differenze di altezza notevoli come in edifici molto alti e grattacieli, potendo considerare la stessa pressione per tutti i terminali la differenza di pressione di ciascun circuito è data dalla differenza fra la pressione di mandata della soffiante e quelle ambiente (o fra la pressione ambiente e quella di ingresso alla soffiante per i canali di ripresa).

RIEPILOGO CARICO TERMICO ESTIVO						MESE: Luglio		
denominazione zona	dati risultati dall'analisi in regime continuo					potenze di picco unità terminali		
		portata di ventilaz in l/s ; carichi in W				potnecess	a.prim.+FC	tutta aria
	tbs°C	volume	ora critica	sens. loc	laten.loc	sensibile	tbs di imm	tbs di imm
	UR %	port. rinn	carico tot	sens. rinn	laten. rinn	totale	potenza FC	portata l/s
GALE EDIFICIO		5163 2232.5	15 181161	106478 19257	8484 46942			
01 TERRA		683 300.4	15 24128	14092 2586	1141 6309			
0101 UNICA		683 300.4	15 24128	14092 2586	1141 6309			
01 SALA LETTURA	26 50	158 69.3	16 4918	2620 579	263 1456	3199 4918	20.0 2109	
02 SALA TV	26 50	158 69.3	16 7550	5252 579	263 1456	5831 7550	20.0 4741	
03 SALA GIOCHI	26 50	112 49.4	15 3695	2045 425	188 1038	2470 3695	20.0 1680	
04 LOCALE PREPARAZIONE	26 50	54 23.6	15 1777	990 203	90 495	1192 1777	20.0 816	
05 CUCINA								
06 BAGNO UOMINI								
07 SPOGLIATOIO UOMO	26 50	38 16.8	13 1472	927 129	64 353	1056 1472	20.0 803	
08 SPOGLIATOIO DONNE	26 50	38 16.8	13 1472	927 129	64 353	1056 1472	20.0 803	
09 BAGNO DONNE								
10 MAGAZZINO	26 50	48 21.0	15 1274	572 181	80 441	753 1274	20.0 417	
11 MAGAZZINO	26 50	78 34.2	14 2369	1235 286	130 718	1520 2369	20.0 982	

Figura 1: Riepilogo dei carichi termici e delle portate per un impianto ad aria primaria e fan coil

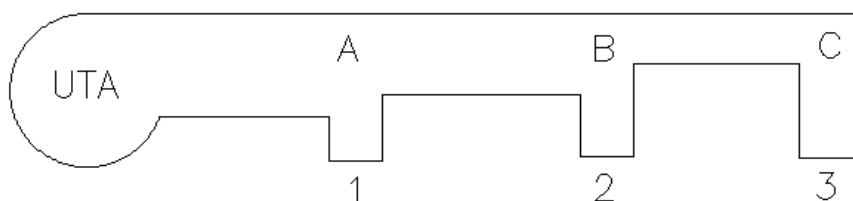


Figura 2: Esempio di rete aeraulica

Nell'esempio di Figura 2 si hanno tanti circuiti (cioè 13) quanti sono i corpi scaldanti serviti e tutti sono serviti dalla stessa soffiante di circolazione. I circuiti sono, con riferimento alla figura:

- UTA-A-1
- UTA- A-B-2
- UTA-A-B-C-3

Come si vede, qualunque sia il percorso (spesso dettato da vincoli architettonici) tutti i circuiti partono dalla soffiante P e arrivano, attraverso i terminali (bocchette e/o diffusori) alle condizioni ambientali.

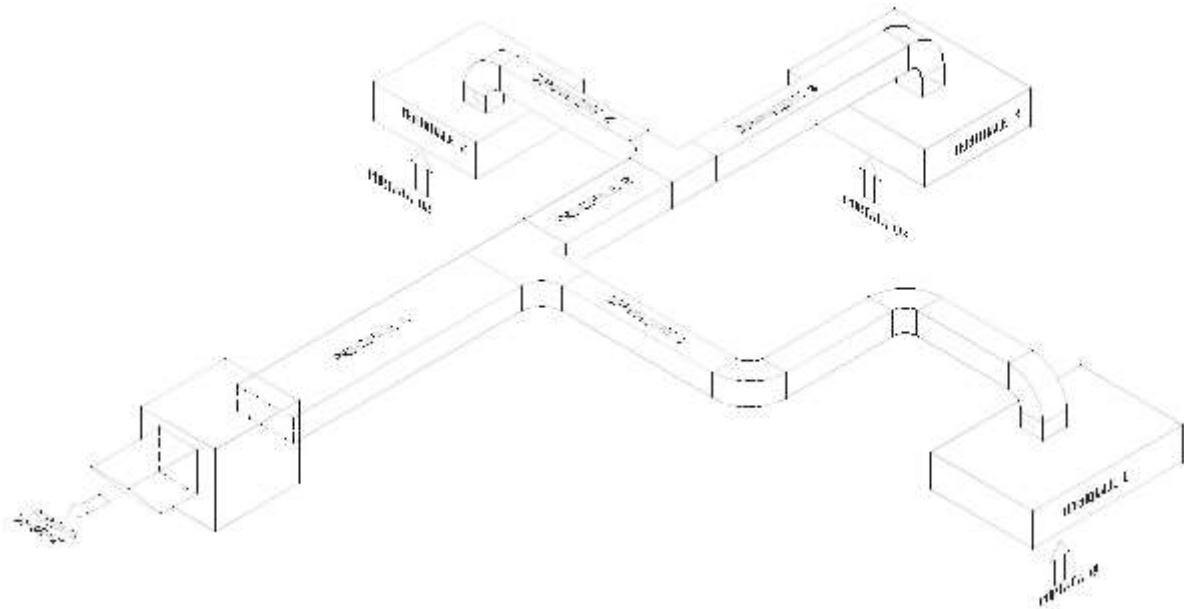


Figura 3: Vista assonometrica di una rete aeraulica

1.2 METODOLOGIE DI PROGETTO DELLE RETI AERAILICHE

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 per le Reti Aerauliche.

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 di pervenire più facilmente all'equilibratura dei circuiti.

Tuttavia, anche al fine di soddisfare i vincoli di rumorosità prodotta dall'aria nei canali, si può tenere conto anche delle velocità massime nei canali, come si dirà nel prosieguo.

1.2.1 LE EQUAZIONI DISPONIBILI

Il progetto delle reti aerauliche qui presentato utilizza un metodo semplificato rispetto a quello classico delle reti estese. 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 $\xi = \frac{64}{Re}$ mentre per moto turbolento si può usare la relazione in forma esplicita (usata nel programma nella fase di bilanciamento) di *Swamee e Jim*:

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

- *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 **dipenda dal diametro del condotto**. E' questa una complicazione che comporta l'adozione di un algoritmo di risoluzione illustrato nel prosieguo.

In Tabella 1 si ha un esempio di valori del fattore di Darcy per perdite localizzate per i canali d'aria.

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

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

Per un circuito le perdite di pressione totali sono date dalle somma delle perdite distribuite e di quelle localizzate:

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

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

INGRESSO
E SCARICO

K	○	0,9
	□	1,25

K	○	0,5
	□	0,7

R/D	0,25	0,5	0,75
K	0,2	0,1	0,05

alpha	15	30	45	60
K	0,5	0,3	0,3	0,4

$$K = 1$$

R/D	0,5	0,75	1	1,5	2	
K	3 Seg	1,3	0,8	0,5	0,3	0,25
	5 Seg	1,1	0,6	0,4	0,25	0,20

alpha	10	30	45	60	90	
K	○	0,05	0,2	0,5	0,7	1,2
	□	0,1	0,3	0,7	1,-	1,4

R/W	0,5	0,75	1	1,5	2
K	1	0,5	0,25	0,15	0,1

R/W	0	0,2	0,4	0,6	0,8	1
K	1,4	1	0,8	0,9	1,1	1,2

R/W	0,5	0,75	1	2
W ₁ /W=0,25	0,4	0,25	0,2	0,1
W ₁ /W=0,5	0,5	0,30	0,2	0,1

$$K = 0,3$$

BIFORCAZIONI

$$K = 1,4$$

alpha	10	30	45	60
K	0,1	0,3	0,7	1

R/W	0,5	0,75	1	1,5	
K	○	1,1	0,6	0,4	0,25
	□	1,-	0,5	0,25	0,15

alpha	15°	30°	45°	60°	90°
K	0,1	0,3	0,5	0,7	1,2

R/D	0,5	0,75	1	1,5
K	1,3	0,9	0,8	0,6

CAMBIO
DI SEZIONE

alpha	15°-45°
K	0,1

alpha	5°	7,5°	10°	15°	22 1/2°	30°	45°
K	0,15	0,2	0,25	0,40	0,6	0,8	0,9

F = Superficie

F ₂ /F ₁	0,2	0,4	0,6	0,8
K	0,45	0,3	0,2	0,1

F = Superficie

F ₁ /F ₂	0	0,2	0,4	0,6	0,8
K	1	0,7	0,4	0,2	0,1

Tabella 1: Valori del fattore di Darcy per i canali d'aria

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:

$$\psi = \frac{\Delta p}{l} = \xi \frac{w^2}{2d} \rho = \xi k \frac{\dot{m}^2}{d^5} = N \frac{\dot{m}^2}{d^5} \quad (1)$$

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:

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

Queste due relazioni risultano comode per costruire un abaco del tipo riportato in Figura 4. Di questi abachi se ne hanno diversi a seconda del tipo di materiali o di fluido considerato.

Nell'abaco si hanno portate, perdite specifiche ψ , velocità e diametri equivalenti 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 equivalente (ai fini della caduta di pressione) corrispondente.

Poiché occorre bilanciare la rete per avere perdite di pressione totali eguali per tutti i circuiti allora occorre modificare le dimensioni reali dei canali in modo da raggiungere questo obiettivo. Il problema si complica ulteriormente se si aggiunge anche il vincolo di dover rispettare una velocità massima nei canali per limitare la rumorosità.

Fissate le dimensioni reali desiderate si può calcolare la caduta di pressione per le resistenze concentrate e quindi la perdita totale di pressione:

$$\Delta p = \Delta p_d + \Delta p_c$$

Perdita specifica per regime laminare

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

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

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);
- d è il diametro del condotto (m).

Perdita specifica per regime turbolento

Nel moto turbolento ($Re > 2900$) si risente dell'influenza della scabrosità relativa ε delle tubazioni. Per le tubazioni in rame o in polietilene si ha:

$$\psi = 0.241 \nu \rho \frac{m^{1.75}}{d^{4.75}} \quad (3)$$

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 equivalente 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 e pertanto l'utilizzo delle relazioni semplificate sopra indicate risulta necessario. In fase di bilanciamento si utilizzano le relazioni esatte potendo già conoscere le dimensioni reali dei canali.

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 20% della Δp alle sole perdite distribuite e quindi la ψ diviene immediatamente nota.

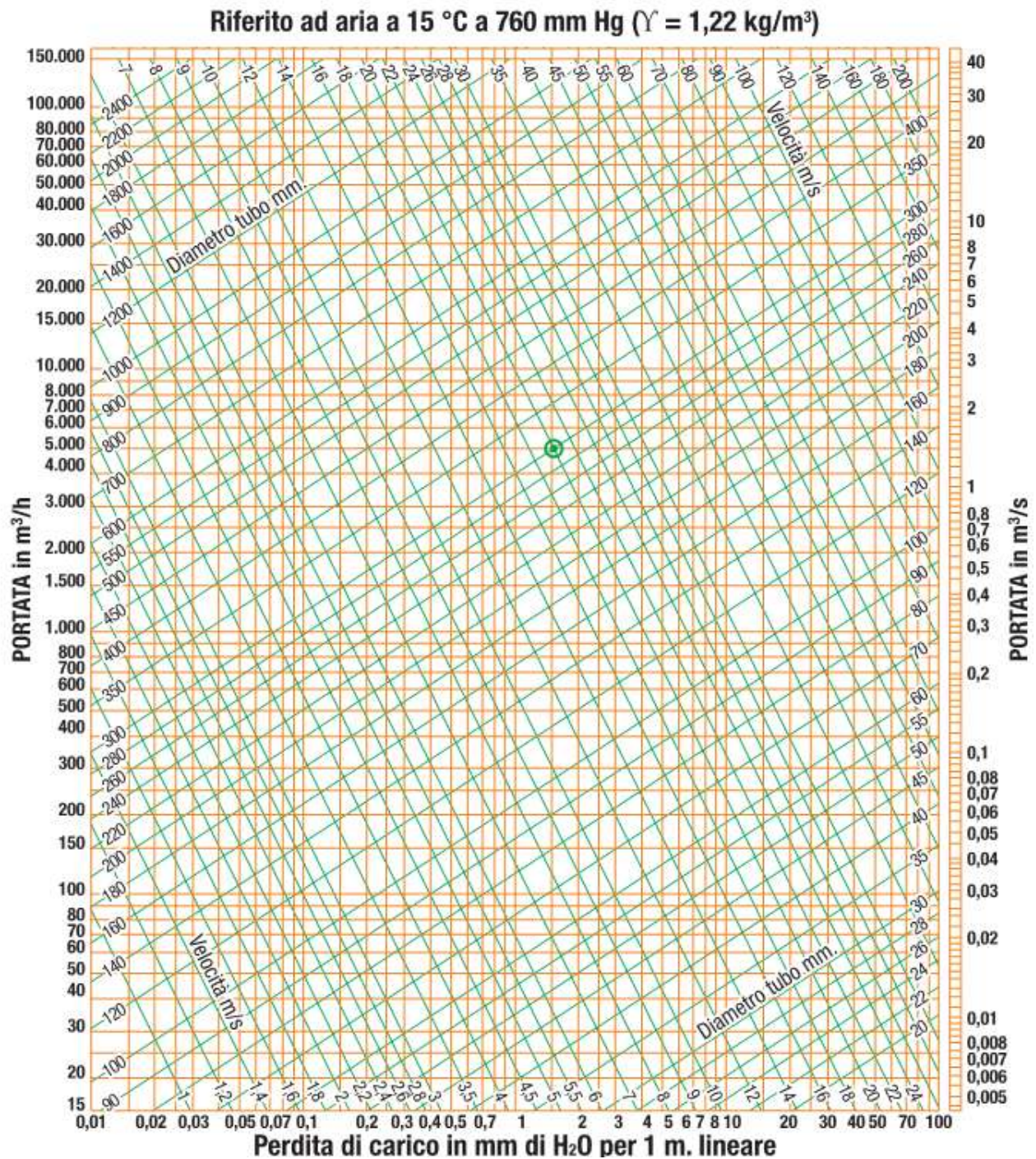


Figura 4: Perdite specifiche in tubi in acciaio con acqua a 80 °C

Pertanto inizialmente si suppone che i tubi siano lisci e quindi è:

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

secondo Weissbach. Si impone (vedremo come nel prossimo paragrafo) ψ e nota la portata m si calcola la velocità w e il diametro equivalente³ d . A questo punto si possono calcolare le perdite localizzate del ramo.

³ Gli abachi sono predisposti per il calcolo del diametro di un condotto a sezione circolare. Per i canali è spesso difficile usare canali circolari a causa delle dimensioni non trascurabili in altezza, anche rispetto ai tubi d'acqua, che pongono spesso problemi di passaggio all'interno degli ambienti. Si usano più spesso sezioni *rettangolari*, schiacciate in modo tale da porre minori problemi per i controsoffitti. In questo caso parliamo di diametro equivalente e, come vedremo più avanti, da questo calcoleremo le dimensioni a e b a pari perdite.

1.2.3 ALGORITMO DI CALCOLO A ψ =COST

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

$$\psi_m = \frac{\Delta p_d}{L_{tot}} \quad (4)$$

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:

$$\Delta p_{pompa} = \Delta p_d + \Delta p_c \quad (5)$$

Scegliamo inizialmente la soffiante in base alla portata totale della rete o quanto meno ipotizziamo una prevalenza possibile della soffiante avendo cura di scegliere una $\Delta p_{soffiante}$ opportuna⁴. Il vantaggio di questo metodo consiste proprio nello scegliere una **Δp utile**, cioè una prevalenza certa da utilizzare per le perdite totali di pressione della rete.

Se questa selezione non dovesse risultare congruente, nel senso che la soffiante dovesse avere una Δp minore o maggiore di quella calcolata, allora la maggiore o minore prevalenza farebbe redistribuire le portate nei circuiti in modo non conforme a quanto preventivato a causa delle non linearità nelle relazioni sopra indicate. Tuttavia ottenere una prevalenza determinata per una soffiante è molto più semplice rispetto ad una pompa. Con le soffianti si può agire sul numero di giri modificando diametri e distanze delle pulegge.

Scelta la prevalenza della soffiante si deve fare ancora un'ipotesi: quale percentuale di questa è dissipata per perdite distribuite? Nell'ambito di questo programma si introduce il rapporto:

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

Ovviamente a priori non conosciamo alcun termine di questo rapporto per cui si può fissarlo ad arbitrio. Ad esempio si può assumere che il 20% sia dovuto alle perdite distribuite e 80% alle perdite concentrate ($r.c.d. = 4$) 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, ...) si può supporre che le perdite localizzate sia molto alte rispetto a quelle distribuite o viceversa. Si osserva che per le reti aerauliche le resistenze localizzate hanno un peso notevole e quindi è bene assegnare a queste un Δp_c più elevato di quanto non si faccia con le reti idroniche.

Il programma pone automaticamente e cautelativamente pari ad **5** il valore di $r.c.d.$ Tale valore può essere comunque variato a piacere. Si ricordi che un valore basso di $r.c.d.$ favorisce le perdite distribuite e porta ad avere dimensioni iniziali maggiori.

⁴ Si osservi che la prevalenza della soffiante deve essere selezionata in base alla grandezza della rete. Questa scelta è spesso dettata dall'esperienza del progettista. Si ricordi che una prevalenza iniziale elevata comporta dimensioni minori ma velocità maggiori. E' consigliabile effettuare diversi tentativi.

In fase di calcolo, come si dirà a breve, se *r.c.d.* non è imposto si assume per default che il 20% della prevalenza della soffiante 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 equivalenti calcolati più grandi.

Vedremo più avanti come è possibile variare queste ipotesi con grande facilità. E' proprio questa possibilità che caratterizza questo programma.

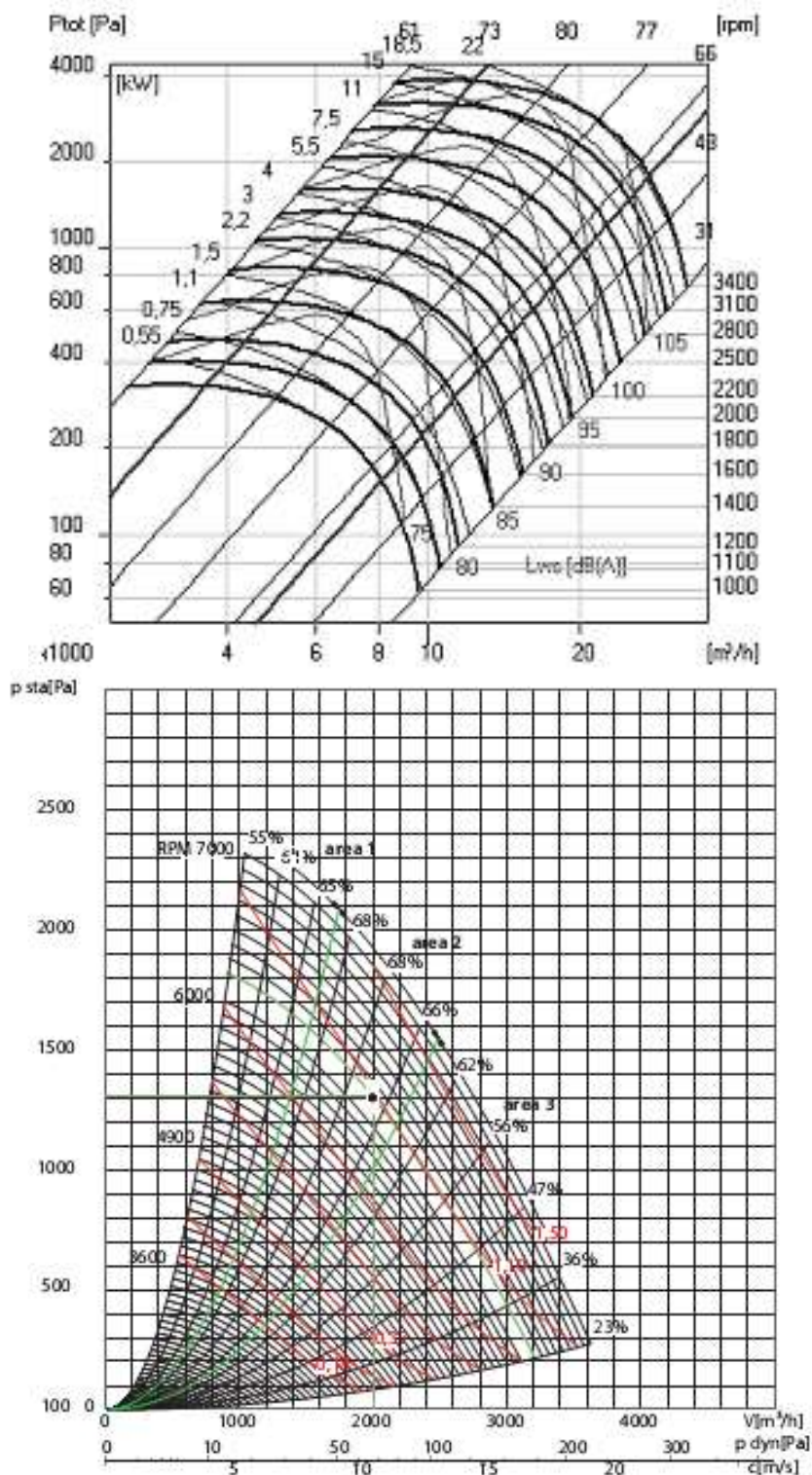


Figura 5: Curve caratteristiche reali di soffianti

Nota la ψ_m si procede a calcolare mediante la (3) o altra relazione equivalente (sia per il regime di moto che per tipologia di canale) il **diametro equivalente** di ciascun ramo.

Noto il **diametro equivalente teorico** si scelgono poi, sempre per ciascun ramo, le dimensioni reali (ad esempio **b** e **a** per sezione rettangolare), tenendo conto dei **vincoli architettonici**⁵ per l'altezza massima (o in ogni caso per dimensione verticale massima) dei canali.

Avute le dimensioni reali 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 (4). In genere la verifica non si raggiunge a primo acchitto ma occorre variare le dimensioni dei vari rami dei circuiti in modo da soddisfare quest'eguaglianza.

Si osservi che la scelta delle dimensioni reali porta ad avere discrepanze con i valori calcolati delle ψ e dei diametri equivalenti reali.

Se si sceglie un diametro equivalente maggiore di quello teorico si ha una velocità minore ed una perdita specifica minore, viceversa se si sceglie un diametro equivalente minore rispetto a quello teorico si hanno velocità e perdite specifiche maggiori.

Di solito è preferibile scegliere dimensioni maggiori di quelle teoriche 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 dimensioni inferiori a quelle teoriche. Spesso, tuttavia, si ha un limite nelle dimensioni minime dei terminali (spesso di sezione circolare o rettangolari con altezza imposta).

I rami terminali hanno di solito piccole portate (quelle per i terminali collegati) e quindi spesso necessitano di dimensioni piccole in funzione degli attacchi delle bocchette e/o dei diffusori. Ad esempio le dimensioni verticali dei terminali non debbono scendere sotto i 100 mm.

Naturalmente occorre sempre tenere conto delle **velocità** nei canali e controllare che si superino i limiti di compatibilità per la **rumorosità immessa**. Il programma consente, come si vedrà più avanti, di imporre la velocità massima sia nei rami principali che nei rami secondari. In questo caso, però, le dimensioni dei canali sono conseguenti all'equazione di continuità e **non più governabili dal software**.

Osservazione sul calcolo finale

Si osserva che una volta scelte le dimensioni finali dei singoli rami si possono effettuare correttamente i calcoli delle perdite specifiche e localizzate con molta più precisione di quanto si possa fare inizialmente, quando la mancata conoscenza iniziale del diametro equivalente 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. Esse non debbono sorprendere, come si potrà verificare con gli esempi mostrati nel prosieguo.

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 6.

⁵ Le reti aerauliche possono avere diverse tipologie di vincoli: architettonici (di solito altezza massima limitata dal controsoffitto o larghezza massima limitata dalla larghezza dei corridoi), acustici (una velocità elevata comporta anche una rumorosità elevata. Non si possono tenere conto di tutti i vincoli contemporaneamente. Se si impongono le dimensioni l'equazione di continuità ($\dot{m} = \rho w S$) determina univocamente, per data portata, la velocità e viceversa, se si impone la velocità nel tratto la stessa equazione determina le dimensioni. E' il Progettista che può e deve fare le scelte più opportune. Questo programma, come qualsiasi altro programma, non ha gli occhi né può contraddire le leggi della fluidodinamica.

TRATTO	LOCALE	LUNGH.	TIPO	SEZIONE	ALTEZZA	PORTATA	PORTATA	PERD. SPEC.	DIAMETRO	BASE DIAM.	DIAM-BASE
		[m]	CANALE		[mm]	[L/S]	[m³/h]	[Pa/m]	EQUIV. [mm]	Teorico [mm]	[mm]
UTA-A		6,00	Lamiera	Rettangolare	300	710,00	2556,00	0,59	391,84	402	430
A-C		5,00	Lamiera	Rettangolare	300	620,00	2232,00	0,59	372,76	364	400
C-D		8,00	Lamiera	Rettangolare	300	470,00	1692,00	0,59	336,60	296	320
D-E		6,00	Lamiera	Rettangolare	200	270,00	972,00	0,59	274,43	296	260
A-F		4,00	Lamiera	Rettangolare	200	90,00	324,00	0,59	183,08	132	120
F-G		4,00	Lamiera	Rettangolare	200	60,00	216,00	0,59	157,68	98	90
G-H		4,00	Lamiera	Rettangolare	300	30,00	108,00	0,59	122,15	39	90
F-B1	STANZA	3,00	Lamiera	Circolare	100	30,00	108,00	3,08	86,22	86	90
G-B2	STANZA	3,00	Lamiera	Circolare	100	30,00	108,00	2,35	91,23	91	90
H-B3	STANZA	3,00	Lamiera	Circolare	100	30,00	108,00	1,90	95,38	95	90
C-Q		4,00	Lamiera	Rettangolare	200	150,00	540,00	0,59	220,99	192	170
Q-R		4,00	Lamiera	Rettangolare	200	100,00	360,00	0,59	190,33	142	130
R-S		4,00	Lamiera	Rettangolare	200	50,00	180,00	0,59	147,44	85	100
Q-B4	STANZA	3,00	Lamiera	Circolare	100	50,00	180,00	2,22	111,46	111	100
R-B5	STANZA	3,00	Lamiera	Circolare	100	50,00	180,00	1,82	116,26	116	100
S-B6	STANZA	3,00	Lamiera	Circolare	100	50,00	180,00	1,54	120,43	120	100
D-I		5,00	Lamiera	Rettangolare	200	50,00	720,00	0,59	245,70	237	210
I-L		5,00	Lamiera	Rettangolare	200	160,00	576,00	0,59	226,31	201	180
L-K		5,00	Lamiera	Rettangolare	200	120,00	432,00	0,59	203,55	163	150
K-M		5,00	Lamiera	Rettangolare	200	80,00	288,00	0,59	175,31	121	110
M-N		5,00	Lamiera	Rettangolare	200	40,00	144,00	0,59	135,80	72	100
I-B7	STANZA	3,00	Lamiera	Circolare	100	40,00	144,00	1,48	111,81	112	100
L-B8	STANZA	3,00	Lamiera	Circolare	100	40,00	144,00	1,25	115,88	116	100
K-B9	STANZA	3,00	Lamiera	Circolare	100	40,00	144,00	1,08	119,47	119	100
M-B10	STANZA	3,00	Lamiera	Circolare	100	40,00	144,00	0,95	122,70	123	100
N-B11	STANZA	3,00	Lamiera	Circolare	100	40,00	144,00	0,85	125,64	126	100
E-O		35,00	Lamiera	Rettangolare	200	120,00	432,00	0,59	203,55	163	150
O-P		5,00	Lamiera	Rettangolare	200	60,00	216,00	0,59	157,68	98	100
O-B12	STANZA	3,00	Lamiera	Circolare	100	60,00	216,00	0,63	155,17	155	100
P-B13	STANZA	3,00	Lamiera	Circolare	100	60,00	216,00	0,59	157,68	158	100
E-T		6,00	Lamiera	Rettangolare	200	150,00	540,00	0,59	220,99	192	170
T-V		5,00	Lamiera	Rettangolare	200	100,00	360,00	0,59	190,33	142	130
V-Z		5,00	Lamiera	Rettangolare	200	50,00	180,00	0,59	147,44	85	100
T-B14	STANZA	2,00	Lamiera	Circolare	100	50,00	180,00	1,21	126,62	127	100
V-B15	STANZA	2,00	Lamiera	Circolare	100	50,00	180,00	1,05	130,44	130	100
Z-B16	STANZA	2,00	Lamiera	Circolare	100	50,00	180,00	0,93	133,88	134	100

Figura 6: Il foglio di calcolo per le Reti Aerailiche

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 equivalenti teorici. Si osservi che la colonna sesta (la G) è inizialmente con sfondo bianco ma successivamente, dopo la fase **Calcola**, viene colorata in cyan per evidenziarla dalle altre. Essa riporta le dimensioni in altezza dei canali.

La seconda area è data dalla colonna 13 ed è riservata alla selezione delle dimensioni reali (base per canali rettangolari, asse maggiore per canali ellittici, diametro reale per sezioni circolari) conseguenti ai diametri teorici calcolati nella prima parte. Essa ha un sottofondo giallo per indicare che comunque è un'area di input, anche se può essere determinata automaticamente con la fase **Dimensioni** (vedi più avanti).

TRATTO	LOCALE	LUNGH.	TIPO	SEZIONE	ALTEZZA	PORTATA	PORTATA	PERD. SPEC.	DIAMETRO	BASE DIAM.	DIAM-BASE
		[m]	CANALE		[mm]	[L/S]	[m³/h]	[Pa/m]	EQUIV. [mm]	Teorico [mm]	[mm]
UTA-A		6,00	Lamiera	Rettangolare	300	710,00	2556,00	0,59	391,84	402	430
A-C		5,00	Lamiera	Rettangolare	300	620,00	2232,00	0,59	372,76	364	400
C-D		8,00	Lamiera	Rettangolare	300	470,00	1692,00	0,59	336,60	296	320
D-E		6,00	Lamiera	Rettangolare	200	270,00	972,00	0,59	274,43	296	260
A-F		4,00	Lamiera	Rettangolare	200	90,00	324,00	0,59	183,08	132	120
F-G		4,00	Lamiera	Rettangolare	200	60,00	216,00	0,59	157,68	98	90
G-H		4,00	Lamiera	Rettangolare	300	30,00	108,00	0,59	122,15	39	90
F-B1	STANZA	3,00	Lamiera	Circolare	100	30,00	108,00	3,08	86,22	86	90
G-B2	STANZA	3,00	Lamiera	Circolare	100	30,00	108,00	2,35	91,23	91	90
H-B3	STANZA	3,00	Lamiera	Circolare	100	30,00	108,00	1,90	95,38	95	90
C-Q		4,00	Lamiera	Rettangolare	200	150,00	540,00	0,59	220,99	192	170
Q-R		4,00	Lamiera	Rettangolare	200	100,00	360,00	0,59	190,33	142	130
R-S		4,00	Lamiera	Rettangolare	200	50,00	180,00	0,59	147,44	85	100
Q-B4	STANZA	3,00	Lamiera	Circolare	100	50,00	180,00	2,22	111,46	111	100
R-B5	STANZA	3,00	Lamiera	Circolare	100	50,00	180,00	1,82	116,26	116	100
S-B6	STANZA	3,00	Lamiera	Circolare	100	50,00	180,00	1,54	120,43	120	100
D-I		5,00	Lamiera	Rettangolare	200	50,00	720,00	0,59	245,70	237	210
I-L		5,00	Lamiera	Rettangolare	200	160,00	576,00	0,59	226,31	201	180
L-K		5,00	Lamiera	Rettangolare	200	120,00	432,00	0,59	203,55	163	150
K-M		5,00	Lamiera	Rettangolare	200	80,00	288,00	0,59	175,31	121	110
M-N		5,00	Lamiera	Rettangolare	200	40,00	144,00	0,59	135,80	72	100
I-B7	STANZA	3,00	Lamiera	Circolare	100	40,00	144,00	1,48	111,81	112	100
L-B8	STANZA	3,00	Lamiera	Circolare	100	40,00	144,00	1,25	115,88	116	100
K-B9	STANZA	3,00	Lamiera	Circolare	100	40,00	144,00	1,08	119,47	119	100
M-B10	STANZA	3,00	Lamiera	Circolare	100	40,00	144,00	0,95	122,70	123	100
N-B11	STANZA	3,00	Lamiera	Circolare	100	40,00	144,00	0,85	125,64	126	100
E-O		35,00	Lamiera	Rettangolare	200	120,00	432,00	0,59	203,55	163	150
O-P		5,00	Lamiera	Rettangolare	200	60,00	216,00	0,59	157,68	98	100
O-B12	STANZA	3,00	Lamiera	Circolare	100	60,00	216,00	0,63	155,17	155	100
P-B13	STANZA	3,00	Lamiera	Circolare	100	60,00	216,00	0,59	157,68	158	100
E-T		6,00	Lamiera	Rettangolare	200	150,00	540,00	0,59	220,99	192	170
T-V		5,00	Lamiera	Rettangolare	200	100,00	360,00	0,59	190,33	142	130
V-Z		5,00	Lamiera	Rettangolare	200	50,00	180,00	0,59	147,44	85	100
T-B14	STANZA	2,00	Lamiera	Circolare	100	50,00	180,00	1,21	126,62	127	100
V-B15	STANZA	2,00	Lamiera	Circolare	100	50,00	180,00	1,05	130,44	130	100
Z-B16	STANZA	2,00	Lamiera	Circolare	100	50,00	180,00	0,93	133,88	134	100

Figura 7: Prima parte del foglio di calcolo

BASE-DIAM	DIAM-BASE
Teorico [mm]	[mm]
402	430
364	400
296	320
296	260
132	120
98	90
39	90
86	90
91	90
95	90
192	170
142	130
85	100
111	100
116	100
120	100
237	210
201	180
163	150
121	110
72	100
112	100
116	100
119	100
123	100
126	100
163	150
98	100
155	100
158	100
192	170
142	130
85	100
127	100
130	100
134	100

Figura 8: Seconda parte del foglio elettronico

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

DIAM-BASE	VELOCITA	PERD SPEC	PERD SPEC	PERD DIST	PERD CONC	P CONIP DIS	P TOT	P CIRC	P CIRC	DP BILANC
[mm]	[m/s]	[mm c. a./m]	[Pa/m]	[Pa]	[Pa]	r.e.d	[Pa]	[Pa]	[mm c. a.]	[Pa]
430	5,91	0,06	0,57	3,40	69,50	20,46	72,90			
400	5,54	0,05	0,52	2,61	13,52	5,18	16,14			+
320	5,22	0,05	0,53	4,28	12,03	2,81	16,30			
260	5,56	0,09	0,87	5,19	13,64	2,62	18,83			
120	4,06	0,08	0,79	3,14	7,28	2,32	10,42			
90	3,69	0,08	0,80	3,19	6,02	1,89	9,21			
90	1,29	0,01	0,10	0,39	0,73	1,87	1,13			
90	1,29	0,01	0,10	0,29	0,61	2,08	0,91	84,23	8,59	85,43
90	1,29	0,01	0,10	0,29	0,61	2,08	0,91	93,44	9,53	76,22
90	1,29	0,01	0,10	0,29	1,25	4,24	1,54	95,20	9,70	74,46
170	4,71	0,08	0,82	3,30	7,88	2,39	11,18			
130	4,15	0,08	0,77	3,10	6,11	1,97	9,20			
100	2,74	0,04	0,44	1,75	2,67	1,53	4,42			
100	2,74	0,04	0,44	1,31	2,77	2,11	4,08	104,29	10,63	65,37
100	2,74	0,04	0,44	1,31	2,77	2,11	4,08	113,50	11,57	56,16
100	2,74	0,04	0,44	1,31	2,77	2,11	4,08	117,92	12,02	51,74
210	5,08	0,08	0,83	4,16	9,15	2,20	13,31			
180	4,74	0,08	0,81	4,03	7,98	1,98	12,01			
150	4,29	0,08	0,75	3,76	6,52	1,74	10,28			
110	3,96	0,08	0,79	3,97	5,58	1,40	9,54			
100	2,20	0,03	0,29	1,46	1,71	1,17	3,18			
100	2,20	0,03	0,29	0,88	1,77	2,02	2,65	121,30	12,36	48,36
100	2,20	0,03	0,29	0,88	1,77	2,02	2,65	133,31	13,59	36,35
100	2,20	0,03	0,29	0,88	1,77	2,02	2,65	143,58	14,64	26,07
100	2,20	0,03	0,29	0,88	1,77	2,02	2,65	153,13	15,61	16,53
100	2,20	0,03	0,29	0,88	1,77	2,02	2,65	156,31	15,93	13,35
150	4,29	0,08	0,75	26,29	6,52	0,25	32,81			
100	3,29	0,06	0,61	3,03	3,85	1,27	6,88			
100	3,29	0,06	0,61	1,82	3,99	2,19	5,80	162,78	16,59	6,88
100	3,29	0,06	0,61	1,82	3,99	2,19	5,80	169,66	17,29	0,00
170	4,71	0,08	0,82	4,95	7,88	1,59	12,83			
130	4,15	0,08	0,77	3,87	6,11	1,58	9,98			
100	2,74	0,04	0,44	2,18	2,67	1,23	4,86			
100	2,74	0,04	0,44	0,87	2,77	3,17	3,64	140,64	14,34	29,02
100	2,74	0,04	0,44	0,87	2,77	3,17	3,64	150,61	15,35	19,04
100	2,74	0,04	0,44	0,87	2,77	3,17	3,64	155,47	15,85	14,18

Figura 9: 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.

TRATTO	CURVA 90°	ALLARG. DREPLO	INNECCO RETTANG.	INNECCO CIRCOLARE	ALLARGAM. GRADUALE	INNECCO RETT. O CIRC.	NESTING BRUSCO	REGISTRAMENTO GRADUALE IN	DISAMAZ. BACC.	DISAMAZ. ANG.	DISAMAZIONE A SQUADRA	BIFORCAZ. RETT.	BIFORCAZ. CIRC.	DOCCETTA
M. 10 < RW < 15	0.2967 < 1.674	0.4381 < 0.802	1.25	0.5	0.0004 < 0.0385 < 0.095	1	0.205 < 2.8875 < 6.825	0.1	0.1045 < 0.605	0.0616 < 0.0438	1.4	0.2000 < 1.771	0.2880 < 1.771	1
2	1.00	0.5	1				0.2 < RW < 8.0	1	1.00					
A-C	1	1.00						1	1.00			1.00		
C-D	1	1.00						1	1.00			1.00		
D-E	1	1.00						1	1.00			1.00		
A-F	1	1.00						1	1.00			1.00		
F-G	1	1.00						1	1.00			1.00		
G-H	1	1.00						1	1.00			1.00		
F-GT							0.50							1
G-HT							0.50							1
H-I							0.50							1
C-E	1	1.00						1	1.00					
D-F	1	1.00						1	1.00					
E-F	1	1.00						1	1.00					
C-H							0.50							1
H-I							0.50							1
D-I							0.50							1
E-I	1	1.00						1	1.00					
I-L	1	1.00						1	1.00					
L-K	1	1.00						1	1.00					
K-L	1	1.00						1	1.00					
M-L	1	1.00						1	1.00					
L-M							0.50							1
M-N							0.50							1
N-O							0.50							1
O-P							0.50							1
P-Q	1	1.00						1	1.00					
Q-R	1	1.00						1	1.00					
R-S							0.50							1
S-T							0.50							1
T-U							0.50							1
U-V							0.50							1
V-W							0.50							1
W-X							0.50							1
X-Y							0.50							1
Y-Z							0.50							1
Z-A							0.50							1

Figura 10: 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:

TRATTO	LOCALE	LUNGH.	TIPO	SEZIONE	ALTEZZA	PORTATA
		[m]	CANALE		[mm]	[L/S]

Figura 11: Sezione di input dei 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 canale:** è il tipo di canale che si intende utilizzare. Può essere in **Lamiera**, in **Alluminio** o **Fibra**⁶. L'Utente può digitare questi nomi o selezionarli con un menu a

⁶ Si vedrà nell'ultimo capitolo come personalizzare la tipologia dei materiali dei canali modificando nomi e proprietà esistenti nel foglio **Parametri_Fisici**. Si può utilizzare la voce specifica di personalizzazione dei dati presente nel menu **Inizializzazione**.

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

TRATTO	LOCALE	LUNGH.	TIPO	SE
		[m]	CANALE	
UTA-A		10,00	Lamiera	Rett
A-C		8,00	Lamiera	Rett
C-D		8,00	Alluminio	Rett
A-B1	STANZA	1,00	Fibra	Rett
C-B2	STANZA	1,00	Alluminio	Ci
D-B3	STANZA	1,00	Alluminio	Ci
B4-E		1,00	Alluminio	Ci
B5-F		1,00	Lamiera	Rett
E-F		16,00	Lamiera	Rett
F-UTA		10,00	Lamiera	Rett

Figura 12: Selezione del tipo di canale con menu a tendina

- **Tipo di sezione:** è la geometria della sezione che si intende scegliere. Può essere **Rettangolare**, **Circolare** e **Ellittica** e la scelta può essere effettuata con un menu a tendina, come indicato nella seguente figura:

TRATTO	LOCALE	LUNGH.	TIPO	SEZIONE	AL
		[m]	CANALE		[mm]
UTA-A		10,00	Lamiera	Rettangolare	
A-C		8,00	Lamiera	Rettangolare	
C-D		8,00	Lamiera	Rettangolare	
A-B1	STANZA	1,00	Alluminio	Rettangolare	
C-B2	STANZA	1,00	Alluminio	Circolare	
D-B3	STANZA	1,00	Alluminio	Rettangolare	
B4-E		1,00	Alluminio	Circolare	
B5-F		1,00	Lamiera	Ellittica	
E-F		16,00	Lamiera	Rettangolare	
F-UTA		10,00	Lamiera	Rettangolare	

Figura 13: selezione del tipo di sezione del canale con menu a tendina

- **Altezza:** è l'altezza massima che può assumere il canale (in **mm**). Questa risulta un vincolo dimensionale che il programma rispetterà quando dovrà selezionare le dimensioni reali del canale;
- **Portata:** è la portata d'aria dei soli rami terminali (**L/s**). Non digitare questo dato nei rami principali perché **la portata in essi viene calcolata dal programma**. Qualunque valore digitato in questo campo per i rami principali viene ignorato e sovrascritto con il valore calcolato in base alla formazione della rete (vedi più avanti l'algoritmo di formazione della rete). In pratica si ha la situazione indicata in figura seguente.

TRATTO	LOCALE	LUNGH.	TIPO	SEZIONE	ALTEZZA	PORTATA
		[m]	CANALE		[mm]	[L/S]
UTA-A		10,00	Lamiera	Rettangolare	150	140,00
A-C		8,00	Lamiera	Rettangolare	150	85,00
C-D		8,00	Lamiera	Rettangolare	150	40,00
A-B1	STANZA	1,00	Alluminio	Circolare	100	55,00
C-B2	STANZA	1,00	Alluminio	Circolare	100	45,00
D-B3	STANZA	1,00	Alluminio	Circolare	100	40,00
B4-E		1,00	Lamiera	Rettangolare	100	65,00
B5-F		1,00	Lamiera	Rettangolare	150	65,00
E-F		16,00	Lamiera	Rettangolare	200	65,00
F-UTA		10,00	Lamiera	Rettangolare	200	130,00

Figura 14: Input delle portate d'aria per i soli rami terminali

Congruenza dei dati e commenti

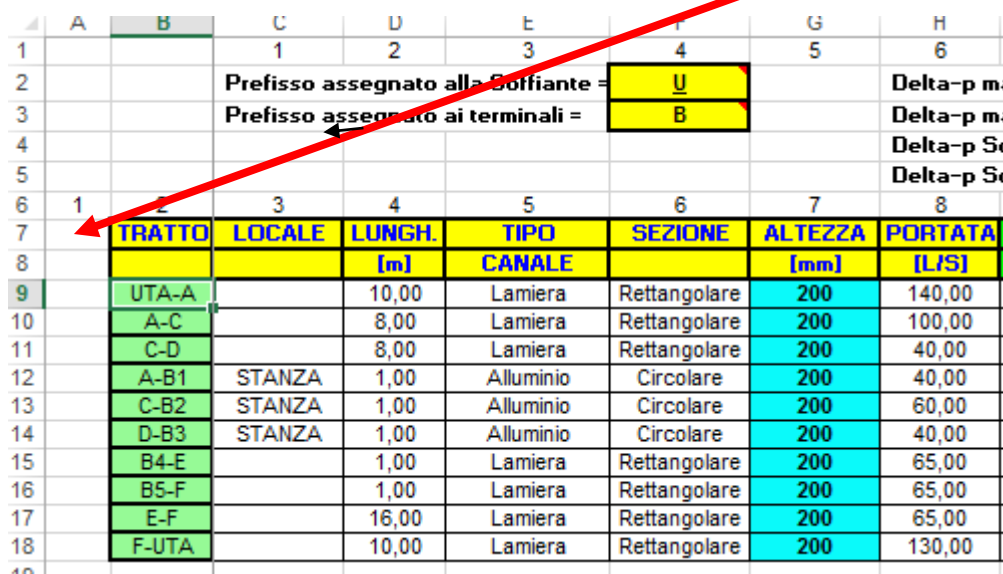
Si osservi che tutti i campi indicati in giallo sono di input dei dati di calcolo e pertanto è compito dell'Utente verificarne la congruenza.

Ad esempio il nome dei singoli rami deve contenere un trattino (ed uno solo) di separazione fra il nodo di sinistra e quello di destra:

SSS-DDD

Avendo cura di non inserire il simbolo dell'UTA sia a sinistra che a destra né il simbolo della bocchetta. La mancata osservazione di questa regola genera errori di vario tipo al momento del calcolo o del bilanciamento.

Nel caso si desideri inserire un commento di qualunque natura la **prima colonna** (in bianco) è totalmente a disposizione.



	A	B	C	D	E	F	G	H
			1	2	3	4	5	6
2			Prefisso assegnato alla Soffiante =				U	Delta-p ma
3			Prefisso assegnato ai terminali =				B	Delta-p ma
4								Delta-p So
5								Delta-p So
6	1	2	3	4	5	6	7	8
7		TRATTO	LOCALE	LUNGH.	TIPO	SEZIONE	ALTEZZA	PORTATA
8				[m]	CANALE		[mm]	[L/S]
9		UTA-A		10,00	Lamiera	Rettangolare	200	140,00
10		A-C		8,00	Lamiera	Rettangolare	200	100,00
11		C-D		8,00	Lamiera	Rettangolare	200	40,00
12		A-B1	STANZA	1,00	Alluminio	Circolare	200	40,00
13		C-B2	STANZA	1,00	Alluminio	Circolare	200	60,00
14		D-B3	STANZA	1,00	Alluminio	Circolare	200	40,00
15		B4-E		1,00	Lamiera	Rettangolare	200	65,00
16		B5-F		1,00	Lamiera	Rettangolare	200	65,00
17		E-F		16,00	Lamiera	Rettangolare	200	65,00
18		F-UTA		10,00	Lamiera	Rettangolare	200	130,00

Figura 15: Campo per commenti e/o indicazioni varie

Pertanto si può indicare, ad esempi, il piano o qualunque altra informazione e/o commento. Questa colonna non viene mai utilizzata nei calcoli.

Osservazioni

Se si effettua l'input senza la finestra di riepilogo (vedi più avanti) allora è possibile utilizzare le funzionalità di Excel e in particolare è possibile nella cella della portata d'aria una formula precedendola con il segno eguale, ad esempio:

$$= 200/3,6$$

Consente di calcolare la portata in L/s nota la portata di m^3/h .

Con l'input guidato si ha la possibilità di digitare la portata in m^3/h direttamente nel campo apposito. Il programma calcola automaticamente la portata d'aria totale nei rampi principali una volta avviata la fase di calcolo. Esso ricostruisce i circuiti partendo dai rami terminali fino ad arrivare alla soffiante di circolazione. Quindi somma le portate di tutti i rami terminali che confluiscono sullo stesso ramo principale. 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. Il programma distingue fra **reti di mandata** dell'aria e **reti di ripresa**. L'algoritmo utilizzato è simile per i due casi ma non esattamente

eguale, dovendosi tenere conto della posizione del terminale che nel primo caso è sempre a destra del ramo terminale mentre nel secondo caso è a sinistra del ramo terminale di ripresa.

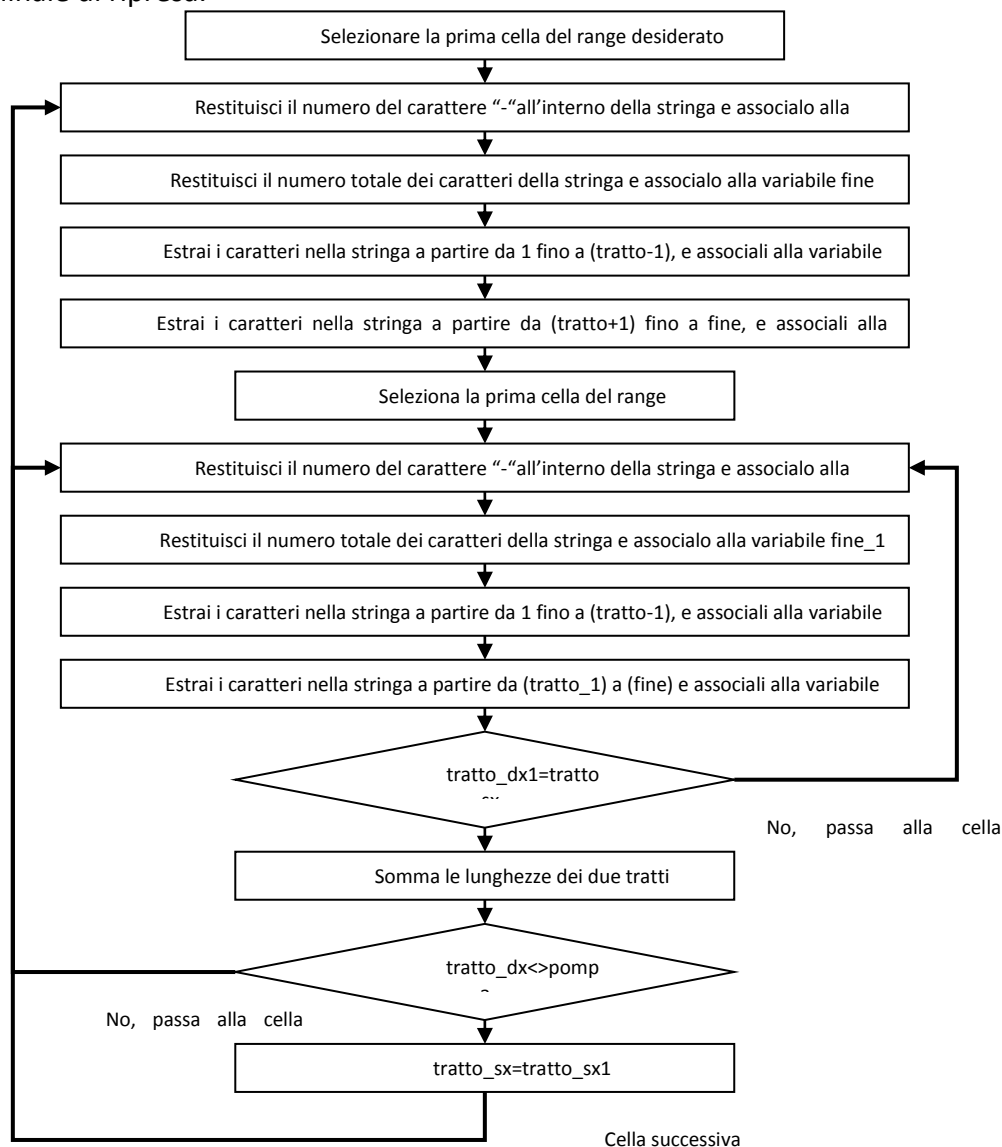


Figura 16: Algoritmo per la somma delle lunghezze del circuito relativo al tratto

Va osservato che i dati debbono essere congruenti con il layout della rete.

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

· **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:















													
FATTORE C	FATTORE C	FATTORE C	FATTORE C	FATTORE C	FATTORE C	FATTORE C	FATTORE C	FATTORE C	FATTORE C	FATTORE C	FATTORE C	FATTORE C	FATTORE C
$0.2963 \cdot x^{-1.674}$	$-0.438 \cdot \ln(x) - 0.0072$	1,25	0,9	$0.0004x^2 + 0.0385x - 0.068$	1	$0.2125x^2 - 0.8875x + 0.6125$	0,1	$0.7845x^{-0.685}$	$0.0676x^{0.0438}$	1,4	$0.2963x^{-1.771}$	$0.2963x^{-1.771}$	
31													
CURVA 90°	ALLARG. BRUSCO	IMBOCCO	IMBOCCO	ALLARGAM. GRADUALE	SBOCCO	RESTRING. BRUSCO	REGISTRINGIMENTO	DIRAMAZ. RACC.	DIRAMAZ. ANG.	DIRAMAZIONE	BIFORCAZ. RETT.	BIFORCAZ. CIRC.	
N	$0 < R/W < 2$	$0 < F1/F2 < 0.8$	RETTANG. CIRCOLARE	$5 < a < 45$ (Gradi)	RETT. O CIRC.	$0.2 < A2/A1 < 0.8$	GRADUALE N	$0.5 < R/D < 1.5$	$0 < a$ (Gradi) < 60	A-SQUADRA	$0 < R/W < 1.5$	$0 < R/W < 1.5$	
2	1,00			25				0,8					
	0,50							0,70					1,00
	0,50							0,70					1,00
	0,50		1										
	0,50		1										
	0,50		1										
	0,50		1										
	0,50		1										
2	1,00	0,60											
2	1,00	0,60											

Figura 17: 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.

FATTORE C	FATTORE C	FATTORE C	FATTORE C	FATTORE C	FATTORE C	FATTORE C	FATTORE C
$0.2963 \cdot x^{-1.674}$	$-0.438 \cdot \ln(x) - 0.0072$	1,25	0,9	$0.0004x^2 + 0.0385x - 0.068$	1	$0.2125x^2 - 0.8875x + 0.6125$	
					31		32
CURVA 90°	ALLARG. BRUSCO	IMBOCCO	IMBOCCO	ALLARGAM. GRADUALE	SBOCCO	RESTRING. BRUSCO	
N	$0 < R/W < 2$	$0 < F1/F2 < 0.8$	RETTANG. CIRCOLARE	$5 < a < 45$ (Gradi)	RETT. O CIRC.	$0.2 < A2/A1 < 0.8$	
2	1,00			25			

Figura 18: Fattori di Darcy delle varie perdite localizzate

Per le UTA (nel caso che si desideri tenerne conto nel calcolo delle cadute di pressioni) il programma consente di calcolare separatamente le perdite di pressione interne, come si dirà nel prosieguo.

Si osservi che i fattori di Darcy sopra indicati variano, in alcuni casi, in funzione del rapporto di dimensioni (ad esempio raggio di curvatura e altezza della sezione). Il programma richiede questo dato e calcola automaticamente le perdite mediante opportune correlazioni di calcolo tratte da tabelle sperimentali. Le correlazioni utilizzate sono riportate nella testata delle tipologie di perdite localizzate.






				
FATTORE C	FATTORE C	FATTORE C	FATTORE C	FATTORE C
$0.2963 \cdot x^{-1.674}$	$-0.438 \cdot \ln(x) - 0.0072$	1,25	0,9	$0.0004x^2 + 0.0385x - 0.068$
CURVA 90°	ALLARG. BRUSCO	IMBOCCO	IMBOCCO	ALLARGAM. GRADUALE
N	$0 < R/W < 2$	$0 < F1/F2 < 0.8$	RETTANG. CIRCOLARE	$5 < a < 45$ (Gradi)
2	1,00		1	25
	0,50			
	0,50			
	0,50		1	
	0,50		1	
	0,50		1	
	0,50		1	
	0,50		1	
2	1,00	0,60		
2	1,00	0,60		

Figura 19: Indicazione delle correlazioni di calcolo per le perdite localizzate

Si possono modificare i valori base dei fattori di Darcy che non dipendono dalle correlazioni direttamente nel foglio di calcolo. Queste modifiche hanno valore solo per il progetto in corso o di un progetto richiamato come file archivio (vedi dopo).

Dopo una re inizializzazione del foglio di calcolo vengono nuovamente ripristinati i valori di default⁷.

Fase di calcolo

La fase di calcolo prosegue secondo l'algoritmo indicato in precedenza per la ricostruzione sia della rete di mandata che di quella di ripresa.

L'input dei rami è fondamentale per la corretta costruzione dei circuiti e quindi per il calcolo finale di dimensionamento della rete aeraulica, 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.

La fase di calcolo, che viene lanciato dal menu **Calcola**, esegue una serie di calcoli preliminari che portano alla determinazione del diametro equivalente di ciascun ramo.



Figura 20: Lancio della fase di calcolo

Poiché nella fase iniziale non sono note le dimensioni reali in questa fase si utilizzano formule semplificate che, partendo dalla ψ media calcolata per ciascun circuito, indicano il diametro equivalente e le dimensioni nominali previste per tipologia di sezione (per quella rettangolare indica la base teorica, per quella circolare lo stesso diametro e per quella ellittica l'asse maggiore).

In pratica la fase di calcolo iniziale è da considerare una vera e propria inizializzazione dimensionale della rete di distribuzione (una sorta di *booster*) che sarà poi verificata e calcolata correttamente nella fase **Bilancia** dello stesso menu principale. Si discuterà più approfonditamente di queste operazioni nei successivi capitoli.



Figura 21: avviamento della fase Bilancia

Etichettatura dei rami

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

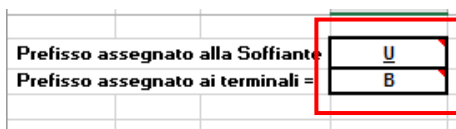


Figura 22: Selezione dei prefissi per la soffiante e per i terminali

⁷ 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.

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

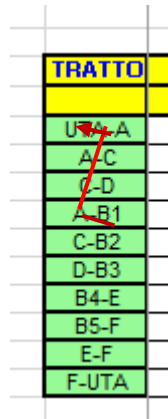


Figura 23: Esempio di input di una rete

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 **B**). Ad esempio si consideri il ramo A-B1.

Dato il ramo terminale (c'è B1) il programma legge il nodo di sinistra (A) e cerca nell'elenco dei rami il ramo che contiene A nel nodo di destra. Trova (sempre per l'esempio considerato) il ramo UTA-A. La ricerca si ferma perché il nodo di sinistra è il simbolo **U** prescelto per la soffiante. In questo modo il circuito è:

UTA-A, A-B1

Allo stesso modo ricostruisce i circuiti per gli altri terminali:

UTA-A, A-C, C-B2

UTA-A, A-C, C-D, D-B3

Nell'esempio si è indicato con U il prefisso della soffiante (che è all'interno dell'UTA. Il nome UTA è mnemonico ma coerente con il simbolo della soffiante (U). Si osservi che il simbolo U è il primo carattere di UTA e questo basta al programma per comprendere che è riferito alla soffiante. Del resto anche i rami terminali contengono il prefisso B come primo carattere (B1, B2 e B3): ciò che viene dopo il carattere B (nell'esempio considerato) è a libera scelta dell'Utente.

Il programma è in grado di ricostruire anche la rete di ripresa dell'aria. In questo caso il prefisso per il terminale è ancora B ma nei rami di ripresa esso si trova nel nodo di sinistra. Per l'esempio considerato si hanno i seguenti circuiti di ripresa:

B4-A, E-F, F-UTA

B5-F, F-UTA

In questo caso il programma effettua la ricerca dei circuiti applicando ancora il metodo dell'albero inverso per i canali di ripresa.

La stessa procedura si segue per reti complete di canali di mandata e di ripresa.

E' importante tenere presente che perché si possa eseguire la ricostruzione della rete debbono esserci i rami terminali (cioè che hanno nel nodo di destra un terminale correttamente impostato per la mandata e nel nodo di sinistra i rami terminali per la ripresa) e che ci sia la soffiante con il giusto prefisso. La soffiante determina l'inizio e la fine della ricerca ad albero inverso sia per i canali di mandata che per quelli di ripresa.

Allo stesso modo si possono trovare i circuiti di reti ben più complesse. Si osservi che il prefisso per il terminale può essere usato solo per i terminali. Nell'esempio sopra riportato la lettera B è usata per i terminali B1, B2, B3 di mandata e B4 E B5 di ripresa. Non può esserci un nodo B in prosecuzione di A. Non a caso i nodi principali sono A, C, D, E, F.

Se si desidera usare la lettera B per indicare un nodo principale si può usare come terminale la lettera M per simboleggiare una bocchetta (o un diffusore) di mandata.

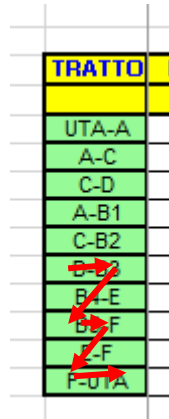


Figura 24: Esempio di rete con ritorno inverso

Inoltre si tenga presente che la soffiante è **una sola** e pertanto questa è condivisa fra rete di mandata e rete di ripresa, se presente.

Non si possono avere due soffianti.

Se è necessario avere una soffiante di ripresa diversa da quella di mandata, in funzione dell'estensione della rete di ripresa, allora si deve predisporre un calcolo solo per la rete di ripresa collegata alla sua soffiante.

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:

- 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 soffiante 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 le tratta diversamente (u è diverso da U, come pure b è diverso da B, ..).

1.3 SOMMARIO DELLE OPERAZIONI DI BASE PER L'USO DEL PROGRAMMA

Come già detto prima e si vedrà ancora meglio dopo, il programma è stato predisposto per la massima flessibilità d'utilizzo.

L'obiettivo che si desidera raggiungere è di progettare la rete aerea in modo da soddisfare tutti i vincoli presenti. Principalmente questi sono:

- Dimensioni compatibili con gli spazi disponibili, specialmente se i canali passano nei controsoffitti;

- *Perdite di pressione totale della rete compatibile con la perdite di pressione che la soffiante consente di avere;*
- *Rumorosità prodotta dall'aria nei canali limitata a valori compatibili con quelli limiti per la tipologia di edilizia considerata.*

Questi vincoli non sono fra loro concordanti e sinergici. Ad esempio aver velocità basse favorisce la riduzione della rumorosità e riduce le perdite di pressione ma incrementa le dimensioni dei canali che, spesso, risultano eccessivamente ingombranti e pesanti.

D'altra parte avere canali di dimensioni ridotte ha il beneficio di pesi inferiori e costi di installazione più ridotti ma ha l'inconveniente di avere cadute di pressione maggiori e quindi costi di esercizio maggiori.

Non sempre è possibile mettere d'accordo questi vincoli e pertanto la progettazione di una rete aerea deve essere eseguita accettando e/o imponendo compromessi caso per caso.

Per questo motivo la progettazione automatica non è possibile. Il computer non ha gli occhi e non può assumere decisioni se non derivanti da scelte programmate mediante algoritmi di calcolo.

Proprio per questo motivo si è cercato di rendere il programma molto flessibile e tale da raggiungere qualunque obiettivo partendo da varie ipotesi di calcolo.

Ciò che deve essere chiaro è che la suddivisione nelle tre fasi:

- *Calcolo;*
- *Dimensioni;*
- *Bilanciamento*

è solo strumentale per la accennata flessibilità. Il programma può fare automaticamente tutti i calcoli, come si vedrà più avanti, pervenendo a risultati conseguenziali alle scelte progettuali e ai vincoli che è possibile imporre.

Le scelte progettuali sono:

- *Dp soffiante* *più alto è questo valore più ridotte saranno le dimensioni dei canali, a parità degli altri parametri;*
- *Rapporto r.c.d. iniziale:* *maggiore è questo rapporto maggiori saranno le dimensioni dei canali.*
- *Altezza massima:* *è la dimensione verticale massima che il canale può avere, in ciascun tratto e costituisce l'unico vincolo dimensionale che il programma può rispettare. Del resto limitare anche la dimensione orizzontale non avrebbe senso: data la portata e la velocità la sezione è obbligata dalla legge di continuità.*

Se si desidera un calcolo completamente automatico, nel rispetto dei sopra descritti vincoli e dati di progetto, basta selezionare la fase **Calcola** con l'opzione **Completo di bilanciamento**, come indicato in Figura 25.

Calcolo dei diametri equivalenti delle reti aerauliche

Questa fase effettua il calcolo dei diametri nominali di tutti i circuiti della rete. Si possono anche scegliere i canali con dimensioni di base 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.

5 r.c.d. imposto

300 Delta_p della soffiante (Pa)

18 Temperatura di mandata (°C)

26 Temperatura di ritorno (°C)

Avvia il calcolo delle reti Aerauliche

☐ Solo calcolo iniziale

☐ Con selezione dei canali

☒ Completo con bilanciamento

Rinuncia al calcolo

Figura 25: Selezione del calcolo completo con bilanciamento

Il programma fa tutto da solo, lancia la fase di calcolo iniziale con *r.c.d. imposto*, seleziona le dimensioni dei canali rispettando i vincoli dimensionali e ottimizzandoli per la successione delle larghezze, lancia la fase di bilanciamento e poi riprende nuovamente i calcoli assumendo l'*r.c.d.* iniziale pari a quello calcolato nella prima iterazione. In pratica fa un doppio ciclo di calcoli al fine di ottimizzare i risultati finali.

A questo punto è l'Utente che deve esaminare i risultati e decidere se accettarli o modificarli in tutto o in parte a seconda degli altri vincoli che intende rispettare (sia dimensionali in senso trasversale che di velocità massima o di rumorosità limite).

Il programma aiuta in questo l'Utente segnalando il superamento delle velocità massime nei canali (sia mediante colorazione delle celle interessate che utilizzando caratteri grassetto colorati, come si dirà più avanti) e pertanto l'Utente può decidere se accettare tali risultati o avviare una seconda possibilità di ottimizzazione che possiamo definire **a velocità massima**.

Lanciando il menu **Dimensioni** si ha l'opzione **Ottimizza Dimensioni per velocità**, come indicato in Figura 26.

Con questa opzione si obbliga il programma a **ricalcolare le dimensioni dei canali imponendo la velocità massima consentita** (selezionabile mediante i campi indicati nella finestra indicata) e **trascurando ogni altro limite funzionale e/o dimensionale**.

Questa opzione effettua sia il nuovo dimensionamento dei canali che il bilanciamento e propone i risultati finali.

Ancora una volta è l'Utente che deve esaminare i risultati ottenuti e modificarli come crede opportuno.

Si ricordi che non è possibile imporre tutti i vincoli (dimensionali e di velocità imposta) nel dimensionamento delle reti perché occorre sempre rispettare le equazioni di base, l'equazione di continuità e l'equazione di Bernoulli.

E' l'Utente che deve di volta in volta scegliere i vincoli prioritari:

- Imporre le dimensioni massime per problemi architettonici ed di installazione;
- Imporre una velocità limite per ridurre la rumorosità dei canali negli ambienti sensibili.

Figura 26: Ottimizzazione per velocità massima

Le modifiche dimensionali che è possibile fare sono:

- *Cambiare **Altezza** e/o **Base*** del tratto che si ritiene di dover modificare. In pratica si interviene sulle celle delle colonne G ed M in modo da raggiungere il risultato desiderato. Dopo ogni modifica occorre lanciare la fase **Bilancia** che è l'unica che effettua i calcoli finali (velocità, perdite specifiche e totali, ...);
- *Cambiare tipo di sezione del canale*, ad esempio passando dalla sezione circolare a quella rettangolare se il diametro non è compatibile con le dimensioni verticali massime;
- *Ripetere l'intero ciclo di calcolo partendo da ipotesi diverse*, ad esempio riducendo la **Δp soffiante** per avere dimensioni calcolate maggiori.

L'Utente può intervenire con una o più fra le opzioni sopra elencate. Fatte le scelte deve sempre lanciare la fase **Bilancia** per ottenere le verifiche finali e congruenti con le modifiche apportate. Quando i risultati finali saranno soddisfacenti e rispettosi di tutti i vincoli, per quanto possibile, allora si potrà ritenere completato il progetto della rete aeraulica.

E' la fase **Bilancia** che chiude tutte le ipotesi di modifica e consolida i risultati finali. Pertanto la si può lanciare quante volte si desidera farlo. Questa fase non modifica mai le dimensioni dei canali e serve solo a completare i calcoli finali.

Non credo molto agli automatismi di alcuni programmi di calcolo che forniscono risultati non modificabili. Occorre sempre intervenire sui risultati per adeguarli alle esigenze progettuali. E questo è possibile farlo con questo programma!

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_Aerauliche** 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.

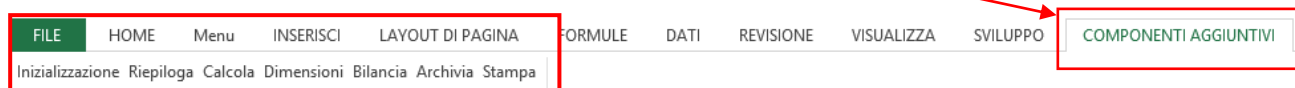


Figura 27: Menu iniziale

Questo menu contiene le seguenti voci:

- **Inizializzazione:** Consente di ripulire il foglio di calcolo denominato **Rete_Aeraulica** (foglio di lavoro di default) per un nuovo progetto o di reinizializzare un progetto già presente. Si ha, inoltre, la possibilità di personalizzare i dati per le tipologie di materiali dei canali, delle scabrezze e delle densità;
- **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 aeraulica. Questa fase è propedeutica alle verifiche successive e va lanciata solo se si modifica le ipotesi di calcolo (cioè il **Δp soffiante** o **r.c.d. iniziale**);
- **Dimensioni:** Avvia la fase di calcolo delle dimensioni nominali proposte (a seconda delle diverse sezioni di canali), una volta effettuata la sola fase di calcolo dei diametri equivalenti teorici precedente. Consente anche di effettuare una scelta dei canali ottimizzati per velocità massima. In questo caso deve essere stata effettuata almeno una volta la fase di bilanciamento (vedi dopo);
- **Bilancia:** Avvia la fase di bilanciamento dei circuiti aeraulici con il calcolo delle perdite distribuite e localizzate di ciascun circuito della rete aeraulica. Questa è la fase di calcolo e verifica reale della rete aeraulica. Questa fase deve essere lanciata ad ogni modifica di qualsivoglia dato di progetto;
- **Archivia:** Consente di memorizzare il progetto su file esterno o di richiamarne uno già in archivio;
- **Stampa:** Consente di stampare il foglio di calcolo attivo. Vengono stampate anche le perdite localizzate dei vari rami.

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

2.2 MENÙ INIZIALIZZAZIONE

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

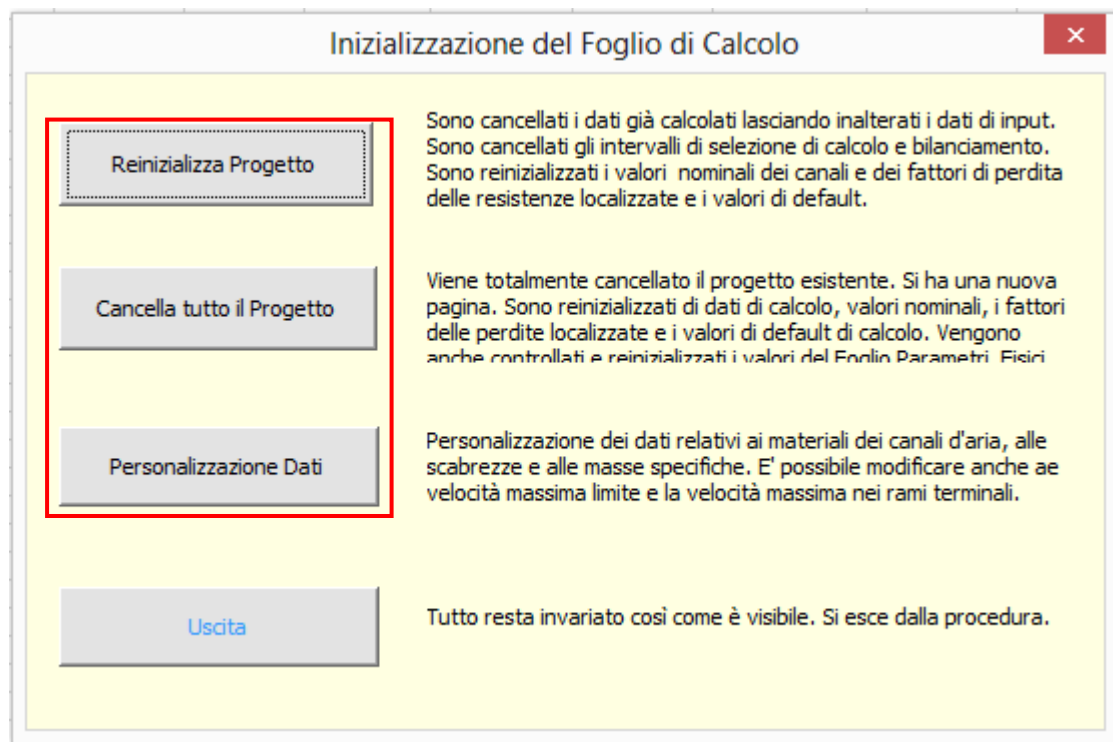


Figura 28: Finestra di inizializzazione del Foglio di Calcolo

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

Si ha la cancellazione delle colonne dalla 8 alla 23, lasciando inalterate le colonne di input da 2 a 7. Il valore di *r.c.d. imposto* viene impostato pari ad **5⁸**. Tutti gli altri valori sono lasciati inalterati. Sono anche cancellate le portate dei rami principali, lasciando solamente quelle dei rami terminali.

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 soffiante o della temperatura di mandata o di qualunque altro parametro di progetto).

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, come illustrato nella seguente figura.

⁸ Il programma ha numerosi controlli di validità dei dati. Nel caso si digiti 0 per la Δp della soffiante il programma assume automaticamente un valore di default pari a **200 Pa**. Se si pone *r.c.d.*=0 in fase iniziale il programma lo assume pari a 5 di default. Queste scelte servono ad evitare errori in fase di calcolo. L'Utente può in qualunque momento ripetere i calcoli con le sue ipotesi iniziali. Si osservi che non vengono fatti controlli sulla congruità dei dati di input dei canali. Se si digita 28,5 per la lunghezza anziché 2,85 il programma lo accetta egualmente!

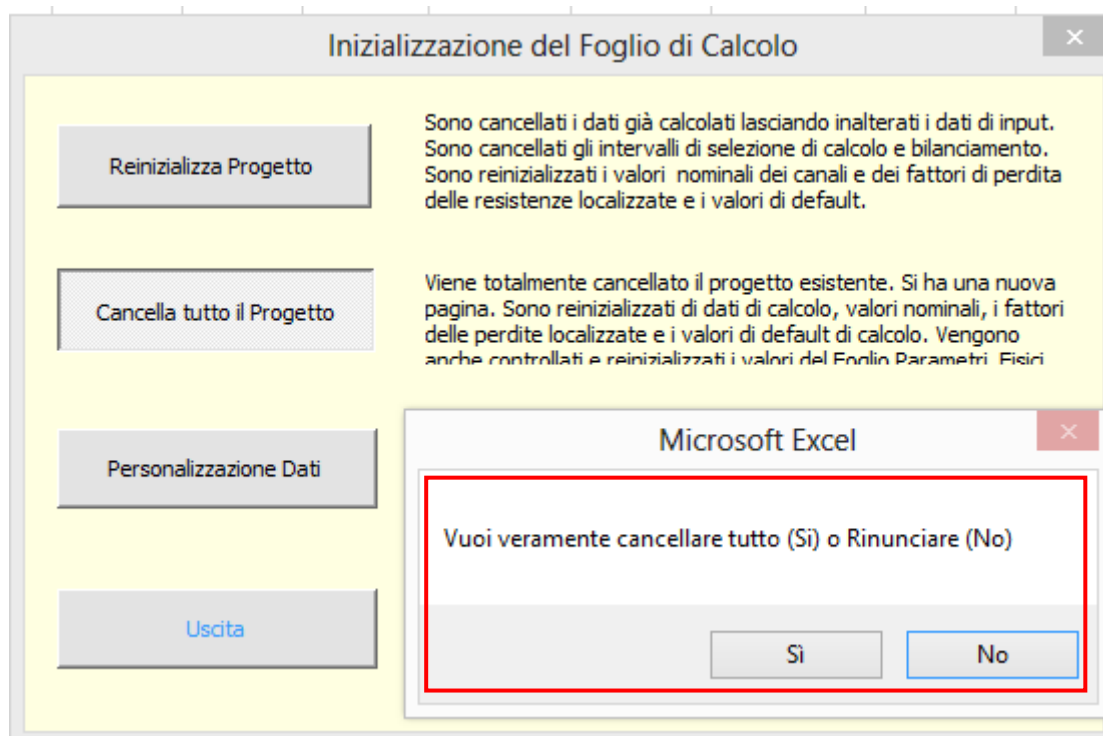


Figura 29: Richiesta di conferma per la cancellazione del foglio di calcolo

2.2.3 PERSONALIZZA DATI

Questa opzione consente di personalizzare alcuni dati presenti nel foglio **Parametri_Fisici** e relativi alle tipologie di materiali, la loro scabrezza assoluta e la loro massa specifica. Questi dati sono fondamentali per il corretto funzionamento dei programmi.

Essi possono essere modificati manualmente, come tutti i dati dei fogli di calcolo presenti, ma per maggior sicurezza è stata predisposta un'opzione che effettua in modo sicuro le modifiche, controllandone anche la validità.

Se si seleziona l'opzione **Personalizzazione Dati** si ha la finestra di Figura 30.

Personalizzazione dei Dati per i Materiali dei Canali

TIPOLOGIA DEI MATERIALI DEI CANALI	SCABREZZA ASSOLUTA DEI MATERIALI (m)	DENSITA' DEI MATERIALI DEI CANALI (kg/dm³)
Lamiera	0,003	6,8
Alluminio	0,007	2,75
Fibra	0,007	1,25

Velocità limite nei canali principali e secondari. Questi valori possono essere modificati anche con il menu DIMENSIONI con l'opzione di ottimizzazione per velocità.

8 Velocità massima limite (m/s)

2 Velocità massima rami terminali (m/s)

Premere sempre questo tasto per uscire in modo sicuro

Uscita

Figura 30: Finestra di personalizzazione dei dati nel foglio **Parametri_Fisici**

Sono riportati i dati relativi ai nomi dei materiali (tre tipologie), alla loro scabrezza assoluta (espressa in m) e alla loro massa specifica (espressa in kg/dm^3). Tutto ciò che viene digitato in queste caselle viene riportato nel foglio **Parametri_Fisici** nelle caselle previste, come indicato in Figura 31.


Tipologie Canali	Scabrosità	Densità kg/dm ³
Lamiera	0,003	6,8
Alluminio	0,007	2,75
Fibra	0,009	1,25
Tipologie Sezioni		
Rettangolare		
Circolare		
Ellittica		
Velocità massima limite (m/s)	8	
Velocità massima rami terminali (m/s)	2	

Figura 31: Archivio dei dati relativi ai materiali dei canali

Si sottolinea l'importanza di questi dati per il corretto funzionamento del programma, soprattutto nella fase di bilanciamento. La personalizzazione di questi dati è stata inserita per consentire all'Utente di modificare nomi e proprietà in funzione, ad esempio, di esigenze specifiche quale l'utilizzo di particolari materiali diversi da quelli assunti di default dal programma.

Per indicarne l'importanza sono colorati in rosso. Attenzione alle unità di misura indicate nelle testate!

Per ulteriore sicurezza il programma ha una routine di verifica che impedisce di avere nomi mancanti o valori negativi. Qualora uno o più dei dati indicati non risultino congruenti il programma assume di default i valori indicati nella Figura 31. Per questo motivo è importante

uscire dalla finestra premendo il tasto **Uscita** e non premendo il tasto  in alto a destra. Quest'ultimo modo evita il controllo e quindi si può avere il rischio di dati non congruenti.

La finestra consente di modificare le velocità massime limite e di terminali utilizzate dal programma per la verifica dei valori finali calcolati (fase **Bilancia**) e per l'ottimizzazione per velocità, come si dirà nel prosieguo.

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.

Prefisso assegnato alla Soffiante	U	Delta-p massima =	79,13	[mm. c.a.]						
Prefisso assegnato ai terminali =	B	Delta-p massima =	776	[Pa]	i.c.d. iniz. =	-			Altitudine =	13,00 m
		Delta-p Soffiante =	30,58	[mm c.a.]					T mandata=	13,00 °C
		Delta-p Soffiante =	300	[Pa]	30,58	[mm c.a.]	30,58		T ripresa=	25,00 °C

Figura 32: Valori di progetto delle reti aerauliche

Si osservi che le celle di input sono colorate in **giallo** mentre le celle di output sono colorate in **verde**. In queste celle non bisogna mai scrivere perché il programma le utilizza per indicare i risultati di calcolo. In ogni caso, anche se sono presenti valori, esso non tiene conto di quanto è digitato nelle celle verdi.

Si osservi che questi codici del colore sono rispettati anche per le colonne della tabella principale: le colonne in **giallo** sono di input, quelle in **verde** di output.

2.3.1 SELEZIONE DEL PREFISSO PER LA SOFFIANTE E PER I TERMINALI

La selezione dei prefissi per individuare la soffiante 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:

1	2	3	4
Prefisso assegnato alla Soffiante =			U
Prefisso assegnato ai terminali =			B

Figura 33: Selezione dei prefissi per la soffiante e per i terminali

Le lettere selezionate possono essere scelte a piacere. Queste **non possono più essere utilizzate** (come **primo carattere** del nodo) per altri nodi se non per la soffiante, 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 34, il prefisso scelto per i terminali è **b** (per indicare *bocchetta*) ma l'input riporta (colonna 2) i terminali con la lettera **B** (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 35, ed invita a controllare il prefisso che è selezionato come **b** ma che deve essere **B**.

				Prefisso assegnato alla Soffiante	U
				Prefisso assegnato ai terminali =	b
TRATTO	LOCALE	LUNGH.	TIPO	SEZIONE	
		[m]	CANALE		
UTA-A		10,00	Lamiera	Rettangolare	
A-C		8,00	Lamiera	Rettangolare	
C-D		8,00	Lamiera	Rettangolare	
A-B1	STANZA	1,00	Alluminio	Circolare	
C-B2	STANZA	1,00	Alluminio	Circolare	
D-B3	STANZA	1,00	Alluminio	Circolare	
B4-E		1,00	Lamiera	Rettangolare	
B5-F		1,00	Lamiera	Rettangolare	
E-F		16,00	Lamiera	Rettangolare	
F-UTA		10,00	Lamiera	Rettangolare	

Figura 34: Esempio di uso non corretto del prefisso per i terminali

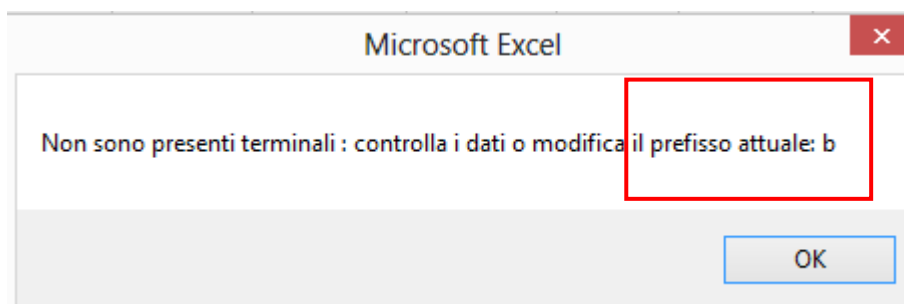


Figura 35: Messaggio di errore per mancanza di terminali

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

non sono individuati terminali, perché il computer si aspetta che inizino con la lettera *b*, allora la ricerca e la formazione dei circuiti dà esito negativo. In pratica b1, b2, ... sono interpretati come normali nodi e non come terminali B1, B2, ...

In ogni caso basta cambiare il prefisso del terminale, come suggerito dal messaggio di errore, per avere il corretto funzionamento del programma.

Lo stesso controllo viene effettuato per la presenza del ramo contenente la soffiante. Questa deve essere la prima lettera del nodo di destra del primo ramo. In sua mancanza si ha l'indicazione di errore, come indicato in figura seguente.

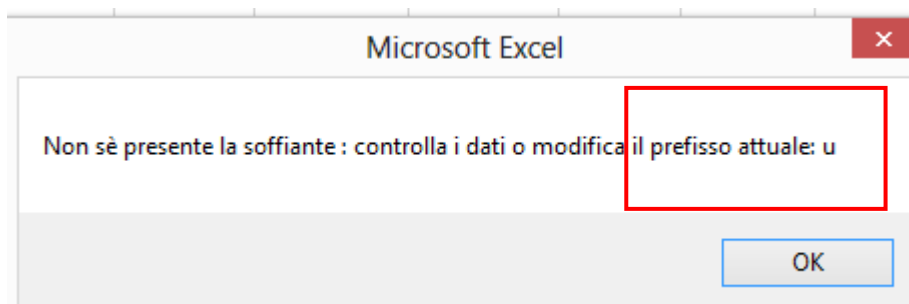


Figura 36: Segnalazione di mancanza della soffiante e correzione del prefisso

2.3.2 SELEZIONE DELLA PREVALENZA DELLA SOFFIANTE

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

Delta-p massima =	5,54	[mm. c.a.]
Delta-p massima =	54	[Pa]
Delta-p Soffiante =	5,10	[mm c.a.]
Delta-p Soffiante =	50	[Pa]

Figura 37: Selezione della prevalenza della soffiante

L'unica cella di input possibile è la J5 (in giallo) che richiede la differenza di pressione della soffiante selezionata (o la Δp desiderata). A fianco si ha la stampa (in verde) della stessa prevalenza nel S.T., cioè in mm. 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 mm. c.a.).

Delta-p massima =	25,96	[mm. c.a.]
Delta-p massima =	255	[Pa]
Delta-p Soffiante =	30,58	[mm c.a.]
Delta-p Soffiante =	300	[Pa]

Figura 38: Indicazione delle differenze di pressioni calcolate

In fase di inizializzazione di un nuovo calcolo il programma provvede ad indicare automaticamente **200 Pa** (20,4 mm. c.a.) in modo da evitare errori di calcolo per dati mancanti.

2.3.3 CRITERI PER LA SELEZIONE DELLA PREVALENZA DELLA SOFFIANTE

Il programma, se inizializzato per un nuovo calcolo, pone di default **Delta-p Soffiante** = 200 Pa immaginando che questo sia un valore medio utile per il progetto delle reti aerauliche di medie dimensioni.

Tuttavia è sempre opportuno indicare al programma un valore congruente con la rete che si desidera immaginare. Si tenga presente, come già detto, che il parametro **Delta-p Soffiante** è inteso come Δp_{utile} per la rete e non come Δp_{totale} della soffiante. Quest'ultima è data dalla somma della $\Delta p_{\text{utile}} + \Delta p_{\text{UTA}}$ e che Δp_{UTA} dipende dai componenti interni all'UTA ed è solitamente determinata dal Costruttore⁹.

E' opportuno considerare che **il dimensionamento di una rete aeraulica non è unico** ma dipende da una serie di parametri e di scelte progettuali. Occorre aver chiaro in mente che:

- *Un valore di Δp_{utile} elevato porta ad avere diametri equivalenti (e quindi dimensioni reali) **piccoli** con il vantaggio del minor ingombro ma con gli svantaggi di una maggiore **velocità** (e quindi di una maggiore **rumorosità**) ed una maggiore potenza della soffiante. Si ricordi che la potenza della soffiante è molto elevata rispetto alla potenza dei circolatori di acqua e può raggiungere 15-÷25 % della potenza complessiva dell'impianto di climatizzazione;*
- *Un valore di Δp_{utile} basso comporta diametri equivalenti (e quindi dimensioni reali) grandi, velocità (e rumorosità) più bassa e minore potenza della soffiante.*

Un criterio semplice può essere quello di immaginare una $\psi = 0.5 \div 4 \text{ Pa/m}$ in modo che, nota la lunghezza del circuito più lungo, si possa subito calcolare la perdita per attrito distribuito:

$$\Delta p_{\text{distribuito.circuito.piu.lungo}} = \psi L_{\text{circuito.piu.lungo}}$$

Ipotizzando *r.c.d.* pari a 5 allora si ha una perdita di pressione totale (del circuito più sfavorito) pari a:

$$\Delta p_{\text{totale.circuito.piu.lungo}} = \psi L_{\text{circuito.piu.lungo}} (r.c.d.+1)$$

Questo valore può essere indicato quale valore iniziale per **Delta-p Soffiante** nella casella del foglio Excel.

Tuttavia va precisato che le perdite localizzate per una rete aeraulica hanno un peso notevole e funzione dell'interazione con l'architettura e la stessa tipologia di impianto (ad tutt'aria, a sola aria primaria, a doppio condotto, ...).

Il valore *r.c.d.*=5 può spesso essere troppo ottimistico e quindi le perdite localizzate potrebbero essere molto più elevate. A questo scopo va osservato che il programma consente facilmente di verificare le ipotesi iniziali facendo più iterazioni, fino all'ottimizzazione della rete.

Partire da un valore di **Delta-p Soffiante** troppo basso può essere molto penalizzante per il dimensionamento della rete.

Esempio di rete estesa

Si consideri la rete di ripresa aria di figura seguente. I dati di input e le ipotesi di calcolo iniziali sono dati nelle figure seguenti. Si suppone **Delta-p Soffiante**=200 Pa e *r.c.d.*=10.

In Figura 43 si hanno i risultati di calcolo con le precedenti ipotesi. Si osserva subito che si hanno dimensioni notevoli dei canali (1700 x 9220 mm) e che queste dimensioni possono costituire un grave impedimento all'installazione di questi canali.

Se osserviamo bene i risultati si osserva ancora che:

- **Le velocità nei canali principali sono comprese fra 0.99 e 2.61 m/s;**
- **Delta-p Soffiante** calcolata risulta pari a 42.14 Pa;
- **Il rapporto r.c.d.** calcolato è pari a 239.46.

⁹ Più avanti si vedrà come calcolare Δp_{UTA} con un input guidato ma, come si vedrà, è bene non indicare mai come **Delta-p Soffiante** il valore totale perché altrimenti si **falserebbe** il dimensionamento della rete.

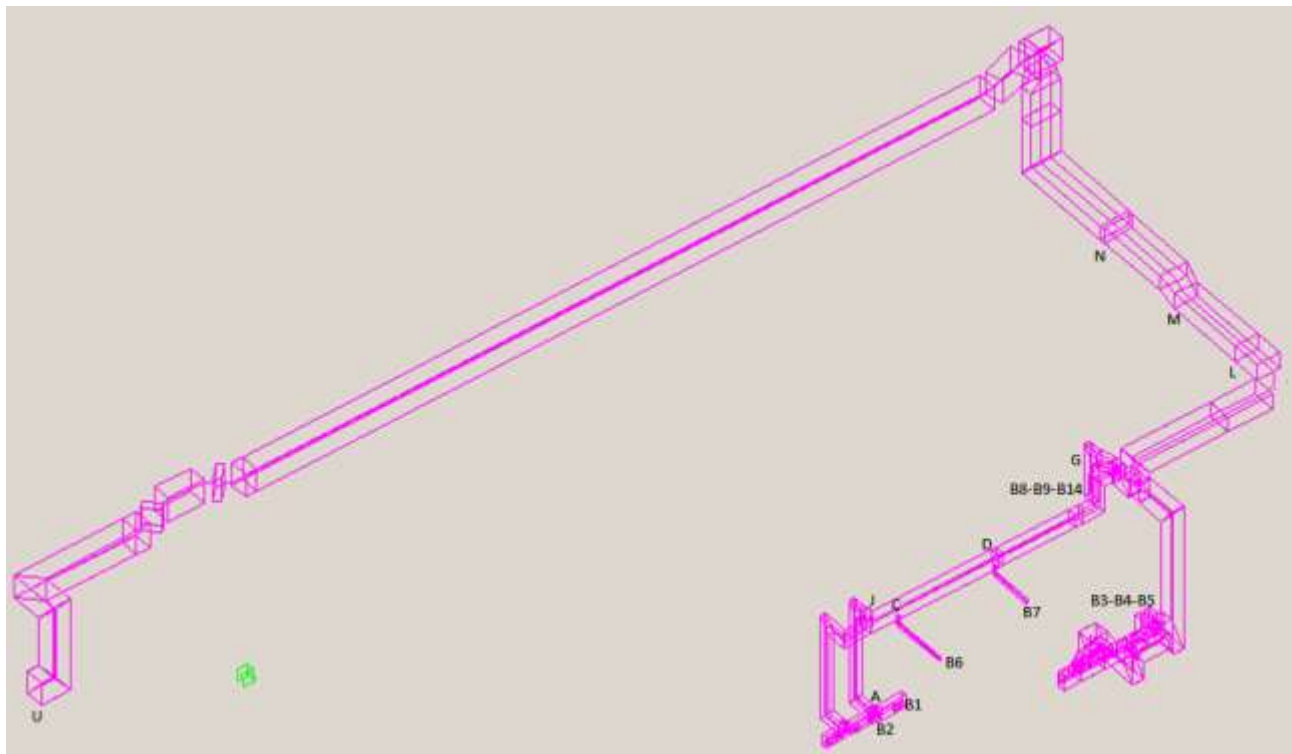


Figura 39: Esempio di rete di ripresa aria

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
	Prefisso assegnato alla Soffiante =			U		Delta-p massima =			42,14	[mm. c.a.]	
	Prefisso assegnato ai terminali =			B		Delta-p massima =			413	[Pa]	r.c.d. iniz. =
						Delta-p Soffiante =			20,39	[mm c.a.]	
						Delta-p Soffiante =			200	[Pa]	r.c.d. cale. =
2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
TRATTO	LOCALE	LUNGH.	TIPO	SEZIONE	ALTEZZA	PORTATA	PORTATA	PERD. SPEC.	DIAMETRO	BASE-DIAM.	DIAM-BASE
		[m]	CANALE		[mm]	[L/S]	[m³/h]	[Pa/m]	EQUIV [mm]	Teorico [mm]	[mm]
B1-A	Dep. NORD	0,20	Lamiera	Rettangolare	400	1583,33	5699,99	0,01	1424,39	3982	3990
B2-A	Dep. NORD	0,20	Lamiera	Rettangolare	400	1583,33	5699,99	0,01	1424,39	3982	3990
A-J		13,00	Lamiera	Rettangolare	850	3166,66	11399,98	0,01	1838,77	3123	3990
J-C		2,00	Lamiera	Rettangolare	850	3166,66	11399,98	0,01	1838,77	3123	3990
B6-C	PHADEC - Loc. Dep. Fusti Ossido	6,00	Lamiera	Rettangolare	150	300,00	1080,00	0,01	771,75	3117	3120
C-D		9,00	Lamiera	Rettangolare	850	3466,66	12479,98	0,01	1901,12	3338	3990
B7-D	PHADEC - Loc. Termolisi	6,00	Lamiera	Rettangolare	100	213,89	770,00	0,01	681,32	3644	3650
D-E		7,50	Lamiera	Rettangolare	850	3680,55	13249,98	0,01	1943,52	3488	3990
E-F		7,00	Lamiera	Rettangolare	1100	3680,55	13249,98	0,01	1943,52	2696	3990
B8-G	MCC Area	0,20	Lamiera	Rettangolare	600	1761,11	6340,00	0,01	1481,34	2871	2880
B9-G	MCC Area	0,20	Lamiera	Rettangolare	600	1758,33	6329,99	0,01	1480,47	2868	2870
B14-G	SGM	0,20	Lamiera	Rettangolare	600	1336,95	4813,02	0,01	1338,34	2343	2350
G-F		5,00	Lamiera	Rettangolare	500	4856,39	17483,00	0,01	2152,50	7274	7280
B3-H	Dep. Centrale	0,20	Lamiera	Rettangolare	600	1436,11	5170,00	0,01	1374,09	2470	2480
B4-H	Dep. Centrale	0,20	Lamiera	Rettangolare	600	1436,11	5170,00	0,01	1374,09	2470	2480
B5-H	Dep. Centrale	0,20	Lamiera	Rettangolare	600	1436,11	5170,00	0,01	1374,09	2470	2480
H-F		18,00	Lamiera	Rettangolare	1000	4308,33	15509,99	0,01	2059,61	3330	3330
F-L		13,00	Lamiera	Rettangolare	1100	12845,27	46242,97	0,01	3080,11	6770	7280
L-M		7,00	Lamiera	Rettangolare	1100	12845,27	46242,97	0,01	3080,11	6770	7280
B10-M	Area Eccitatrice	0,20	Lamiera	Rettangolare	600	1666,67	6000,01	0,01	1451,56	2757	2760
M-N		7,00	Lamiera	Rettangolare	1100	14511,94	52242,98	0,01	3221,70	7407	7410
B11-N	Area Eccitatrice	0,20	Lamiera	Rettangolare	600	1666,67	6000,01	0,01	1451,56	2757	2760
N-O		7,00	Lamiera	Rettangolare	1100	16178,61	58243,00	0,01	3353,36	8025	8030
B12-O	Area Eccitatrice	0,20	Lamiera	Rettangolare	600	1666,67	6000,01	0,01	1451,56	2757	2760
O-P		7,00	Lamiera	Rettangolare	1100	17845,28	64243,01	0,01	3476,70	8626	8630
B13-P	Area Eccitatrice	0,20	Lamiera	Rettangolare	600	1666,67	6000,01	0,01	1451,56	2757	2760
P-Q		3,50	Lamiera	Rettangolare	1100	19511,95	70243,02	0,01	3592,96	9213	9220
Q-U		110,00	Lamiera	Rettangolare	1700	19511,95	70243,02	0,01	3592,96	5961	9220

 Figura 40: Input della rete di ripresa con Dp -soffiante = 200 Pa e r.c.d.=10

1	2	3	4	5	6	7	8	9
			<u>U</u>		Delta-p massima =		42,14	[mm. c.a.]
			B		Delta-p massima =		410	[Pa]
					Delta-p Soffiante =		20,39	[mm c.a.]
					Delta-p Soffiante =		200	[Pa]

Figura 41: Valori iniziali e finali del Delta-p della soffiante

[illegible]

Figura 42: Input delle resistenze localizzate della rete di ripresa

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
r.c.d. iniz.=	-			Altitudine =	100,00	m	Peso Lamiera	26544,92	kg - m²	3903,66
				T mandata=	18,00	*C	Peso Alluminio	0,00	kg - m²	0,00
r.c.d. calc.=	233,460			T ripresa=	26,00	*C	Peso Fibra	0,00	kg - m²	0,00
13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
DIAM-BASE	VELOCITA	PERD SPEC	PERD SPEC	PERD DIST	PERD CONC	P COMP DIS	P TOT	P CIRC	P CIRC	DP MILAN
[mm]	[m/s]	[mm c. a. l/m]	[Pa/m]	[Pa]	[Pa]	r.c.d	[Pa]	[Pa]	[mm c. a. l]	[Pa]
3990	1,39	0,00	0,01	0,00	1,27	614,53	1,28	-5,02	-0,51	1092,14
3990	1,39	0,00	0,01	0,00	1,27	614,53	1,28	-10,03	-1,02	1032,49
3990	1,14	0,00	0,00	0,06	-56,43	-1024,29	-56,38			
3990	1,14	0,00	0,00	0,01	0,55	64,75	0,56			
3120	1,06	0,00	0,01	0,09	1,27	14,63	1,35	40,77	4,16	372,59
3990	1,25	0,00	0,00	0,04		0,00	0,04			
3650	1,10	0,00	0,02	0,12	1,37	11,73	1,49	91,53	9,33	321,83
3990	1,33	0,00	0,01	0,04		0,00	0,04			
3990	0,99	0,00	0,00	0,02	1,39	72,86	1,41			
2880	1,25	0,00	0,01	0,00	1,02	684,61	1,03	143,18	14,60	270,18
2870	1,25	0,00	0,01	0,00	1,03	683,59	1,03	194,83	19,86	218,54
2350	1,13	0,00	0,01	0,00	0,83	606,20	0,83	246,48	25,12	166,89
7280	2,03	0,00	0,01	0,07	2,27	34,31	2,34			
2480	1,16	0,00	0,01	0,00	0,88	625,99	0,88	240,61	24,53	172,75
2480	1,16	0,00	0,01	0,00	0,88	625,99	0,88	234,75	23,93	178,62
2480	1,16	0,00	0,01	0,00	0,88	625,99	0,88	228,88	23,33	184,48
3330	1,50	0,00	0,01	0,12	-55,30	-447,79	-55,17			
7280	2,08	0,00	0,01	0,10	0,68	6,58	0,78			
7280	2,08	0,00	0,01	0,06	0,76	13,61	0,81			
2760	1,23	0,00	0,01	0,00	0,99	667,82	0,99	276,60	28,20	136,77
7410	2,32	0,00	0,01	0,07	0,94	13,96	1,00			
2760	1,23	0,00	0,01	0,00	0,99	667,82	0,99	323,31	32,96	90,06
8030	2,42	0,00	0,01	0,07	1,02	14,61	1,09			
2760	1,23	0,00	0,01	0,00	0,99	667,82	0,99	368,93	37,61	44,44
8630	2,52	0,00	0,01	0,07	1,11	15,21	1,18			
2760	1,23	0,00	0,01	0,00	0,99	667,82	0,99	413,36	42,14	0,00
9220	2,61	0,00	0,01	0,04	1,37	36,32	1,41			
9220	1,56	0,00	0,00	0,34	42,69	125,67	43,03			

Figura 43: Risultati di calcolo della rete di ripresa aria

Inoltre la portata totale ' pari a 70243 m³/h.

I risultati ottenuti dovrebbero immediatamente **allarmare** il Progettista perché sono decisamente non accettabili per i seguenti motivi:

- **La lunghezza totale** del circuito più sfavorito è pari a **209.2 m** e quindi si tratta di una rete estesa. In tali condizioni, con l'ipotesi di **r.c.d.=10 iniziale**, si ha $\Delta p_d = 200/(5+1) = 33.33$ Pa e quindi $\psi_m = 33.33/209.2 = 0.159$ Pa/m. Questo valore è molto basso e per rispettarlo occorre avere velocità basse e, conseguentemente, dimensioni considerevoli;
- **La portata totale** è pari a **70234.02 m³/h**. Un semplice calcolo iniziale può dare già un'idea delle dimensioni massime dei canali. Supponendo una velocità di 2 m/s si ha, per l'equazione di continuità:

$$S = \frac{\dot{V}}{w} = \frac{70234.02 / 3600}{2} = 9.754 \text{ m}^2$$

Ne consegue che ipotizzando un'altezza di 1100 mm si avrebbe una larghezza di 8872 mm, comparabili con i risultati di calcolo.

Di conseguenza il valore della prevalenza utile appare troppo basso e non corretto. Essendo troppo basso si hanno velocità basse e quindi dimensioni grandi.

Se imponiamo una $\Delta p_u = 1400$ Pa e un r.c.d. = 210 (suggerito dal calcolo precedente) si ottengono i risultati di Figura 44.

r.c.d. iniz.=					Altitudine =	100,00	m	Peso Lamiera	14244,00	kg - m ²	2094,71
					T mandata=	18,00	*C	Peso Alluminio	0,00	kg - m ²	0,00
r.c.d. calc.=	209,320				T ripresa=	26,00	*C	Peso Fibra	0,00	kg - m ²	0,00
13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	
DIAM-BASE	VELOCITA'	PERD. SPEC.	PERD. SPEC.	PERD. DIST.	PERD. CONC.	P. CONIP. DIS.	P. TOT.	P. CIRC.	P. CIRC.	DP BILANC.	
[mm]	[m/s]	[mm c. a. /m]	[Pa/m]	[Pa]	[Pa]	r.c.d.	[Pa]	[Pa]	[mm c. a.]	[Pa]	
1810	2,66	0,01	0,05	0,01	4,63	470,75	4,64	30,62	3,12	785,18	
1810	2,66	0,01	0,05	0,01	4,63	470,75	4,64	61,23	6,24	754,57	
1810	2,27	0,00	0,02	0,29	-54,26	-186,72	-53,97				
1810	2,27	0,00	0,02	0,04	2,18	48,68	2,22				
1420	1,96	0,01	0,06	0,38	4,35	11,41	4,73	143,60	14,64	672,20	
1810	2,49	0,00	0,03	0,24		0,00	0,24				
1660	2,02	0,01	0,08	0,50	4,62	9,19	5,12	225,73	23,01	590,07	
1810	2,64	0,00	0,03	0,22		0,00	0,22				
1810	2,00	0,00	0,02	0,11	5,73	54,35	5,83				
1310	2,48	0,00	0,04	0,01	4,03	516,04	4,04	310,09	31,61	505,71	
1310	2,48	0,00	0,04	0,01	4,02	515,89	4,02	394,45	40,21	421,35	
1070	2,27	0,00	0,04	0,01	3,37	454,92	3,37	478,81	48,81	336,99	
3310	3,81	0,01	0,06	0,30	7,98	26,33	8,29				
1130	2,31	0,00	0,04	0,01	3,51	470,53	3,52	506,12	51,59	309,68	
1130	2,31	0,00	0,04	0,01	3,51	470,53	3,52	533,43	54,38	282,37	
1130	2,31	0,00	0,04	0,01	3,51	470,53	3,52	560,75	57,16	255,05	
1520	3,05	0,00	0,04	0,69	-49,45	-71,99	-48,77				
3310	4,04	0,00	0,04	0,52	2,56	4,96	3,08				
3310	4,04	0,00	0,04	0,28	2,85	10,26	3,13				
1260	2,43	0,00	0,04	0,01	3,87	503,59	3,88	630,61	64,28	185,19	
3370	4,50	0,00	0,05	0,34	3,53	10,52	3,87				
1260	2,43	0,00	0,04	0,01	3,87	503,59	3,88	696,61	71,01	119,19	
3650	4,68	0,01	0,05	0,35	3,82	11,02	4,17				
1260	2,43	0,00	0,04	0,01	3,87	503,59	3,88	758,44	77,31	57,36	
3920	4,85	0,01	0,05	0,36	4,11	11,49	4,47				
1260	2,43	0,00	0,04	0,01	3,87	503,59	3,88	815,80	83,16	0,00	
4190	5,01	0,01	0,05	0,18	5,04	27,46	5,23				
4190	3,07	0,00	0,02	1,75	50,38	28,74	52,14				

Figura 44: Risultati finali con $\Delta p_u = 1400$ Pa e r.c.d. = 210

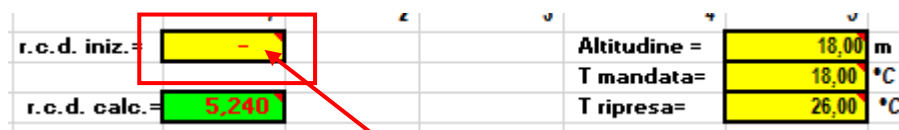
Si osserva subito che le dimensioni reali sono quasi dimezzate (1700 x 4190 mm) , la velocità massima è **5.01 m/s** (per i canali di ripresa è un valore accettabile) e Δp – Soffiante calcolato è **816 Pa**.

Hanno avuto peso notevole le perdite localizzate dei singoli tratti e le variazioni di quota (una variazione di - 10 m equivale a 121 Pa).

Come si è visto, operando per tentativi e correggendo la scelta iniziale si è pervenuti ad un progetto ottimizzato della rete aerea.

2.3.4 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.



r.c.d. iniz. =	-	Altitudine =	18,00 m
r.c.d. calc. =	5.240	T mandata =	18,00 °C
		T ripresa =	26,00 °C

Figura 45: Selezione delle ipotesi di calcolo

Il primo 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 soffiante destinato alle perdite distribuite. In fase di inizializzazione (vedi capitolo precedente per l'algoritmo di calcolo con il metodo a ψ =cost) il programma pone di default **r.c.d.=5**.

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 20% della prevalenza della soffiante per le perdite distribuite ed l'80% 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 basse perdite localizzate e che quindi il Δp della soffiante va a compensare prevalentemente le perdite distribuite. Ciò comporta 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 canale 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 soffiante (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 delle dimensioni reali più piccole e quindi il bilanciamento è più oneroso. In questo caso si può ripetere il calcolo dei diametri equivalenti teorici partendo da un r.c.d. imposto più realistico.

2.3.5 SELEZIONE DELLE TEMPERATURE DI LAVORO

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

Altitudine =	18,00	m
T mandata=	18,00	°C
T ripresa=	26,00	°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 mandata** dell'acqua nei circuiti. Il secondo valore è la **T ripresa** della rete di ripresa.

Il programma calcola le proprietà termofisiche dell'aria (ρ , ν , μ) in funzione delle temperature. Si osservi che nel foglio **Parametri_Fisici** si ha un riquadro più dettagliato dei risultati di calcolo delle proprietà termofisiche dell'aria, come riportato nella seguente figura.

DATI DI INPUT PER L'ARIA NELLA RETE			DATI DI CALCOLO PER LA RETE		
Temperatura di mandata aria	C	18,00	Viscosità dinamica mandata	Pa s	1,62E-05
Temperatura di ripresa aria	°C	26,00	Viscosità dinamica ripresa	Pa s	1,59E-05
			Densità mandata	kg/m³	1,21
			Densità ripresa	kg/m³	1,19
			Viscosità cinematica mandata	m²/s	1,337E-05
			Viscosità cinematica ripresa	m²/s	1,337E-05

Figura 47: Riepilogo delle proprietà termofisiche dell'aria

Nei calcoli vengono utilizzati i valori medi della densità e della viscosità cinematica calcolate con le temperature indicate. Un altro parametro generale è l'**Altitudine** in metri. Il programma effettua la correzione della densità in funzione di questo dato. Ci si può accorgere di questa correzione lanciando la fase **Bilancia** dopo aver cambiato l'altitudine. Si tenga presente che si ha un effetto sensibile oltre i 100 m di altezza.

Osservazione sulla scelta delle temperature

La variazione della densità e della viscosità cinematica influenza il calcolo del fattore di attrito e delle perdite distribuite e localizzate. Pertanto è opportuno fornire correttamente questi valori.

2.3.6 OSSERVAZIONE DI PARAMETRI DI INPUT

Qualunque siano i parametri di calcolo inizialmente presenti nelle righe di settaggio sopra descritte l'Utente può variarne i 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.

E' possibile cambiare qualunque parametro di calcolo nella stessa finestra, con aggiornamento automatico delle celle corrispondenti 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 di selezione delle dimensioni finali (colonna M) e pertanto cambiare questi parametri può comportare una discrepanza con le ipotesi di calcolo adoperate nella prima fase. Tuttavia i risultati sono coerenti con le ipotesi di calcolo selezionate al momento dell'avvio.

Il programma effettua un ricalcolo più preciso delle grandezze di progetto (perdita specifica, velocità dell'aria, 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 delle dimensioni reali presenti nella colonna delle dimensioni **DIAM-BASE**, 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.

Calcolo dei diametri equivalenti delle reti aerauliche

Questa fase effettua il calcolo dei diametri nominali di tutti i circuiti della rete. Si possono anche scegliere i canali con dimensioni di base 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.

5 r.c.d. imposto

50 Delta_p della soffiante (Pa)

18 Temperatura di mandata (°C)

26 Temperatura di ritorno (°C)

Avvia il calcolo delle reti Aerauliche

☐ Solo calcolo iniziale

☐ Con selezione dei canali

☒ Completo con bilanciamento

Rinuncia al calcolo

Figura 48: Finestra di lancio della fase di calcolo

Bilanciamento delle reti aerauliche

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 soffiante (Pa)

Temperatura di mandata (°C)

Temperatura di ripresa (°C)

Avvia il bilanciamento delle reti

Uscita dal Bilanciamento

Figura 49: Finestra di lancio della fase di bilanciamento

DIAM-BASE	VELOCITA	PERD. SPEC.	PERD. SPEC.	PERD. DIST.	PERD. CONC.	P. COMP. DIS.	P. TOT.	P. CIRC.	P. CIRC.	DP BILANC.
[mm]	[m/s]	[mm c. a. /m]	[Pa/m]	[Pa]	[Pa]	r.c.d.	[Pa]	[Pa]	[mm c. a.]	[Pa]
260	2,88	0,03	0,26	2,57	-4,11	-1,60	-1,54			
210	2,54	0,02	0,23	1,86	2,87	1,55	4,73			
160	1,34	0,01	0,09	0,70	0,80	1,14	1,49			
140	2,60	0,04	0,43	0,43	4,47	10,27	4,90	3,36	0,34	61,10
180	2,36	0,03	0,27	0,27	3,68	13,69	3,95	7,14	0,73	57,32
160	1,99	0,02	0,23	0,23	2,62	11,45	2,85	7,53	0,77	56,93
150	2,32	0,02	0,24	0,24	2,09	8,58	2,33	39,69	4,05	24,77
150	2,32	0,02	0,24	0,24	2,09	8,58	2,33	64,46	6,57	0,00
150	2,32	0,02	0,24	3,89	3,50	0,90	7,39			
250	2,78	0,03	0,25	2,46	22,31	9,05	24,77			

Figura 50: Risultati della fase di bilanciamento

2.3.7 INPUT DEL FATTORI DI DARCY PER LE PERDITE LOCALIZZATE

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

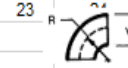
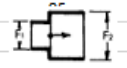



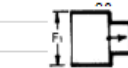


							
FATTORE C	FATTORE C	FATTORE C	FATTORE C	FATTORE C	FATTORE C	FATTORE C	FATTORE C
$0.2963 \cdot \alpha - 1.674$	$-0.438 \cdot \ln(\alpha) - 0.0072$	1,25	0,9	$0.0004 \cdot \alpha^2 + 0.0385 \cdot \alpha - 0.068$	1	$0.2125 \cdot \alpha^2 - 0.8875 \cdot \alpha + 0.6125$	0,1
					31	32	33
CURVA 90°	ALLARG. BRUSCO	IMBOCCO	IMBOCCO	ALLARGAM. GRADUALE	SBOCCO	RESTRING. BRUSCO	RESTRINGIMENTO GRADUALE
N	$0 < R/W < 2$	$0 < F1/F2 < 0.8$	RETTANG. CIRCOLARE	$5 < \alpha < 45$ (Gradi)	RETT. O CIRC.	$0.2 < A2/A1 < 0.8$	GRADUALE N

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 di alcune delle resistenze localizzate.

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. Per alcune tipologie di perdite localizzate si richiedono parametri dimensionali (ad esempio il rapporto R/W) in base ai quali vengono calcolati i fattori di Darcy con l'ausilio di correlazioni sperimentali indicate nella stessa testata delle perdite localizzate.

Ciò significa che a priori questi rapporti non sono noti non conoscendo, ad esempio, la W (larghezza del canale) o R (raggio di curvatura di un gomito). Pertanto si può inizialmente indicare un valore di primo tentativo per poi correggerlo in base alle dimensioni finali reali dei canali e delle curvature. Si forniranno ulteriori notizie su quest'argomento discutendo dell'input assistito (fase **Riepiloga**).

2.4 INPUT DEI DATI DELLA RETE AEREAULICA

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. In pratica si digitano i valori di input indicati nelle testate delle colonne direttamente nel foglio di calcolo usando le peculiarità di Excel.

E' possibile digitare i dati nelle prime 7 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 52: Menu Riepiloga

Discuteremo più dettagliatamente della procedura assistita più avanti.

The image shows a software window titled 'RIEPILOGO ED IMMISSIONE DATI'. It contains several input fields and buttons. On the left, there are fields for 'Nome Tratto', 'Lunghezza [m]', 'Portata [l/s]', and 'Portata [m³/h]'. In the center, there are fields for 'Nome del Locale', 'Materiale Canale', and 'Sezione Canale'. On the right, there is a list of pipe fittings with corresponding dropdown menus: 'Curva a 90°', 'Allargamento brusco', 'Imbocco Rettangolare', 'Imbocco Circolare', 'Allargamento graduale (angolo)', 'Stacco Rettangolare o Circolare', 'Restringimento Brusco (A2/A1)', 'Restringimento Graduato', 'Dilatazione Raccordata (R/D)', 'Dilatazione ad Angolo (angolo)', 'Dilatazione a Squadra', 'Biforcazione Rettangolare (R/W)', 'Biforcazione Circolare (R/W)', 'Bocchette o Diffusori (N)', 'Variazione di quota (m) + su - giù', 'Presenza di UTA', 'Fattore C aggiuntivo totale', and 'Caduta di pressione aggiuntiva [Pa]'. At the bottom, there are buttons for 'Precedente', 'Successivo', 'Crea riga nuova nella riga Attiva', 'Conferma Riga Selezionata', 'Cancella Riga Attiva', 'CHIUDI RIEPILOGO', and 'Calcola Dip UTA'. There is also a text box that says 'Per i soli rami terminali (colore ciano) è possibile digitare la portata in [l/s]' and a button 'Conferma dei Dati del Ramo'.

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

Prima si vuole illustrare 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 lento ma più sicuro perché maggiormente controllato.

2.4.1 INPUT DEI NOMI DEI TRATTI – 1° COLONNA

Dopo aver selezionato i prefissi per individuare la soffiante 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 della rete di mandata hanno sempre il nodo di destra contenente l'indicazione di un terminale, ad esempio C-B1.

I rami terminali della rete di ripresa hanno sempre il nodo di sinistra contenente l'indicazione di un terminale, ad esempio B5-F.

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 soffiante (ad esempio nodo **UTA**) a cui seguono i rami principali. Infine i rami terminali.

Preferenzialmente è opportuno non digitare 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 soffiante¹⁰.

Se si inverte quest'ordine il programma potrebbe ricostruire i circuiti non correttamente.

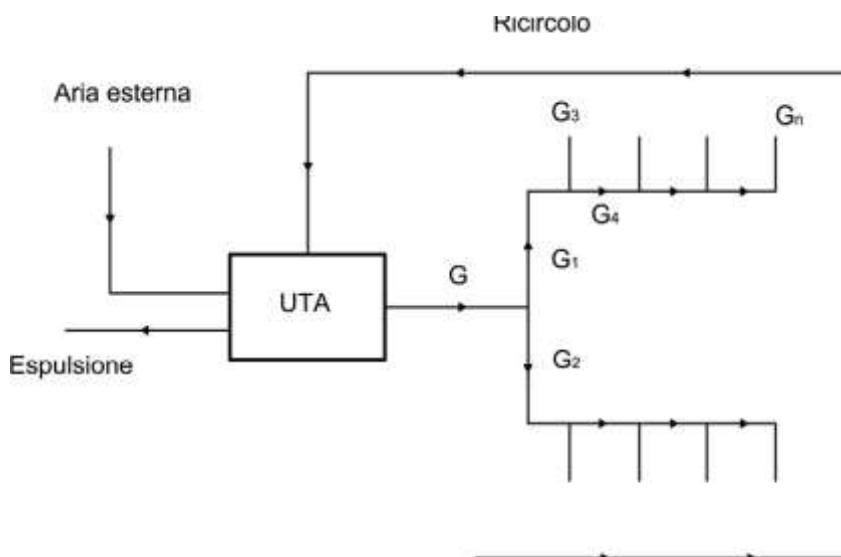


Figura 54: Schema unifilare di una rete di distribuzione dell'aria

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; STANZA, UFFICIO, ...) per individuare i terminali nel caso di reti complesse o come dato illustrativo dei singoli rami.

¹⁰ E' bene sempre iniziare con il primo ramo contenente la soffiante e rispettare il simbolismo prescelto. In pratica per ottimizzare la formazione dei circuiti la prima lettera della cella B9 deve essere il simbolo della soffiante. Si osserva che la ricerca dei rami viene effettuata su tutto il foglio attivo e pertanto l'ordine consigliato semplifica e velocizza la ricerca dei rami concatenati.

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.

Sempre a scopo mnemonico la prima colonna del foglio Excel (la A) è lasciata volutamente libera e può essere utilizzata dall'Utente per indicare riferimenti esterni, ad esempio *PIANO 1*, *PIANO 2*, ...

2.4.3 INPUT DELLE LUNGHEZZE DEI RAMI – 3° COLONNA

Per ciascun ramo occorre digitare la lunghezza (in *metri*) del ramo. Il programma controlla, in fase di calcolo, la correttezza formale dei dati segnalando i campi non numerici. Non vengono svolti altri controlli. Pertanto è opportuno porre attenzione sulla posizione della virgola.

Excel (in versione italiana) vuole la virgola come separatore dei decimali e pertanto se trova il punto segnala errore a meno che il punto decimale sia digitato nel tastierino numerico. In questo caso Excel trasforma automaticamente il punto decimale in virgola decimale.

La lunghezza dei rami viene utilizzata per calcolare la lunghezza complessiva dei circuiti per poi calcolare la ψ media e successivamente la caduta di pressione distribuita di ciascun ramo.

2.4.4 INPUT DEL TIPO DI CANALE – 4° COLONNA

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

- *Lamiera*,
- *Alluminio*,
- *Fibra*.

Nel primo caso si fa riferimento a canali in lamiera di acciaio. Nel secondo caso si fa riferimento a canali prefabbricati del tipo sandwich con pareti esterne in alluminio. Nel terzo caso si fa riferimento a materiali di vario tipo in fibre. Nell'ultimo capitolo si mostrerà come personalizzare la scelta dei materiali per i canali con nomi e dati funzionali (scabrezza assoluta e massa specifica) più aderenti a quelli desiderati.

Il programma assegna i nomi dei materiali mediante un menu a tendina che si attiva cliccando sul bordo destro superiore della cella.



Figura 55: menu a tendina per la selezione del tipo di materiale del canale

I valori sono memorizzati nella colonna B del foglio **Parametri_Fisici** che è possibile selezionare in basso a sinistra del foglio di calcolo. Si vedrà nell'ultimo capitolo come personalizzare queste voci importanti per il corretto funzionamento del programma.

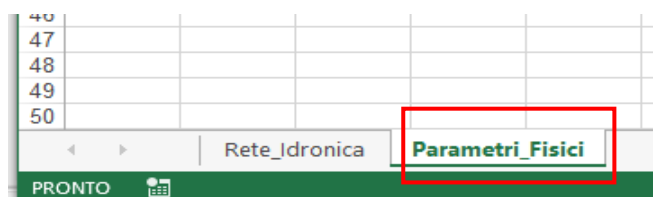


Figura 56: Scelta del foglio di calcolo

E' bene non modificare queste etichette, se proprio non necessario, poiché il programma effettua le scelte di calcolo in funzione di questi nomi e dei dati ad essi attribuiti.

Osservazione sulla tipologia dei canali

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

Per evitare di commettere errori di digitazione (il programma confronta la stringa presente nella cella con quelle memorizzate nelle linee di codice) è bene usare il menu a tendina che compare in alto a destra di ciascuna cella. In questo modo si evitano possibili errori di digitazione.

Si osservi che i menu a tendina per i materiali sono attivi nella colonna E del foglio principale.

Se si desidera assegnare la stessa tipologia di materiale, ad es. *Lamiera*, a più rami si può copiare il valore della prima cella che indica questo valore sulle altre. Questo consente di velocizzare molto i tempi di input dei dati.

2.4.5 INPUT DELLA TIPOLOGIA DI SEZIONE – 5° COLONNA

E' possibile selezionare tre tipologie di sezioni dei canali:

- *Rettangolare, Circolare, Ellittica.*

Anche in questo caso è bene utilizzare il menu a tendina ottenibile cliccando sull'angolo in alto a destra della cella.



Figura 57: Menu a tendina per la selezione del tipo di sezione del canale

Vale quanto detto per la tipologia dei materiali e cioè è possibile copiare il valore di una cella nelle altre celle con lo stesso valore.

Le tipologie di sezione non sono personalizzabili e pertanto non cambiare mai i valori riportati nel foglio **Parametri_Fisici**.

	Scabrosità	Densità
Tipologie Canali		kg/dm³
Lamiera	0,003	6,8
Alluminio	0,007	2,75
Fibra	0,007	1,25
Tipologie Sezioni		
Rettangolare		
Circolare		
Ellittica		
Velocità massima limite (m/s)	8	
Velocità massima rami terminali (m/s)	2	

Figura 58: Tipologie di materiali e di sezioni nel foglio Parametri_Fisici

2.4.6 INPUT DELL'ALTEZZA MASSIMA – 6° COLONNA

I canali dell'aria hanno solitamente dimensioni significative che possono porre problemi impiantistici e di compatibilità architettonica. Il programma consente di indicare la **dimensione massima** (l'altezza per la sezione rettangolare, per quella ellittica è il diametro minore e per quella circolare è il diametro) in **millimetri**¹¹ che ciascun ramo può avere.

Non viene effettuato alcun controllo sul valore digitato. In caso di assenza del dato viene assunta un'altezza di default pari a 200 mm.

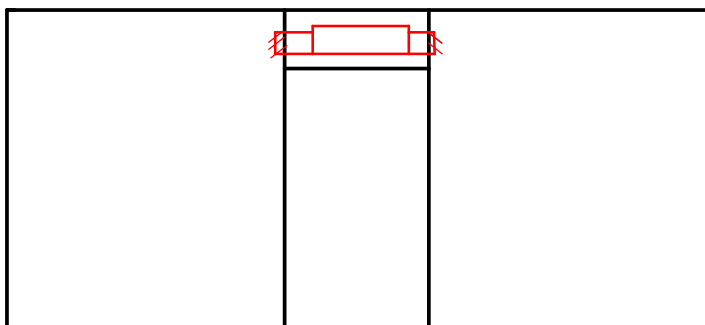


Figura 59: Esempio di sezione di passaggio dei canali in un corridoio

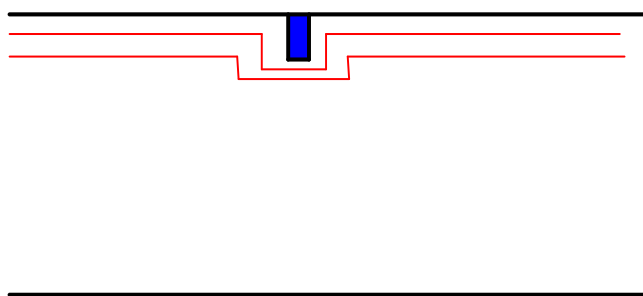


Figura 60: Restringimento dei canali per lo scavalco di travi a taglio

2.4.7 INPUT DELLA PORTATA DEI RAMI TERMINALI – 7° COLONNA

Occorre ora fornire le portate di aria 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 perché questi vengono comunque ignorati in fase di calcolo.

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.

Le portate d'aria da indicare per ciascun terminale deve essere espresso in **L/s**. Nel caso di input manuale questa **l'unica unità di misura accettata**.

Va comunque osservato che si può digitare una formula, ad esempio **=50/3,6** per avere la portata espressa in m^3/h trasformata in L/s . nel caso di input assistito si ha la possibilità, per i soli rami terminali, di digitare la portata anche in m^3/h . Tale valore viene immediatamente convertito e trascritto in L/s .

¹¹ Si ricordi che dimensioni dei canali sono sempre indicate in **millimetri**. Il programma, nei calcoli, effettua sempre le necessarie trasformazioni di unità in metri.

RIEPILOGO ED IMMISSIONE DATI

Nome Tratto:

Lunghezza [m]:

Portata (L/s):

Portata (m³/h):

Nome del Locale:

Materiale Canale:

Sezione Canale:

Curva a 90°: 0 < R/W < 2

Allargamento brusco:

Imbocco Rettangolare:

Imbocco Circolare:

Allargamento graduale (angolo):

Sbocco Rettangolare o Circolare:

Restringimento Brusco (A2/A1):

Restringimento Graduato:

Diramazione Raccordata (R/D):

Diramazione ad Angolo (angolo):

Diramazione a Squadra:

Biforcazione Rettangolare (R/W):

Biforcazione Circolare (R/W):

Bocchette o Diffusori (N):

Variazione di quota (m) + su - giù:

Presenza di UTA: Dp dell'UTA:

Fattore C aggiuntivo totale:

Caduta di pressione aggiuntiva [Pa]:

Per i soli rami terminali (colore ciano) è possibile digitare la portata in [L/s].

Conferma dei Dati del Ramo

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. OK senza la riga va alla riga attiva

CHIUDI RIEPILOGO

Calcola Dp UTA

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

Conferma delle Perdite Localizzate

Figura 61: Input assistito e possibilità di digitare la portata in m³/h

Dopo l'input delle portate si ha la situazione indicata nella Figura 62 nella quale è ben visibile come le portate siano state digitate solo per i rami terminali.

Il programma riporta nella colonna I anche i valori in m³/h che possono risultare utili nei casi di valori richiesti in quest'unità di misura.

Si osservi che la colonna I ha la testa in verde per indicare che in essa si hanno sempre valori calcolati e non immessi dall'Utente.

TRATTO	PORTATA [L/S]	PORTATA PI [m³/h]
UTA-A	140,00	
A-C	85,00	
C-D	40,00	
A-B1	55,00	50,00
C-B2	45,00	40,00
D-B3	40,00	50,00
B4-E	65,00	60,00
B5-F	65,00	90,00
E-F	65,00	
F-UTA	130,00	

Figura 62: Input completo della rete aeraulica

2.4.8 INPUT DELLE TIPOLOGIE DI PERDITE LOCALIZZATE – COLONNE DA 25 A 43

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 AQ.

valori di default dei fattori c possono essere cambiati per il **progetto corrente** agendo direttamente sui valori indicati nella seconda riga (*in giallo*). Questo cambiamento ha effetto solo per il progetto in elaborazione o richiamato dall'archivio. Infatti, 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 un nuovo progetto la fase di inizializzazione *ripristina* nuovamente i valori memorizzati nel programma.

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

- *Digitare ALT F11* per aprire l'editor di Visual Basic for Application (vedi *Figura 67*);
- *Selezionare **Moduli***;



Figura 64: Selezione del modulo 1

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

```
Public Sub stampa_testate()  
  
    Inizializzazione.Hide  
    Application.ScreenUpdating = False  
    Sheets("Rete_Aeraulica").Select
```

Figura 65: Inizio del modulo 1

- *Ricercare il codice che assegna i valori di default ai fattori di Darcy, (vedi *Figura 68*);*
- *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.*

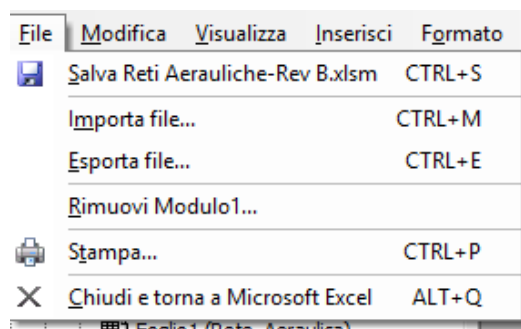


Figura 66: Menu di salvataggio dei file VBA

Si ribadisce che le modifiche effettuate sul codice sono libere ma a totale carico e responsabilità dell'Utente. Non si consiglia di effettuarle se non si è pienamente padroni degli strumenti di programmazione in VBA (o in qualunque altro linguaggio evoluto ad oggetti).

Input guidato

E' possibile avere un input guidato delle resistenza localizzate tramite la finestra di riepilogo attivabile dal menu **Riepiloga**. Si ha la situazione di *Figura 80*.

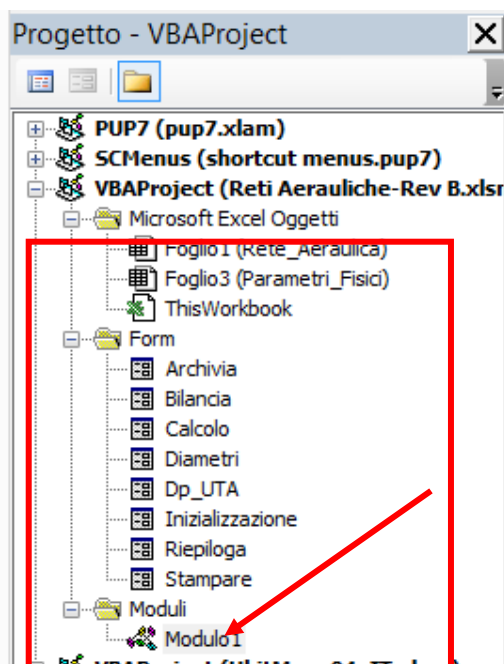


Figura 67: Finestra di VBA

L'Utente digiti nella tabella di Figura 81 il valore richiesto per le varie tipologie di resistenze localizzate, se presente, o il rapporto di riferimento indicato nella testata della finestra di input.

Per comodità si hanno anche le figure delle tipologie delle resistenze localizzate con le indicazioni dimensionali.

Perdite accidentali $\Delta p = K \times p_d$ (p_d riferita alla velocità nel punto \rightarrow)

INGRESSO E SCARICO																																																									
	<table><tr><td>K</td><td>○</td><td>0,9</td></tr><tr><td></td><td>□</td><td>1,25</td></tr></table>	K	○	0,9		□	1,25	<table><tr><td>K</td><td>○</td><td>0,5</td></tr><tr><td></td><td>□</td><td>0,7</td></tr></table>	K	○	0,5		□	0,7	<table><tr><td>R/D</td><td>0,25</td><td>0,5</td><td>0,75</td></tr><tr><td>K</td><td>0,2</td><td>0,1</td><td>0,05</td></tr></table>	R/D	0,25	0,5	0,75	K	0,2	0,1	0,05	<table><tr><td>α</td><td>15</td><td>30</td><td>45</td><td>60</td></tr><tr><td>K</td><td>0,5</td><td>0,3</td><td>0,3</td><td>0,4</td></tr></table>	α	15	30	45	60	K	0,5	0,3	0,3	0,4	K = 1																						
K	○	0,9																																																							
	□	1,25																																																							
K	○	0,5																																																							
	□	0,7																																																							
R/D	0,25	0,5	0,75																																																						
K	0,2	0,1	0,05																																																						
α	15	30	45	60																																																					
K	0,5	0,3	0,3	0,4																																																					
CURVE																																																									
	<table><tr><td>R/D</td><td>0,5</td><td>0,75</td><td>1</td><td>1,5</td><td>2</td></tr><tr><td>K</td><td>3 Seg</td><td>1,3</td><td>0,8</td><td>0,5</td><td>0,3</td><td>0,25</td></tr><tr><td></td><td>5 Seg</td><td>1,1</td><td>0,6</td><td>0,4</td><td>0,25</td><td>0,20</td></tr></table>	R/D	0,5	0,75	1	1,5	2	K	3 Seg	1,3	0,8	0,5	0,3	0,25		5 Seg	1,1	0,6	0,4	0,25	0,20	<table><tr><td>α</td><td>10</td><td>30</td><td>45</td><td>60</td><td>90</td></tr><tr><td>K</td><td>○</td><td>0,05</td><td>0,2</td><td>0,5</td><td>0,7</td><td>1,2</td></tr><tr><td></td><td>□</td><td>0,1</td><td>0,3</td><td>0,7</td><td>1,-</td><td>1,4</td></tr></table>	α	10	30	45	60	90	K	○	0,05	0,2	0,5	0,7	1,2		□	0,1	0,3	0,7	1,-	1,4			<table><tr><td>R/W</td><td>0,5</td><td>0,75</td><td>1</td><td>1,5</td><td>2</td></tr><tr><td>K</td><td>1</td><td>0,5</td><td>0,25</td><td>0,15</td><td>0,1</td></tr></table>	R/W	0,5	0,75	1	1,5	2	K	1	0,5	0,25	0,15	0,1
R/D	0,5	0,75	1	1,5	2																																																				
K	3 Seg	1,3	0,8	0,5	0,3	0,25																																																			
	5 Seg	1,1	0,6	0,4	0,25	0,20																																																			
α	10	30	45	60	90																																																				
K	○	0,05	0,2	0,5	0,7	1,2																																																			
	□	0,1	0,3	0,7	1,-	1,4																																																			
R/W	0,5	0,75	1	1,5	2																																																				
K	1	0,5	0,25	0,15	0,1																																																				
BIFORCAZIONI																																																									
	<table><tr><td>R/W</td><td>0</td><td>0,2</td><td>0,4</td><td>0,6</td><td>0,8</td><td>1</td></tr><tr><td>K</td><td>1,4</td><td>1</td><td>0,8</td><td>0,9</td><td>1,1</td><td>1,2</td></tr></table>	R/W	0	0,2	0,4	0,6	0,8	1	K	1,4	1	0,8	0,9	1,1	1,2	<table><tr><td>R/W</td><td>0,5</td><td>0,75</td><td>1</td><td>1,5</td></tr><tr><td>K</td><td>○</td><td>1,1</td><td>0,6</td><td>0,4</td><td>0,25</td></tr><tr><td></td><td>□</td><td>1,-</td><td>0,5</td><td>0,25</td><td>0,15</td></tr></table>	R/W	0,5	0,75	1	1,5	K	○	1,1	0,6	0,4	0,25		□	1,-	0,5	0,25	0,15	<table><tr><td>α</td><td>15°</td><td>30°</td><td>45°</td><td>60°</td><td>90°</td></tr><tr><td>K</td><td>0,1</td><td>0,3</td><td>0,5</td><td>0,7</td><td>1,2</td></tr></table>	α	15°	30°	45°	60°	90°	K	0,1	0,3	0,5	0,7	1,2	<table><tr><td>R/D</td><td>0,5</td><td>0,75</td><td>1</td><td>1,5</td></tr><tr><td>K</td><td>1,3</td><td>0,9</td><td>0,8</td><td>0,6</td></tr></table>	R/D	0,5	0,75	1	1,5	K	1,3	0,9	0,8	0,6
R/W	0	0,2	0,4	0,6	0,8	1																																																			
K	1,4	1	0,8	0,9	1,1	1,2																																																			
R/W	0,5	0,75	1	1,5																																																					
K	○	1,1	0,6	0,4	0,25																																																				
	□	1,-	0,5	0,25	0,15																																																				
α	15°	30°	45°	60°	90°																																																				
K	0,1	0,3	0,5	0,7	1,2																																																				
R/D	0,5	0,75	1	1,5																																																					
K	1,3	0,9	0,8	0,6																																																					
CAMBIO DI SEZIONE																																																									
	<table><tr><td>α</td><td>15°-45°</td></tr><tr><td>K</td><td>0,1</td></tr></table>	α	15°-45°	K	0,1	<table><tr><td>α</td><td>5°</td><td>7,5°</td><td>10°</td><td>15°</td><td>22½°</td><td>30°</td><td>45°</td></tr><tr><td>K</td><td>0,15</td><td>0,2</td><td>0,25</td><td>0,40</td><td>0,6</td><td>0,8</td><td>0,9</td></tr></table>	α	5°	7,5°	10°	15°	22½°	30°	45°	K	0,15	0,2	0,25	0,40	0,6	0,8	0,9	<table><tr><td>F2/F1</td><td>0,2</td><td>0,4</td><td>0,6</td><td>0,8</td></tr><tr><td>K</td><td>0,45</td><td>0,3</td><td>0,2</td><td>0,1</td></tr></table>	F2/F1	0,2	0,4	0,6	0,8	K	0,45	0,3	0,2	0,1	<table><tr><td>F1/F2</td><td>0</td><td>0,2</td><td>0,4</td><td>0,6</td><td>0,8</td></tr><tr><td>K</td><td>1</td><td>0,7</td><td>0,4</td><td>0,2</td><td>0,1</td></tr></table>	F1/F2	0	0,2	0,4	0,6	0,8	K	1	0,7	0,4	0,2	0,1											
α	15°-45°																																																								
K	0,1																																																								
α	5°	7,5°	10°	15°	22½°	30°	45°																																																		
K	0,15	0,2	0,25	0,40	0,6	0,8	0,9																																																		
F2/F1	0,2	0,4	0,6	0,8																																																					
K	0,45	0,3	0,2	0,1																																																					
F1/F2	0	0,2	0,4	0,6	0,8																																																				
K	1	0,7	0,4	0,2	0,1																																																				

Tabella 2: Tipologia delle perdite localizzate


```

ActiveSheet.Cells(4, 25).Value = "FATTORE C"
ActiveSheet.Cells(4, 27).Value = "FATTORE C"
ActiveSheet.Cells(4, 28).Value = "FATTORE C"
ActiveSheet.Cells(4, 29).Value = "FATTORE C"
ActiveSheet.Cells(4, 30).Value = "FATTORE C"
ActiveSheet.Cells(4, 31).Value = "FATTORE C"
ActiveSheet.Cells(4, 32).Value = "FATTORE C"
ActiveSheet.Cells(4, 33).Value = "FATTORE C"
ActiveSheet.Cells(4, 34).Value = "FATTORE C"
ActiveSheet.Cells(4, 35).Value = "FATTORE C"
ActiveSheet.Cells(4, 36).Value = "FATTORE C"
ActiveSheet.Cells(4, 37).Value = "FATTORE C"
ActiveSheet.Cells(4, 38).Value = "FATTORE C"
ActiveSheet.Cells(4, 39).Value = "FATTORE C"
ActiveSheet.Cells(4, 39).Value = "FATTORE C"
ActiveSheet.Cells(4, 40).Value = "Dp"
ActiveSheet.Cells(4, 41).Value = "UTA"
ActiveSheet.Cells(4, 42).Value = "FATTORE C"
ActiveSheet.Cells(4, 43).Value = "Dp TOTALE"

' curva a 90 °
' allargamento brusco
' imbocco rettangolare
' imbocco circolare
' allargamento graduale
' sbocco rettangolare o circolare
' restringimento brusco
' registrazione graduale
' diramazione raccordata
' diramazione angolare
' diramazione a squadra
' biforcazione rettangolare
' biforcazione rettangolare
' biforcazione circolare
' bocchetta o diffusore
' altezza geometrica
' fattore C per l'UTA
' altre perdite con C totale
' perdite aggiuntive in Pa

' Valori dei fattori C per le perdite riferite al diametro inferiore

ActiveSheet.Cells(5, 25).Value = "0.2963*x^-1.674"
ActiveSheet.Cells(5, 27).Value = "-0.438*Ln(x)-0.0072"
ActiveSheet.Cells(5, 28).Value = 1.25
ActiveSheet.Cells(5, 29).Value = 0.9
ActiveSheet.Cells(5, 30).Value = "0.0004x^2+0.0385x-0.068"
ActiveSheet.Cells(5, 31).Value = 1
ActiveSheet.Cells(5, 32).Value = "0.2125x^2-0.8875x+0.6125"
ActiveSheet.Cells(5, 33).Value = 0.1
ActiveSheet.Cells(5, 34).Value = "0.7845x^-0.685"
ActiveSheet.Cells(5, 35).Value = "0.0676x^0.0438"
ActiveSheet.Cells(5, 36).Value = 1.4
ActiveSheet.Cells(5, 37).Value = "0.2868x^-1.771"
ActiveSheet.Cells(5, 38).Value = "0.2868x^-1.771"
ActiveSheet.Cells(5, 39).Value = "0.4172x^-1.353"
ActiveSheet.Cells(5, 39).Value = 1
ActiveSheet.Cells(5, 40).Value = "rgH"
ActiveSheet.Cells(5, 41).Value = ""
ActiveSheet.Cells(5, 42).Value = "C rw^2 /2"

' curva a 90 °
' allargamento brusco
' imbocco rettangolare
' imbocco circolare
' allargamento graduale
' sbocco rettangolare o circolare
' restringimento brusco
' registrazione graduale
' diramazione raccordata
' diramazione angolare
' diramazione a squadra
' biforcazione rettangolare
' biforcazione rettangolare
' biforcazione circolare
' bocchetta o diffusore
' altezza geometrica
' Dp per l'UTA
' altre perdite con C totale
    
```

Figura 68: Codice VBA che assegna i valori di default dei fattori di Darcy

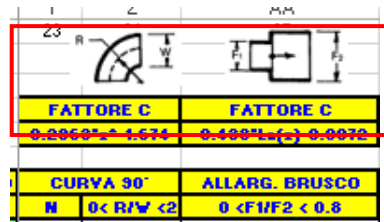


Figura 69: Indicazione grafica delle tipologie di perdite localizzate

In Figura 70 si ha un esempio di input completo delle resistenze localizzate dei singoli rami.

	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43
	FATTORE C	FATTORE C	FATTORE C	FATTORE C	FATTORE C	FATTORE C	FATTORE C	FATTORE C	FATTORE C	FATTORE C	FATTORE C	FATTORE C	FATTORE C	FATTORE C	FATTORE C	FATTORE C	FATTORE C	FATTORE C	FATTORE C	FATTORE C	FATTORE C	FATTORE C
	$0.2963 \cdot x^{-1.674}$	$-0.438 \cdot \ln(x) - 0.0072$	1.25	0.9	$0.0004x^2 + 0.0385x - 0.068$	1	$0.2125x^2 - 0.8875x + 0.6125$	0.1	$0.7845x^{-0.685}$	$0.0676x^{0.0438}$	1.4	$0.2868x^{-1.771}$	$0.2868x^{-1.771}$	$0.4172x^{-1.353}$	1	rgH						
TRATTO	CURVA 90°	ALLARG. BRUSCO	IMBOCO	IMBOCO	ALLARG. GRADUALE	SBOCO	RESTRING. BRUSCO	RESTRINGIMENTO	DIRAMAZ. RACCO	DIRAMAZ. ANG	DIRAMAZIONE	BIFORCAZ. RETT	BIFORCAZ. CIRC	BOCCHETTA	ALTEZZA	UTA	ALTRE	DP TOTALE				
	N	0 < F1/F2 < 0.8	RETTANG	CIRCOLARE	0 < F1/F2 < 0.8	RETT. O CIRC	0.2 < F1/F2 < 0.8	GRADUALE N	0.5 < F1/F2 < 1.5	0 < F1/F2 < 1.5	A SQUADRA	0 < F1/F2 < 1.5	0 < F1/F2 < 1.5	DIFFUSORE	H (m)	Dp Calcolato	Fatt. C	Pd				
UTA-A	2	100			25			1	0.8							-300	1					
A-C		0.50						1	0.70						100							
C-D		0.50						1	0.70						100							
A-B1		0.50		1																		
C-B1		0.50		1																		
D-B1		0.50		1																		
B-A-E		0.50		1							1											
B-C-F		0.50		1							1											
E-F	2	100		0.80								1										
F-UTA	2	100		0.80												300						

Figura 70: Input completo delle resistenze localizzate per una rete aerailica

Osservazioni sulle resistenze localizzate

Le perdite localizzate per i canali dell'aria presentano alcune difficoltà e complessità aggiuntive rispetto a quelle delle reti idroniche. Si tratta, infatti, di geometrie più complesse e variegate rispetto alle tubazioni: ora si hanno canali rettangolari, circolari ed ellittici.

Il calcolo delle perdite localizzate in alcuni casi è effettuato mediante il fattore di Darcy e in altri mediante un parametro dimensionale (solitamente un rapporto fra raggi di curvatura e lati o fra aree).

Il programma utilizza alcune correlazioni determinate dalle curve di tendenza dei dati numerici di calcolo (vedi anche la Tabella 2), come mostrato nelle figure seguenti.

Al fine di utilizzare i corretti valori dei parametri geometrici è opportuno digitare valori all'interno degli intervalli indicati nelle singole colonne. Valgono le regole di interpolazione. Al di fuori degli intervalli di calcolo *non si hanno risultati affidabili*.

Nel caso di input assistito il programma mette a disposizione, per ciascuna tipologia di perdita localizzata, dei menu a tendina opportunamente formati, all'interno dei quali è possibile selezionare valori corretti e controllati, vedi la Figura 72.

E' opportuno osservare che questi rapporti necessari per il calcolo delle perdite localizzate non sono a priori noti poiché non sono note le dimensioni dei canali nei quali le perdite insistono.

E' allora opportuno indicare i valori più usuali o i valori medi in un primo tentativo di bilanciamento della rete.

Alla fine si possono correggere i valori dimensionali con riferimento alle dimensioni definitive dei canali e lanciare la verifica finale.

Figura 71: Finestra di input guidato attivata dal menu **Riepilogo**

Curva a 90 ° 0 < R/W < 2

Allargamento brusco

Imbocco Rettangolare

Imbocco Circolare

Allargamento graduale (angolo)

Sbocco Rettangolare o Circolare

Restringimento Brusco (A2/A1)

Restringimento Graduato

Diramazione Raccordata (R/D)

Diramazione ad Angolo (angolo)

Diramazione a Squadra

Biforcazione Rettangolare (R/W)

Biforcazione Circolare (R/W)

Bocchette o Diffusori (N)

Variazione di quota (m) + su - giù

Presenza di UTA Dp dell' UTA

Fattore C aggiuntivo totale

Caduta di pressione aggiuntiva [Pa]

Figura 72: Input assistito delle resistenze localizzate

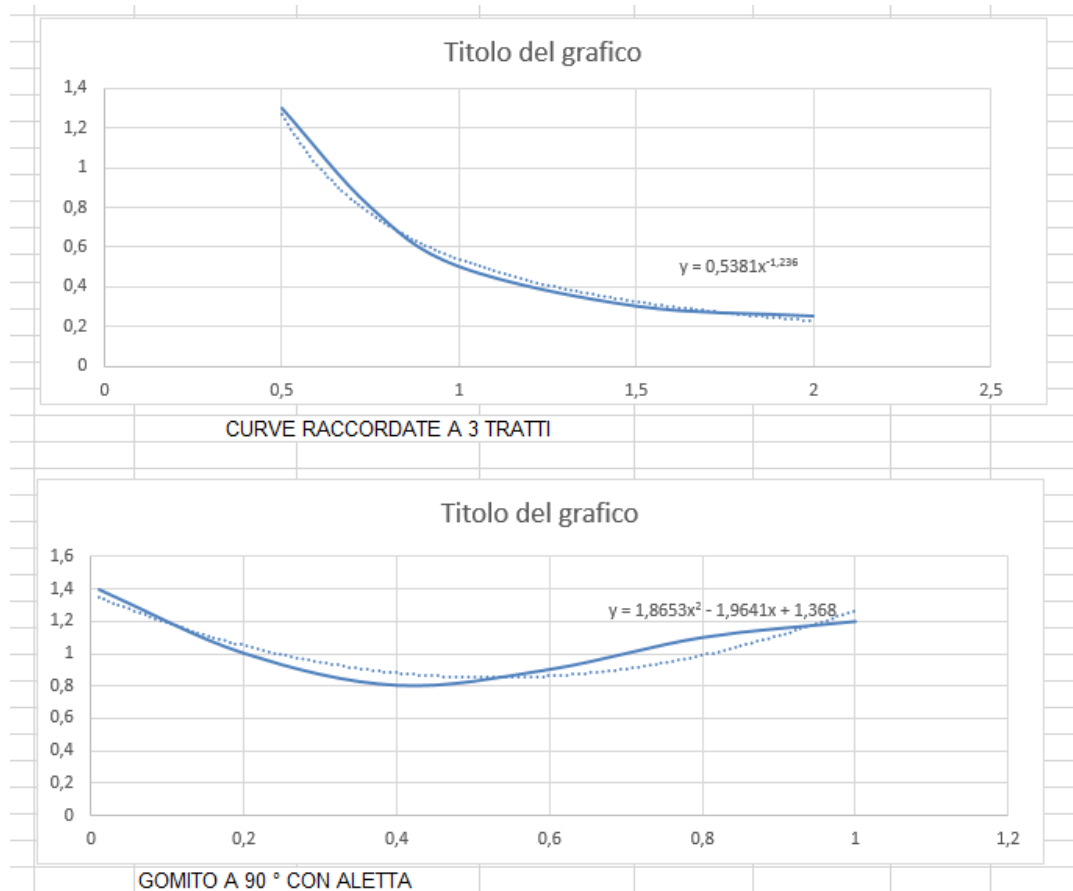


Figura 73: Correlazioni utilizzate per alcune resistenze localizzate

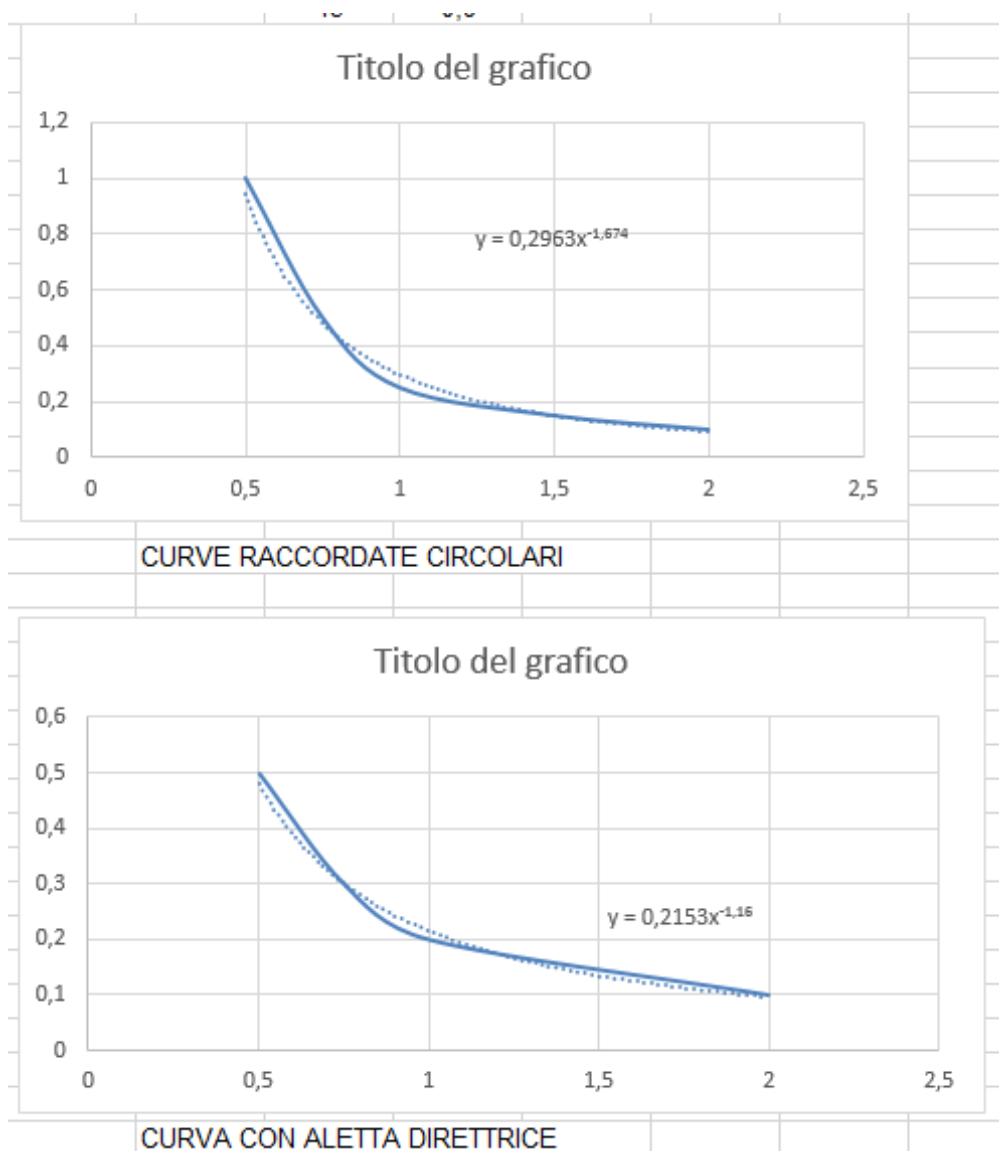


Figura 74: Correlazioni per il calcolo di alcune resistenze localizzate

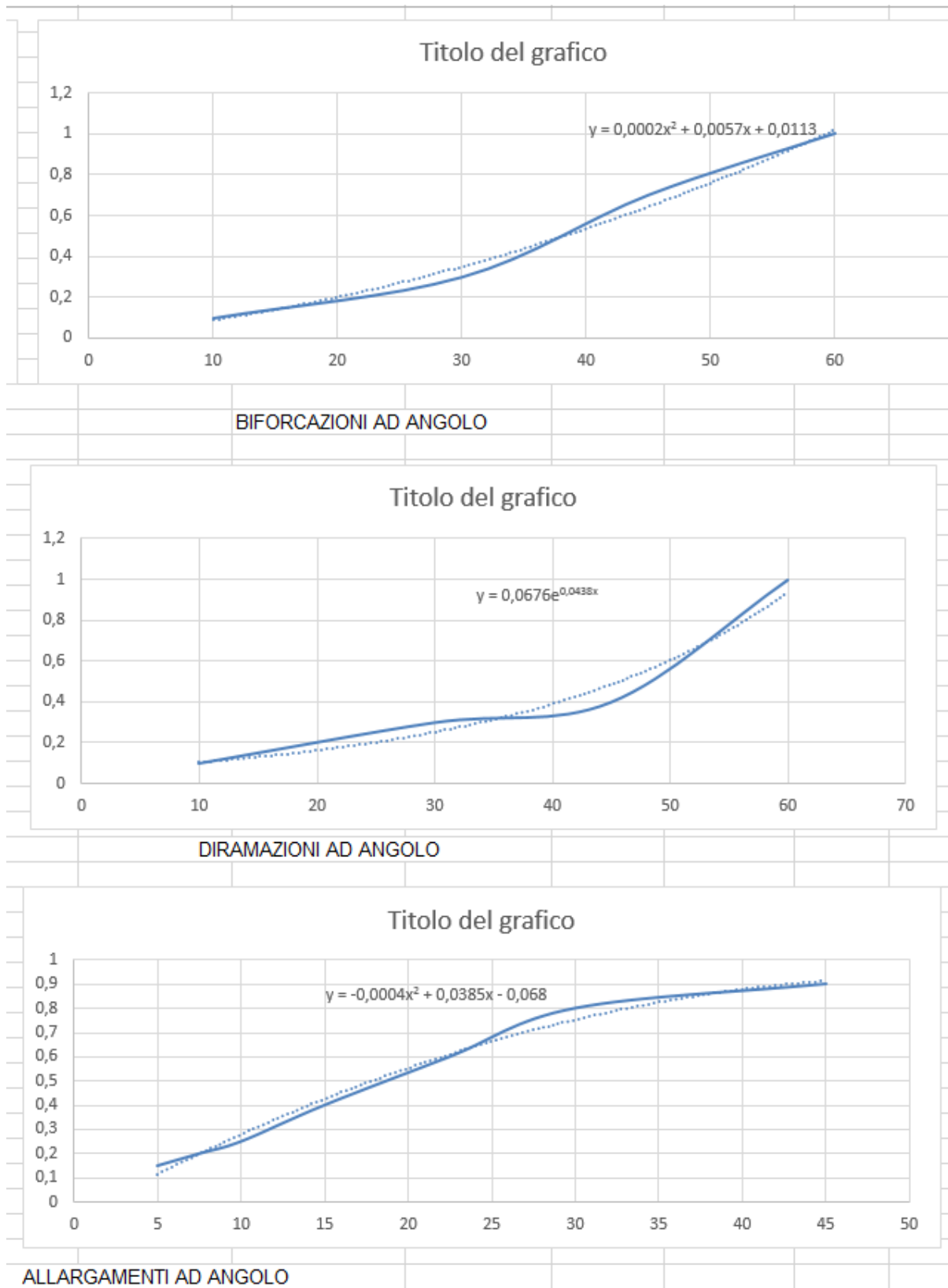


Figura 75: Correlazioni per il calcolo di alcune resistenze localizzate

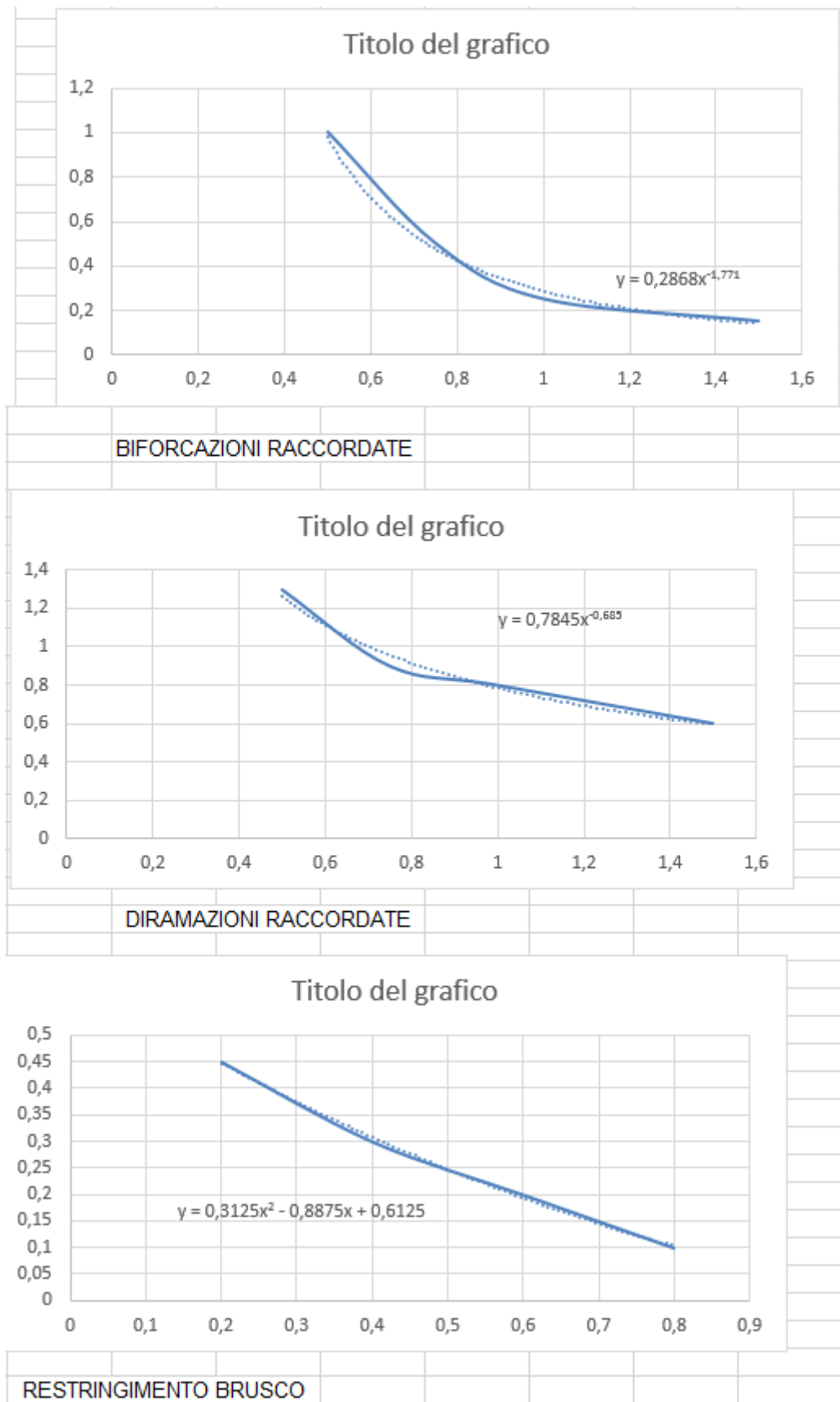


Figura 76: Correlazioni per il calcolo di alcune resistenze localizzate

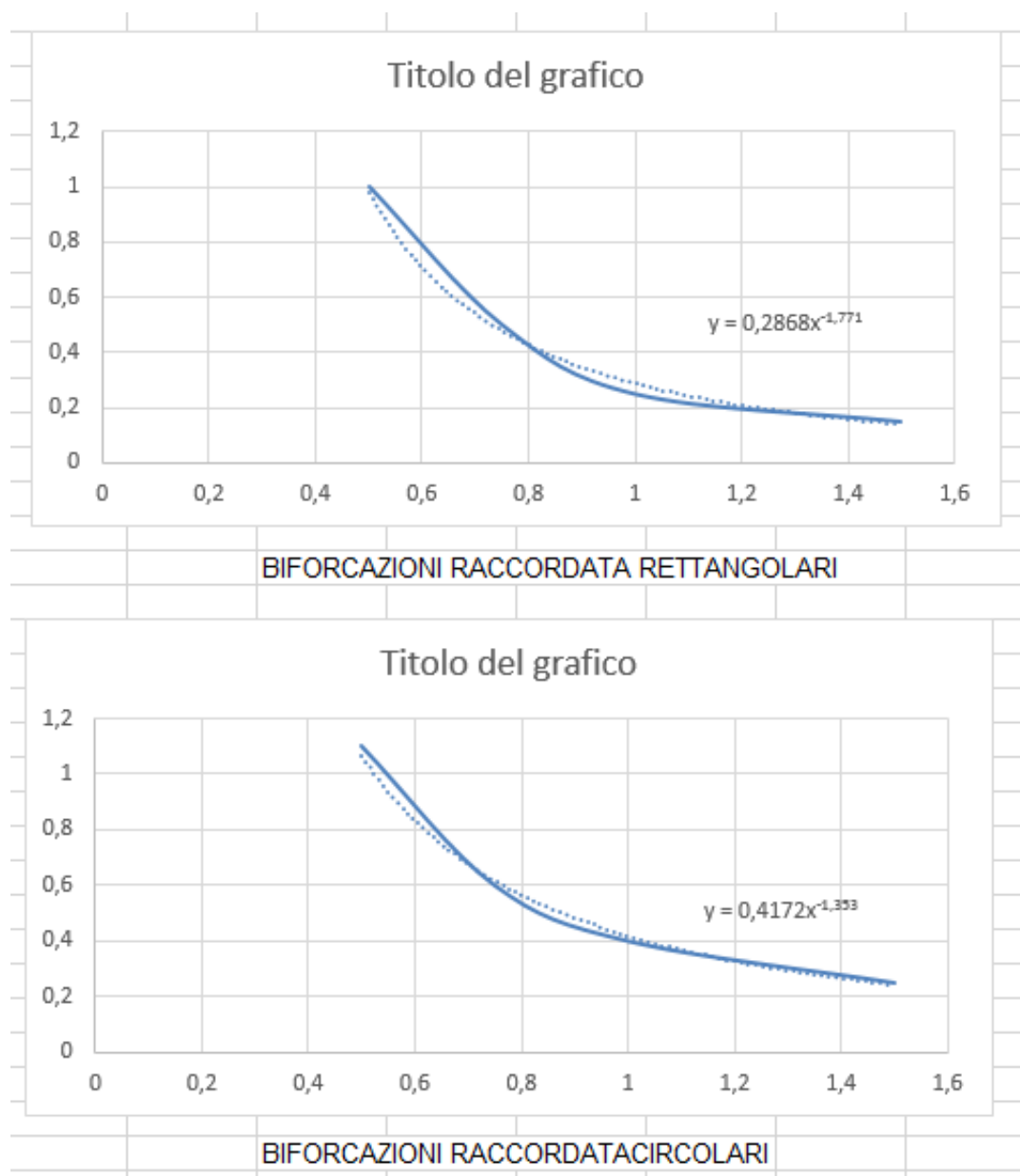


Figura 77: Correlazioni per il calcolo di alcune resistenze localizzate

Perdite di pressione per l'UTA

Il programma prevede anche il calcolo delle perdite di pressione per le UTA. Va precisato che in genere si effettua il dimensionamento della rete a prescindere dall'UTA. In questo caso si indica solo la cosiddetta Δp_{utile} della soffiante, necessaria per bilanciare le perdite totali di pressione della rete di distribuzione.

I costruttori delle UTA poi forniscono una soffiante che, oltre al Δp_{utile} indicato, sia in grado di soddisfare le perdite interne dell'UTA in funzione dei componenti installati, delle loro dimensioni e della velocità di attraversamento di progetto.

Se si desidera effettuare un calcolo integrale comprendente anche le perdite interne dell'UTA allora occorre fornire la caduta di pressione interna dell'unità. A questo scopo, se è nota la composizione dei componenti e si conosce per ciascuno di essi la caduta di pressione corrispondente, allora si può utilizzare, sempre tramite l'input assistito, una finestra nella quale è possibile selezionare sia i componenti che le cadute di pressione relative.

In Figura 78 si ha la rappresentazione della finestra di input guidato per le perdite di pressione dell'UTA con le opzioni possibili.

Il valore calcolato di Δp_{UTA} viene poi automaticamente inserito nella testata della tabella del foglio di calcolo, come indicato in Figura 79.

La finestra di calcolo per l'UTA indica anche un fattore c equivalente con riferimento alla velocità di attraversamento indicata nella stessa finestra.

Calcolo della Dp dell'UTA

Slezionare i componenti dell'UTA. Si ricordi che può essere presente una sola Unità di Trattamento Aria. La velocità nominale di passaggio nell'UTA è di 2.5 m/s.

<input type="text"/>	Camera di miscela (Pa) - Es. 20	<input type="text" value="50"/>	Cadute di pressione non codificate aggiuntive (Pa)
<input type="text"/>	Recuperatore di calore (Pa) - Es. 150		
<input type="text" value="40"/>	Filtri piani (Pa) - Es. 20		
<input type="text"/>	Filtri ad angolo (Pa) - Es. 40		
<input type="text"/>	Filtri a rullo (Pa) - Es. 50		
<input type="text"/>	Filtri a tasche (Pa) - Es. 80		
<input type="text"/>	Filtri assoluti (Pa) - Es. 400		
<input type="text" value="40"/>	Umidificatore ad acqua (Pa) - Es. 40		
<input type="text"/>	Umidificatore a vapore (Pa) Es. 30		
<input type="text" value="50"/>	Separatore di gocce (Pa) - Es. 40		
<input type="text" value="3"/>	Batteria di riscaldamento - Ranghi	<input type="text" value="20"/>	Perdita di pressione per rango (Pa) - Es. 20
<input type="text" value="3"/>	Batteria di raffreddamento - Ranghi	<input type="text" value="35"/>	Perdita di pressione per rango (Pa) Es. 35
<input type="text" value="2"/>	Batteria di post riscaldamento - Ranghi	<input type="text" value="25"/>	Perdita di pressione per rango (Pa) - Es. 25
<input type="text" value="200"/>	Silenziatore (Pa) - Es. 200		

Velocità di attraversamento UTA (m/s) - Es. 2.5

Perdita Totale UTA (Pa) Fattore C equivalente UTA

Variazione di quota (m) + su - giù Presenza di UTA Dp dell' UTA

Figura 78: Input assistito per il calcolo delle cadute di pressione dell'UTA


AO		A
		4
	UTA	FATT
	595	C
	41	4
ZA	UTA	ALT
o)	Dp Calcolato	Fat
0	1	

Figura 79: aggiornamento del valore della Δp dell'UTA nel foglio di calcolo

Se si inserisce la Δp_t nella casella **Dp- Soffiante** si falsa il calcolo perché il programma interpreta questo valore come Δp_u e la utilizza tutta per bilanciare le perdite di pressione totale della rete aerailica. Il calcolo del Δp_{UTA} sopra indicato è utile per calcolare il Δp_t della soffiante.

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 80: Attivazione della finestra Riepiloga dal menu principale

Si ottiene la finestra di riepilogo di Figura 81. Questa contiene tutti dati che è possibile digitare per un ramo.

 The image shows a software window titled 'RIEPILOGO ED IMMISSIONE DATI'. It contains several input fields and buttons. On the left, there are fields for 'Nome Tratto', 'Lunghezza [m]', 'Portata (L/s)', and 'Portata (m³/h)'. In the center, there are fields for 'Nome del Locale', 'Materiale Canale', and 'Sezione Canale'. On the right, there are several dropdown menus for 'Curva a 90 °', 'Allargamento brusco', 'Imbocco Rettangolare', 'Imbocco Circolare', 'Allargamento graduale (angolo)', 'Sbocco Rettangolare o Circolare', 'Restringimento Brusco (A2/A1)', 'Restringimento Graduato', 'Diramazione Raccordata (R/D)', 'Diramazione ad Angolo (angolo)', 'Diramazione a Squadra', 'Biforcazione Rettangolare (R/W)', 'Biforcazione Circolare (R/W)', 'Bocchette o Diffusori (N)', 'Variazione di quota (m) + su - giù', 'Presenza di UTA', 'Fattore C aggiuntivo totale', and 'Caduta di pressione aggiuntiva [Pa]'. At the bottom, there are buttons for 'Precedente', 'Successivo', 'Crea riga nuova nella riga Attiva', 'Conferma Riga Selezionata', 'Cancella Riga Attiva', 'CHIUDI RIEPILOGO', and 'Calcola Dp UTA'. A red arrow points from the text 'Si ottiene la finestra di riepilogo di Figura 81. Questa contiene tutti dati che è possibile digitare per un ramo.' to the 'Precedente' button.

Figura 81: Finestra di riepilogo

A causa della poca interattività di Excel con alcuni tasti (interpretati in modo particolare), 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.

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 UTA-A, vedi Figura 82. E' ora possibile cambiare qualunque dato. Si osservi che UTA-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 82.

FATTORE C	
0.2963 * x^-1.674	
TRATTO	CURVA 90°
UTA-A	2
A-C	0.50
C-D	0.50

RIEPILOGO ED IMMISSIONE DATI

Nome Tratto: UTA-A Nome del Locale:

Lunghezza [m]: 10 Materiale Canale: Lamiera

Portata (L/s): Sezione Canale: Rettangolare

Portata (m³/h):

Per i soli rami terminali (colore cyan) è possibile digitare la portata in [L/s].

Conferma dei Dati del Ramo

Precedente 9 Successivo Crea riga nuova nella riga Attiva

Conferma Riga Selezionata Cancella Riga Attiva

Digita qui il numero di riga da visualizzare e premi OK. OK senza la riga va alla riga attiva

CHIUDI RIEPILOGO

Calcola Dp UTA

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

Conferma delle Perdite Localizzate

Curva a 90 ° 2 0 < R/W < 2 1

Allargamento brusco

Imbocco Rettangolare 1

Imbocco Circolare

Allargamento graduale (angolo) 25

Sbocco Rettangolare o Circolare

Restringimento Brusco (A2/A1)

Restringimento Graduato 1

Diramazione Raccordata (R/D) 0,8

Diramazione ad Angolo (angolo)

Diramazione a Squadra 1

Biforcazione Rettangolare (R/W)

Biforcazione Circolare (R/W)

Bocchette o Diffusori (N)

Variazione di quota (m) + su - giù -3

Presenza di UTA 1 Dp dell' UTA 595

Fattore C aggiuntivo totale

Caduta di pressione aggiuntiva [Pa]

Figura 82: Dati per la riga 9, corrispondente al ramo P-A

E' possibile modificare i valori del numero delle resistenza agendo sui menu a tendina posti sulla destra delle rispettive finestre, Figura 83.

Curva a 90 ° 2 0 < R/W < 2 1

Allargamento brusco

Imbocco Rettangolare

Imbocco Circolare

Allargamento graduale (angolo)

Sbocco Rettangolare o Circolare

0.0

0.1

0.2

0.3

0.4

0.5

0.6

0.7

Figura 83: 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 84 e nella Figura 85.

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.

Figura 84: Conferma dei dati di ramo

Figura 85: 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.

Figura 86: 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 87) e premendo **CTRL -**.

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

TRATTO	CURVA 30°	
	N	0 < R/W < 2
UTA-A	2	1,00
A-C		0,50
C-D		0,50
A-B1		0,50
C-B2		0,50
D-B3		0,50
B4-E		0,50
B5-F		0,50
E-F	2	1,00
F-UTA	2	1,00

Figura 87: 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**.



Figura 88: Tasto di chiusura del riepilogo

Osservazioni sulle variazioni di quota

Le reti aerauliche sono di *tipo aperto* in quanto l'aria parte dalle soffianti e viene immessa negli ambienti. Anche se le pressioni iniziali e finali sono essenzialmente eguali (a meno di considerare elevate variazioni di quota) le reti sono di fatto *aperte*. Ciò significa che per ciascun ramo occorre considerare anche le perdite di *imbocco* (per il primo almeno) e di *sbocco* nonché le variazioni di pressione per variazioni di quota:

$$\Delta p_{1-2} = \frac{w_2^2 - w_1^2}{2} \rho + \rho g (z_2 - z_1) + \Delta p_{attrito}$$

Se la rete aeraulica si sviluppa in piano non ci sono problemi in quanto il termine gravimetrico si annulla, se varia di quota allora occorre tenere presenti le perdite gravimetriche $\Delta p_{cci} = \rho g \Delta z$. Il programma consente di indicare le variazioni di quota che saranno:

- *Positive* se si ha un innalzamento di quota;
- *Negative* se si ha un abbassamento di quota.

Osservazioni sulle perdite di imbocco e di sbocco

Vale il teorema di *Borda Carnot*. E' possibile selezionare queste perdite direttamente nella tabella di Excel o tramite la finestra di input guidato.


													
		<table><tr><th>FATTORE C</th></tr><tr><td>8</td></tr><tr><td>31</td></tr><tr><th>SBocco</th></tr><tr><td>RETT. O CIRC.</td></tr></table>		FATTORE C	8	31	SBocco	RETT. O CIRC.					
FATTORE C													
8													
31													
SBocco													
RETT. O CIRC.													
		<table><tr><th>FATTORE C</th><th>FATTORE C</th></tr><tr><td>1,25</td><td>0,9</td></tr><tr><th>IMBOCCO</th><th>IMBOCCO</th></tr><tr><td>RETTANG</td><td>CIRCOLARE</td></tr><tr><td>1</td><td></td></tr></table>		FATTORE C	FATTORE C	1,25	0,9	IMBOCCO	IMBOCCO	RETTANG	CIRCOLARE	1	
FATTORE C	FATTORE C												
1,25	0,9												
IMBOCCO	IMBOCCO												
RETTANG	CIRCOLARE												
1													

Figura 89: Selezione delle perdite di imbocco

Una bocchetta di mandata o un diffusore equivalgono ad una perdita di sbocco.

3. USO DEL PROGRAMMA – FASE DI CALCOLO

3.1 INTRODUZIONE ALLA FASE DI CALCOLO

La fase di calcolo è suddivisa in tre fasi che possono essere automatizzate in un'unica fase. Si parte dal menu principale, come indicato in Figura 90

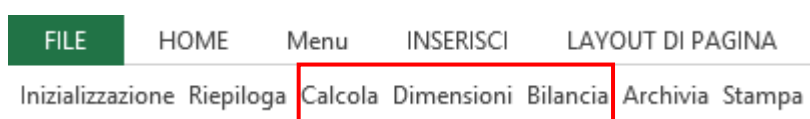


Figura 90: Menu principale con le indicazioni delle fasi di calcolo

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 (cosa lecita per le reti tecnologiche) di avere *canali 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 equivalente teorico. Ad esempio, per lamiere 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'aria alla temperatura media (v e ρ) si ricava il diametro equivalente 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 soffiante viene calcolato il Δp_d mediante la relazione:

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

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.

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

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

A ψ_m più elevata corrispondono diametri equivalenti più piccoli e quindi la proposta delle dimensioni teoriche 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 le dimensioni reali e pertanto occorre preliminarmente selezionare i diametri commerciali in base alla tipologia di canale scelta.

Quest'operazione può anche essere effettuata manualmente dall'Utente inserendo i valori nelle celle della colonna M (colorata con sfondo giallino) in base ai valori teorici suggeriti nella colonna L (**BASE-DIAM** teorico).

E' anche possibile effettuare automaticamente questa selezione avviando da menu principale il programma **Dimensioni**. In questo modo il programma sceglie le dimensioni reali immediatamente superiori a quelle teoriche per ogni tipologia di canale: per i canali rettangolari è la base, per i canali circolari il diametro effettivo, per le sezioni ellittiche è il diametro maggiore.

Inoltre viene ottimizzata la rete facendo in modo che le dimensioni del ramo principale a monte non siano mai inferiori a quello del ramo a valle¹².

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.

Si ricordi che dopo la fase **Dimensioni** occorre sempre lanciare la fase **Bilancia** per eseguire i calcoli definitivi. Nel caso che si opti per una ottimizzazione per velocità (vedi più avanti) viene lanciata automaticamente anche la fase di bilanciamento.

Fase di Calcolo N. 3

Questa fase si avvia dal menu principale con la voce **Bilancia**. Note le dimensioni reali (per le varie tipologie di sezioni, colonna giallina M unitamente alle dimensioni verticali della colonna cyan G) il programma è ora in grado di calcolare in modo più 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. Vengono riempite le colonne dalla N alla W, calcolando anche il valore di **r.c.d. reale** per ciascun ramo e il valore medio dei singoli circuiti.

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

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.

¹² Ciò può accadere se si varia l'altezza massima (colonna G in cyan) per cui il valore della base calcolata può risultare inferiore. Si tenga presente che il programma effettua calcoli direttamente utilizzando i dati disponibili e pertanto le incongruenze geometriche, qualora presenti, debbono essere gestite dall'Utente. La fase di ottimizzazione cerca di risolvere questo problema.

Ora l'Utente può rendersi conto dello sbilanciamento dei singoli circuiti ed apportare le modifiche che ritiene opportuno. La via preferenziale è modificare i valori delle dimensioni reali scelti (colonna M) aumentando quelli dei rami principali.

Pertanto effettuate le modifiche dei rami interessati 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 ritenuta soddisfacente. E' importante ricordare che la fase **Bilancia non modifica mai** le ipotesi di calcolo né **le dimensioni dei canali** presenti nelle colonne G ed M. pertanto l'Utente può liberamente sperimentare le soluzioni che meglio ritiene possano soddisfare i requisiti e i vincoli progettuali.

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'Utente¹³. Il calcolo procede poi con la fase di calcolo n.2 per la selezione automatica delle dimensioni reali e poi, ponendo r.c.d.=0, al bilanciamento (Fase di calcolo n.3);*
- *Successivamente il programma impone come r.c.d. di partenza 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.

Si osservi che il dimensionamento automatico rispetta il solo vincolo dimensionale dell'altezza massima ma non quello della velocità massima nei canali. L'Utente può cercare di avere velocità inferiori ad esempio riducendo Δp utile della soffiante o cambiando manualmente le dimensioni dei canali con velocità elevata.

Se si desidera imporre la velocità massima nei canali allora occorre lanciare l'apposita procedura indicata nella finestra **Dimensioni**. Si dirà più avanti di più su quest'opzione.

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 pur non essendo i circuiti chiusi, essi sono di fatto in parallelo tra la soffiante e l'ambiente interno e pertanto tutti i circuiti debbono avere la stessa Δp **totale** per soddisfare il requisito di soddisfare le portate di aria nei terminali.

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

¹³ Nel caso si avvii la fase di calcolo automatica totale senza avere specificato un valore iniziale di r.c.d. allora il programma assume di default r.c.d. = 5, come già detto in precedenza.

è quello di non soddisfare le richieste dei terminali e quindi di variare il funzionamento dell'impianto.

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 regolazione** da attuare tramite una serranda di regolazione (vedi dopo).

Al fine di garantire il corretto funzionamento dei terminali si preferisce bilanciare i circuiti utilizzando le serrande di regolazione, vedi Figura 91, che forniscono Δp variabili mediante setti inclinabili opportunamente (vedi Figura 93).

Queste serrande (circolari o rettangolari) hanno una serie di setti mobili che possono essere graduati in modo da ottenere la caduta di pressione desiderata, vedi Figura 94. In alcuni casi viene fornito il coefficiente di Darcy c al variare della portata, vedi Figura 93.



Figura 91: Esempi di serrande di taratura

In alcuni casi si possono utilizzare serrande di regolazione a portata costante, vedi Figura 95



Figura 92: Serrande di regolazione in acciaio

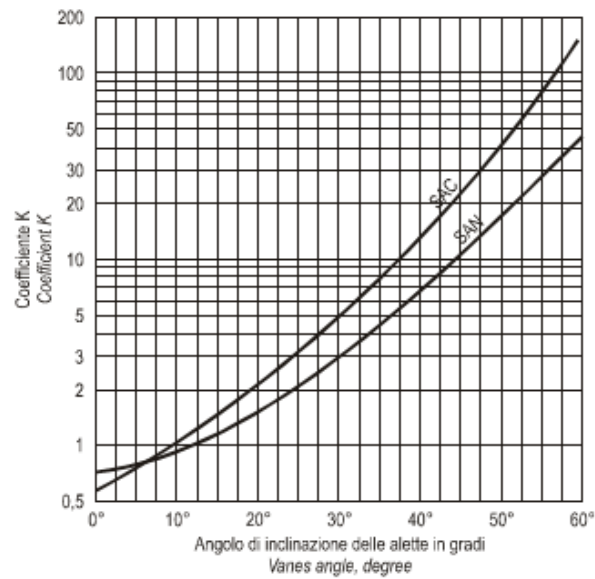


Figura 93: Coefficiente c delle valvole di taratura

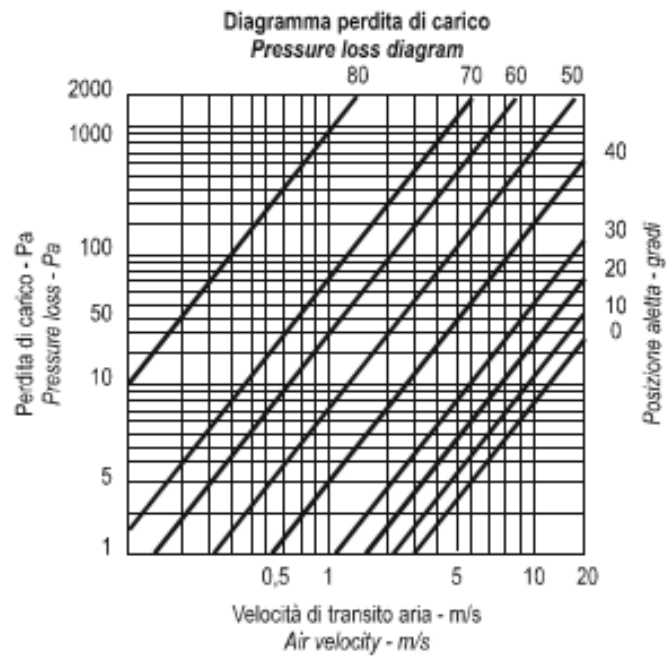


Figura 94: Cadute di pressione delle serrande di taratura



Figura 95: Serrande di regolazione a portata costante

3.2 MENU CALCOLA

Vediamo adesso nel dettaglio l'utilizzo del programma nelle tre fasi di calcolo anzidette.

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.

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.

Prefisso assegnato alla Soffiante = U					Delta-p massima = 300 [mm. c.a.]		7					
Prefisso assegnato ai terminali = B					Delta-p massima = 30,58 [Pa]		r.c.d. iniz. = 5,00					
					Delta-p Soffiante = 300 [mm. c.a.]		30,58					
					Delta-p Soffiante = 300 [Pa]		r.c.d. calc. = 5,00					
2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
TRATTO	LOCALE	LUNGH.	TIPO	SEZIONE	ALTEZZA	PORTATA	PORTATA	PERD.SPEC.	DIAMETRO	BASE DIAM.	DIAM-BASE	VELOCITA'
		[m]	CANALE		[mm]	[L/S]	[m³/h]	[Pa/m]	EQUIV [mm]	Teorico [mm]	[mm]	[m/s]
UTA-A		10,00	Lamiera	Rettangolare	150							
A-C		8,00	Lamiera	Rettangolare	150							
C-D		8,00	Lamiera	Rettangolare	150							
A-B1	STANZA	1,00	Alluminio	Circolare	100	55,00						
C-B2	STANZA	1,00	Alluminio	Circolare	100	45,00						
D-B3	STANZA	1,00	Alluminio	Circolare	100	40,00						
B4-E		1,00	Lamiera	Rettangolare	100	65,00						
B5-F		1,00	Lamiera	Rettangolare	150	65,00						
E-F		16,00	Lamiera	Rettangolare	200							
F-UTA		10,00	Lamiera	Rettangolare	200							

Figura 96: Dati di input dei rami della rete aerailica

23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41
FATTORE C	FATTORE C	FATTORE C	FATTORE C	FATTORE C	FATTORE C	FATTORE C	FATTORE C	FATTORE C	FATTORE C	FATTORE C	FATTORE C	FATTORE C	FATTORE C	FATTORE C	FATTORE C	FATTORE C	FATTORE C	UTA
0,29673-1,576	0,43714-0,9072	1,25	0,5	0,00047-0,00075-0,001	1	0,23251-0,0075-0,0025	0,5	0,79453-0,005	0,0075-0,00430	0,4	0,29647-1,175	0,29647-1,175	1	1	1	1	1	UTA
2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
TRATTO	CURVA 90°	ALLARG. BRUSCO	INDICCO	INDICCO	ALLARGAM. GRADUALE	INDICCO	RESTING. BRUSCO	REGISTRAMENTO	DIRAMAZ. RACC.	DIRAMAZ. ANG.	DIRAMAZIONE	EFORCAZ. RETT.	EFORCAZ. CIRC.	BOCCINETTA	ALTEZZA	UTA		
2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
UTA-A	2	100																
A-C	2	0,50																
C-D	2	0,50																
A-B1	2	0,50																
C-B2	2	0,50																
D-B3	2	0,50																
B4-E	2	0,50																
B5-F	2	0,50																
E-F	2	100																
F-UTA	2	100																

Figura 97: Dati per le tipologie delle resistenze localizzate

In pratica si tratta di una rete formata da tre rami terminali di mandata e due rami terminali di ripresa.

Si suppone che l'alimentazione avvenga con aria a 18°C per la mandata e a 26 °C per la ripresa. La soffiante selezionata abbia una prevalenza di 300 Pa (pari a 30.58 mm. c.a.) di pressione utile e che l'r.c.d. imposto sia pari ad 5 (quindi perdite concentrate si presume che siano 5 volte quelle distribuite).

Come di può osservare sono state fornite le portate d'aria per i soli rami terminali mentre quelle dei rami principali non sono presenti. Ci penserà il programma a calcolarle.

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

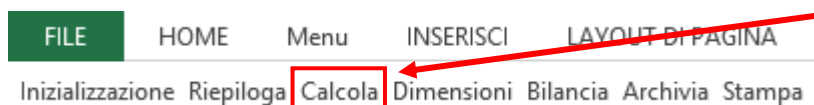


Figura 98: Selezione della fase di calcolo dal menu principale

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 soffiante*, *Temperatura di mandata* e *temperatura di ripresa*).

E' possibile effettuare qualunque modifica di questi parametri e si avrà anche l'aggiornamento immediato del foglio di calcolo.

Figura 99: Finestra del menu di calcolo

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

- *Solo calcolo iniziale;*
- *Con selezione dei canali;*
- *Completo con bilanciamento.*

Si ricordi che l'ottimizzazione per velocità massima si può lanciare tramite il menu Dimensiona.

La suddivisione nei tre modi di calcolo consente di potere sviluppare varie ipotesi in tre momenti distinti.

Si ricordi che la fase di calcolo dei diametri equivalenti delle reti aerauliche deve essere considerata come una sorta di *bootstrap* della fase di *bilanciamento*, nel senso che predispone il programma ad eseguire la vera fase di progettazione con dimensioni reali note e con metodologie di calcolo non approssimate, come detto in precedenza.

3.2.1 SOLO CALCOLO INZIALE

Con questa selezione viene effettuato solo il calcolo dei diametri equivalenti, indicato in precedenza come Fase n. 1, e cioè si arriva alla determinazione dei diametri equivalenti teorici.

Se si avvia il calcolo senza alcuna selezione fra le tre possibili allora il programma interpreta questa scelta come se fosse *Solo calcolo iniziale* e quindi effettua i calcoli riempiendo le colonne fino alla L.

Il programma non va oltre ed è pertanto l'Utente che deve poi avviare la Fase n. 2 (*Dimensioni*) e la Fase n. 3 (*Bilanciamento*).

Prefisso assegnato alla Soffiante = U		Delta-p massima = [mm. c.a.]	
Prefisso assegnato ai terminali = B		Delta-p massima = [Pa]	
		Delta-p Soffiante = 30,58 [mm. c.a.]	
		Delta-p Soffiante = 300 [Pa]	

2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
TRATTO	LOCALE	LUNGH.	TIPO	SEZIONE	ALTEZZA	PORTATA	PORTATA	PERD. SPEC.	DIAMETRO	BASE-DIAM.
		[m]	CANALE		[mm]	[L/S]	[m³/h]	[Pa/m]	EQUIV. [mm]	Teorico [mm]
UTA-A		10,00	Lamiera	Rettangolare	150	140,00	504,00	1,85	163,67	150,65
A-C		8,00	Lamiera	Rettangolare	150	85,00	306,00	1,85	141,18	104,36
C-D		8,00	Lamiera	Rettangolare	150	40,00	144,00	1,85	106,95	53,86
A-B1	STANZA	1,00	Alluminio	Circolare	100	55,00	198,00	4,55	101,72	101,72
C-B2	STANZA	1,00	Alluminio	Circolare	100	45,00	162,00	2,63	105,26	105,26
D-B3	STANZA	1,00	Alluminio	Circolare	100	40,00	144,00	1,85	108,05	108,05
B4-E		1,00	Lamiera	Rettangolare	100	65,00	234,00	1,85	127,89	128,40
B5-F		1,00	Lamiera	Rettangolare	150	65,00	234,00	1,85	127,89	85,60
E-F		16,00	Lamiera	Rettangolare	200	65,00	234,00	1,85	127,89	64,20
F-UTA		10,00	Lamiera	Rettangolare	200	130,00	468,00	1,85	165,10	106,98

Calcolo dei diametri equivalenti delle reti aerailiche

Questa fase effettua il calcolo dei diametri nominali di tutti i circuiti della rete. Si possono anche scegliere i canali con dimensioni di base 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 soffiante (Pa)

Temperatura di mandata (°C)

Temperatura di ritorno (°C)

☒ Solo calcolo iniziale

☐ Con selezione dei canali

☐ Completo con bilanciamento

Figura 100: Selezione del solo calcolo iniziale

Premendo il tasto **avvia il calcolo delle reti aerailiche** si ottiene il risultato di Figura 101.

2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
TRATTO	LOCALE	LUNGH.	TIPO	SEZIONE	ALTEZZA	PORTATA	PORTATA	PERD. SPEC.	DIAMETRO	BASE-DIAM.
		[m]	CANALE		[mm]	[L/S]	[m³/h]	[Pa/m]	EQUIV. [mm]	Teorico [mm]
UTA-A		10,00	Lamiera	Rettangolare	150	140,00	504,00	1,85	163,67	150,65
A-C		8,00	Lamiera	Rettangolare	150	85,00	306,00	1,85	141,18	104,36
C-D		8,00	Lamiera	Rettangolare	150	40,00	144,00	1,85	106,95	53,86
A-B1	STANZA	1,00	Alluminio	Circolare	100	55,00	198,00	4,55	101,72	101,72
C-B2	STANZA	1,00	Alluminio	Circolare	100	45,00	162,00	2,63	105,26	105,26
D-B3	STANZA	1,00	Alluminio	Circolare	100	40,00	144,00	1,85	108,05	108,05
B4-E		1,00	Lamiera	Rettangolare	100	65,00	234,00	1,85	127,89	128,40
B5-F		1,00	Lamiera	Rettangolare	150	65,00	234,00	1,85	127,89	85,60
E-F		16,00	Lamiera	Rettangolare	200	65,00	234,00	1,85	127,89	64,20
F-UTA		10,00	Lamiera	Rettangolare	200	130,00	468,00	1,85	165,10	106,98

Figura 101: 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 equivalenti 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 CANALI

Si può selezionare la seconda opzione **Con selezione dei Canali**, come indicato in Figura 102. Il programma effettua gli stessi calcoli visti nel paragrafo precedente con in più la scelta delle dimensioni orizzontali reali dei canali, come si può osservare in Figura 103. In pratica viene riempita anche la colonna M (in giallo). La selezione delle dimensioni reali viene effettuata scegliendo le dimensioni in funzione della tipologia di sezione del canale. Lo stesso risultato si ottiene selezionando la voce **Dimensioni** dal menu principale, dopo aver lanciato il calcolo dei soli diametri teorici visto nel paragrafo precedente.

Figura 102: Avvio del calcolo con selezione dei diametri

Prefisso assegnato alla Soffiante = U					Delta-p massima = 30,58 [mm. c.a.]		r.c.d. iniz. = 3,00		7			
Prefisso assegnato ai terminali = B					Delta-p massima = 300 [Pa]		r.c.d. calc. = 30,58					
Delta-p Soffiante = 300 [Pa]												
2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
TRATTO	LOCALE	LUNGH.	TIPO	SEZIONE	ALTEZZA	PORTATA	PORTATA	PERD.SPEC.	DIAMETRO	BASE DIAM.	DIAM-BASE	VELOCITA'
		[m]	CANALE		[mm]	[L/S]	[m³/h]	[Pa/m]	ESIST. [mm]	Teorico [mm]	[mm]	[m/s]
UTA-A		10,00	Lamiera	Rettangolare	150	140,00	504,00	1,85	163,67	158,65	160,00	
A-C		8,00	Lamiera	Rettangolare	150	85,00	306,00	1,85	141,18	144,36	110,00	
C-D		8,00	Lamiera	Rettangolare	150	40,00	144,00	1,85	106,85	58,86	100,00	
A-B1	STANZA	1,00	Alluminio	Circolare	100	55,00	198,00	4,55	101,72	161,72	100,00	
C-B2	STANZA	1,00	Alluminio	Circolare	100	45,00	162,00	2,63	105,26	165,26	100,00	
D-B3	STANZA	1,00	Alluminio	Circolare	100	40,00	144,00	1,85	103,05	163,05	100,00	
B4-E		1,00	Lamiera	Rettangolare	100	65,00	234,00	1,85	127,69	128,40	130,00	
B5-F		1,00	Lamiera	Rettangolare	150	65,00	234,00	1,85	127,69	85,60	100,00	
E-F		16,00	Lamiera	Rettangolare	200	65,00	234,00	1,85	127,69	64,20	100,00	
F-UTA		10,00	Lamiera	Rettangolare	200	130,00	468,00	1,85	165,10	106,98	110,00	

Figura 103: Risultati ottenuti con la selezione dei diametri

In pratica per i canali rettangolari si calcola la base che, a pari Δp , abbia un diametro equivalente non inferiore a quello teorico indicato (colonna con dati numerici in azzurro), utilizzando la relazione:

$$d_{equiv.} = 1.3 \frac{(a \cdot b)^{0.625}}{(a + b)^{0.25}}$$

Per i canali circolari si seleziona un diametro superiore a quello teorico, normalizzato a 10 mm e non minore di 90 mm.

Per i canali ellittici si utilizza la relazione di *Heyt e Diaz*:

$$d_{equiv.} = 1.55 \frac{A^{0.625}}{P^{0.25}}$$

ove si ha:

- A area dell'ellissi $A = \pi \frac{(a \cdot b)}{4}$ con a e b assi dell'ellisse;
- P perimetro dell'ellisse $P = \pi b + 2(a + b)$.

Viene anche effettuata una sorta di ottimizzazione della selezione delle dimensioni in modo da evitare restringimenti o allargamenti non desiderabili fra canali principali e terminali. Si dirà nel prosieguo qual è l'algoritmo utilizzato.

3.2.3 CALCOLO COMPLETO CON BILANCIAMENTO

Questa selezione è attivata dall'ultimo bottone della finestra di calcolo, come indicato in Figura 104. Si ottengono i risultati di Figura 105.

In particolare in Figura 106 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.=5 come valore iniziale imposto nell'esempio considerato, il secondo partendo da r.c.d. pari al risultato della prima elaborazione di bilanciamento.

A seguito della seconda elaborazione si ottiene un r.c.d. effettivo ottimizzato.

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 mm. c.a.;
- La Δp di regolazione rispetto al circuito più sfavorevole, in Pa.

Possiamo ottimizzare ulteriormente i risultati scegliendo manualmente dimensioni opportune per i vari circuiti.

Dopo la nuova selezione delle dimensioni è possibile lanciare la fase di bilanciamento (**Bilancia**) ed ottenere i risultati di Figura 107 che evidenzia i nuovi risultati di calcolo.

Prefisso assegnato alla Soffiante U		Delta-p massima = 25,35 [mm c.a.]		r.c.d. iniz. = -	
Prefisso assegnato ai terminali B		Delta-p massima = 247 [Pa]		r.c.d. calc. = 3,003	
		Delta-p Soffiante = 30,58 [mm c.a.]		r.c.d. calc. = 3,003	
		Delta-p Soffiante = 300 [Pa]		r.c.d. calc. = 3,003	

2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
TRATTO	LOCALE	LUNGH.	TIPO	SEZIONE	ALTEZZA	PORTATA	PORTATA	PERD SPEC.	DIAMETRO	BASE DIAM.	DIAM-BASE	VELOC.
		[m]	CANALE		[mm]	[L/S]	[m³/s]	[Pa/m]	ESIST. [mm]	Teorico [mm]		[m/s]
UTA-A		10,00	Lamiera	Rettangolare	150							
A-C		8,00	Lamiera	Rettangolare	150							
C-D		8,00	Lamiera	Rettangolare	150							
A-B1	STANZA	1,00	Alluminio	Circolare	100	55,00						
C-B2	STANZA	1,00	Alluminio	Circolare	100	45,00						
D-B3	STANZA	1,00	Alluminio	Circolare	100	40,00						
B4-E		1,00	Lamiera	Rettangolare	100	65,00						
B5-F		1,00	Lamiera	Rettangolare	150	65,00						
E-F		16,00	Lamiera	Rettangolare	200							
F-UTA		10,00	Lamiera	Rettangolare	200							

Calcolo dei diametri equivalenti delle reti aeruliche

Questa fase effettua il calcolo dei diametri nominali di tutti i circuiti della rete. Si possono anche scegliere i canali con dimensioni di base 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 soffiante (Pa)
 ☐ Solo calcolo iniziale

Temperatura di mandata (°C)
 ☐ Con selezione dei canali

☒ Completo con bilanciamento

Figura 104: Avvio del calcolo completo con bilanciamento

Prefisso assegnato alla Soffiante	U	Delta-p massima =	25,35	[mm. c.a.]			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Prefisso assegnato ai terminali	B	Delta-p massima =	247	[Pa]		r.c.d. iniz. =				Altitudine =	18,00	m	Peso Lamiera	211,62	kg - m²	31,12
		Delta-p Soffiante =	30,58	[mm.c.a.]						T mandata =	18,00	°C	Peso Allum.	114,91	kg - m²	0,04
		Delta-p Soffiante =	300	[Pa]		30,58	r.c.d. calc. =	3,003		T ripresa =	26,00	°C	Peso Fibra	0,00	kg - m²	0,00

2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
TRATTO	LOCALE	LUNGH.	TIPO	SEZIONE	ALTEZZA	PORTATA	PORTATA	PERD SPEC.	DIAMETRO	BASE DIAM.	DIAM-BASE	VELOCITA	PERD SPEC.	PERD SPEC.	PERD SPEC.	PERD SPEC.	PERD SPEC.	PERD SPEC.	PERD SPEC.	PERD SPEC.	PERD SPEC.
		[m]	CANALE		[mm]	[L/S]	[m³/s]	[Pa/m]	ESIST. [mm]	Teorico [mm]		[m/s]	[Pa/m]	[Pa/m]	[Pa/m]	[Pa/m]	[Pa/m]	[Pa/m]	[Pa/m]	[Pa/m]	[Pa/m]
UTA-A		10,00	Lamiera	Rettangolare	150	140,00	594,00	1,65	150,00	150,00	150,00	6,22	0,17	1,65	16,45	44,09	2,68	60,54			
A-C		8,00	Lamiera	Rettangolare	150	85,00	386,00	1,67	150,00	150,00	110,80	5,52	0,17	1,67	13,34	13,62	1,02	26,95			
C-D		8,00	Lamiera	Rettangolare	150	40,00	144,00	0,54	100,00	100,00	100,00	2,87	0,06	0,54	4,36	3,68	0,84	8,04			
A-B1	STANZA	1,00	Alluminio	Circolare	100	55,00	190,00	4,98	100,00	100,00	100,00	3,95	0,10	0,98	0,98	11,29	11,29	71,83	7,32	174,71	
C-B2	STANZA	1,00	Alluminio	Circolare	100	45,00	162,00	2,67	100,00	100,00	100,00	3,23	0,07	0,68	0,68	6,90	10,09	7,58	95,08	9,69	151,46
D-B3	STANZA	1,00	Alluminio	Circolare	100	40,00	144,00	1,65	100,00	100,00	100,00	2,87	0,06	0,55	0,55	5,45	9,86	6,00	101,54	10,35	145,00
B4-E		1,00	Lamiera	Rettangolare	100	65,00	214,00	1,82	100,00	100,00	128,00	5,35	0,19	1,82	1,82	11,09	6,11	12,91	183,64	18,72	62,90
B5-F		1,00	Lamiera	Rettangolare	150	65,00	214,00	1,82	100,00	100,00	100,00	4,67	0,13	1,30	1,30	8,43	6,46	9,73	246,54	25,13	0,00
E-F		16,00	Lamiera	Rettangolare	200	65,00	214,00	1,82	100,00	100,00	100,00	3,57	0,07	0,68	0,68	10,93	8,26	0,76	19,19		
F-UTA		10,00	Lamiera	Rettangolare	200	100,00	448,00	1,87	100,00	100,00	110,80	6,44	0,19	1,87	18,71	18,71	44,20	2,36	62,90		

Figura 105: Risultati con il calcolo completo

r.c.d. iniz. = -	Altitudine = 18,00 m	Peso Lamiera 211,62 kg - m²	31,12
30,58 r.c.d. calc. = 3,003	T mandata = 18,00 °C	Peso Allum. 114,91 kg - m²	0,04
	T ripresa = 26,00 °C	Peso Fibra 0,00 kg - m²	0,00

12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
BASE DIAM.	DIAM-BASE	VELOCITA'	PERD SPEC.	PERD SPEC.	PERD SPEC.	PERD SPEC.	P CONIF. DIS.	P TOT.	P CIRC.	P CIRC.	OP BLANC.
Teorico [mm]	[mm]	[m/s]	[mm c.a./m]	[Pa/m]	[Pa]	[Pa]	r.c.d.	[Pa]	[Pa]	[mm c.a.]	[Pa]
150,65	160,00	6,22	0,17	1,65	16,45	44,09	2,68	60,54			
104,36	110,00	5,52	0,17	1,67	13,34	13,62	1,02	26,95			
55,86	100,00	2,87	0,06	0,54	4,36	3,68	0,84	8,04			
104,72	100,00	3,95	0,10	0,98	0,98	10,31	10,48	11,29	71,83	7,32	174,71
105,26	100,00	3,23	0,07	0,68	0,68	6,90	10,09	7,58	95,08	9,69	151,46
105,65	100,00	2,87	0,06	0,55	0,55	5,45	9,86	6,00	101,54	10,35	145,00
129,40	130,00	5,35	0,19	1,82	1,82	11,09	6,11	12,91	183,64	18,72	62,90
85,60	100,00	4,67	0,13	1,30	1,30	8,43	6,46	9,73	246,54	25,13	0,00
64,20	100,00	3,57	0,07	0,68	10,93	8,26	0,76	19,19			
105,36	110,00	6,44	0,19	1,87	18,71	18,71	44,20	2,36	62,90		

Figura 106: Vista della seconda parte del foglio relativa al bilanciamento

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 le dimensioni orizzontali e verticali, se compatibili con i vincoli dimensionali;
- 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 incrementandone le dimensioni;
- Se l'incremento delle dimensioni apporta pochi benefici (cioè si osserva una scarsa riduzione delle perdite totali più sfavorevoli 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 soffiante incrementandone il valore selezionato. Basta rilanciare la fase **Calcola** inserendo un valore di **delta-p soffiante** più elevato. Occorre tuttavia tenere presente che Δp soffiante elevata comporta anche una maggiore velocità e quindi anche una maggiore rumorosità immessa negli ambienti dall'aria che fluisce nei canali.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
r.c.d. iniz.=	-			Altitudine =	18,00 m		Peso Lamiera	231,20	kg - m³	34,00
				T mandata=	18,00 °C		Peso Allum.	114,91	kg - m³	0,04
r.c.d. calc.=	5,18%			T ripresa=	26,00 °C		Peso Fibra	0,00	kg - m³	0,00
13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
DIAM-BASE	VELOCITA	PERD.SPEC.	PERD.SPEC.	PERD.DIST.	PERD.CONC.	P.COMP.DIS.	P.TOT.	P.CIRC.	P.CIRC.	DP.BILANC.
[mm]	[m/s]	[mm c.s./m]	[Pa/m]	[Pa]	[Pa]	r.c.d.	[Pa]	[Pa]	[mm c.s.]	[Pa]
200,00	5,00	0,10	0,97	9,70	22,38	2,31	32,08			
150,00	4,03	0,08	0,78	6,22	7,24	1,16	13,45			
100,00	2,87	0,06	0,54	4,36	3,68	0,84	8,04			
100,00	3,95	0,10	0,98	0,98	10,31	10,48	11,29	43,37	4,42	108,15
100,00	3,23	0,07	0,68	0,68	6,90	10,09	7,58	53,12	5,42	98,40
100,00	2,87	0,06	0,55	0,55	5,45	9,86	6,00	59,58	6,07	91,94
130,00	5,35	0,19	1,82	1,82	11,09	6,11	12,91	111,76	11,39	39,76
100,00	4,67	0,13	1,30	1,30	8,43	6,46	9,73	151,52	15,45	0,00
120,00	2,93	0,04	0,43	6,83	5,59	0,82	12,41			
150,00	4,64	0,09	0,85	8,48	31,28	3,69	39,76			

Figura 107: Nuovi risultati di bilanciamento

3.2.4 CALCOLO CON PRESENZA DELL'UTA

E' utile fare un'osservazione importante sulla possibilità di inserire le perdite interne dell'UTA nel calcolo della rete.

Si supponga di volere tenere conto della presenza dell'UTA e che questa sia costituita come indicato in Figura 108. Si tratta di un'UTA contenente una camera di miscela, filtri batteria di deumidificazione e di post riscaldamento, un umidificatore a vapore, silenziatore di uscita.

La finestra di calcolo riporta una Δp pari a 420 Pa che viene riportata nella finestra delle perdite localizzate, come indicato in Figura 110.

Se si avvia la fase di bilanciamento si ottengono i risultati di Figura 111 e cioè si ha una perdita di pressione massima di 548 Pa, contro i 128 Pa senza l'UTA.

Così facendo, cioè assegnando prima una Δp utile di 128 Pa e poi aggiungendo 420 Pa per le perdite interne dell'UTA, si è correttamente dimensionata la rete aeraulica.

Se, invece, si assegna una prevalenza iniziale di 548 Pa come Δp della soffiante si otterrebbero risultati falsati.

Infatti se reinizializziamo la finestra di calcolo si ha la situazione di Figura 113 ove Δp soffiante è stato posto 550 Pa. Ora avviamo il calcolo totale e si ottiene la situazione di Figura 114.

Si possono osservare velocità molto alte conseguenti a dimensioni dei canali inferiori a quelle che si potrebbero ottenere con l'ipotesi di Δp soffiante pari a 200 Pa riportati in Figura 115.

Ciò che apparentemente sembra un iter progettuale corretto in realtà ha alcune ipotesi errate che comportano risultati non corretti.

Figura 108: Composizione di un'UTA

Se poniamo Δp soffiante pari a 550 Pa, per tenere conto dell'UTA, il programma utilizza questo dato per calcolare la ψ media dei circuiti che risulta più elevata di quelle corrispondenti al caso di Δp soffiante pari a 200 Pa.

Ciò comporta avere dimensioni calcolate inferiori perché il programma pensa di potere avere maggiori perdite di pressione totali.

Nella realtà le perdite dell'UTA sono solo localizzate e avvengono solo al suo interno. Le perdite di 420 Pa dell'UTA non sono visibili alla rete esterna!

Il procedimento corretto, nel caso si desideri calcolare il Δp totale della soffiante, è allora il seguente:

- Si impone una Δp utile per la sola rete aerailica esterna all'UTA e si effettua il calcolo totale escludendo¹⁴ la perdite localizzata dell'UTA;

¹⁴ Ciò può essere fatto o annullando la Δp UTA o ponendo N=0 per il numero di UTA.

- Dopo avere ottimizzato il calcolo della rete (cioè rispettato la caduta di pressione imposta, le velocità massime limite e di terminale) si inserisce la perdita localizzata dell'UTA che intende utilizzare;
- Si effettua la sola fase di bilanciamento in modo da calcolare la Δp totale con UTA;
- Si seleziona la soffiante con la Δp totale sopra determinata.

In questo modo la rete risulta correttamente dimensionata e si calcola correttamente la caduta di pressione totale in base alla quale selezionare la soffiante.

RIEPILOGO ED IMMISSIONE DATI

Nome Tratto: Nome del Locale:

Lunghezza [m]: Materiale Canale:

Portata (L/s): Sezione Canale:

Portata (m³/h):

Per i soli rami terminali (colore cian) è possibile digitare la portata in [L/s].

Conferma dei Dati del Ramo

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. OK senza la riga va alla riga attiva

CHIUDI RIEPILOGO

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

Conferma delle Perdite Localizzate

Curva a 90°: 0 < R/W < 2:

Allargamento brusco:

Imbocco Rettangolare:

Imbocco Circolare:

Allargamento graduale (angolo):

Sbocco Rettangolare o Circolare:

Restringimento Brusco (A2/A1):

Restringimento Graduato:

Diramazione Raccordata (R/D):

Diramazione ad Angolo (angolo):

Diramazione a Squadra:

Biforcazione Rettangolare (R/W):

Biforcazione Circolare (R/W):

Bocchette o Diffusori (N):

Variazione di quota (m) + su - giù:

Presenza di UTA: Dp dell'UTA:

Fattore C aggiuntivo totale:

Caduta di pressione aggiuntiva [Pa]:

Figura 109: Perdite localizzate dell'UTA






				38		40	41
FATTORE C	FATTORE C	FATTORE C	FATTORE C	Dp	UTA	FATTORE C	Dp TOTALE
1,4	0.2868 κ -1.771	0.2868 κ -1.771	1	rgH	420	C κ ² I2	Pa
36	37	38	39	40	41	42	43
DIRAMAZIONE A SQUADRA	BIFORCAZ. RETT	BIFORCAZ. CIRC	BOCCHETTA	ALTEZZA	UTA	ALTRE	DP TOTALE
	0 < R/W < 1.5	0 < R/W < 1.5	DIFFUSORE	H (m)	Dp Calcolato	Fatt. C	Pa
1				-3,00	1		
		1,00					
		1,00					
			1				
			1				
			1				
1							
1				3,00			

Figura 110: Finestra delle perdite localizzate

Si ricordi che sarà poi il Costruttore dell'UTA che determinerà con precisione la prevalenza totale della soffiante da installare all'interno dell'UTA in funzione delle cadute di pressione dei suoi componenti specifici.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	Prefisso assegnato alla Soffiante = <u>U</u>					Delta-p massima = 55,84 [mm. c.a.]						1
	Prefisso assegnato ai terminali = <u>B</u>					Delta-p massima = 548 [Pa]					r.c.d. iniz. = -	
						Delta-p Soffiante = 30,58 [mm c.a.]						
						Delta-p Soffiante = 300 [Pa]					r.c.d. calc. = 10,336	
2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
TRATTO	LOCALE	LUNGH.	TIPO	SEZIONE	ALTEZZA	PORTATA	PORTATA	PERD. SPEC.	DIAMETRO	BASE-DIAM.	DIAM-BASE	VELOCITA'
		[m]	CANALE		[mm]	[L/S]	[m³/h]	[Pa/m]	EQUIV. [mm]	Teorico [mm]	[mm]	[m/s]
UTA-A		10,00	Lamiera	Rettangolare	150	140,00	504,00	1,83	170,82	153	200	5,00
A-C		8,00	Lamiera	Rettangolare	150	100,00	360,00	1,83	150,90	119	150	4,74
C-D		8,00	Lamiera	Rettangolare	150	40,00	144,00	1,83	107,67	61	150	1,90
A-B1	STANZA	1,00	Alluminio	Circolare	150	40,00	144,00	4,50	90,96	91	150	2,26
C-B2	STANZA	1,00	Alluminio	Rettangolare	150	60,00	216,00	2,60	118,02	118	210	2,04
D-B3	STANZA	1,00	Alluminio	Circolare	150	40,00	144,00	1,83	108,82	109	150	2,26
B4-E		1,00	Lamiera	Rettangolare	150	65,00	234,00	0,00	128,76	130	270	1,75
B5-F		1,00	Lamiera	Rettangolare	150	65,00	234,00	0,00	128,76	87	270	1,75
E-F		16,00	Lamiera	Rettangolare	150	65,00	234,00	1,83	128,76	65	200	2,32
F-UTA		10,00	Lamiera	Rettangolare	150	130,00	468,00	1,83	166,22	108	250	3,76

Figura 111: Risultati con l'inserimento dell'UTA nelle perdite localizzate

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
	Prefisso assegnato alla Soffiante =			<u>U</u>		Delta-p massima =			13,03	[mm. c.a.]		1	
	Prefisso assegnato ai terminali =			B		Delta-p massima =			128	[Pa]	r.c.d. iniz. =	-	
						Delta-p Soffiante =			30,58	[mm c.a.]			
						Delta-p Soffiante =			300	[Pa]	r.c.d. calc. =	6,607	
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
	TRATTO	LOCALE	LUNGH.	TIPO	SEZIONE	ALTEZZA	PORTATA	PORTATA	PERD. SPEC.	DIAMETRO	BASE-DIAM.	DIAM-BASE	VELOCITA'
			[m]	CANALE		[mm]	[L/S]	[m³/h]	[Pa/m]	EQUIV. [mm]	Teorico [mm]	[mm]	[m/s]
	UTA-A		10,00	Lamiera	Rettangolare	150	140,00	504,00	1,83	170,82	153	200	5,00
	A-C		8,00	Lamiera	Rettangolare	150	100,00	360,00	1,83	150,90	119	150	4,74
	C-D		8,00	Lamiera	Rettangolare	150	40,00	144,00	1,83	107,67	61	150	1,90
	A-B1	STANZA	1,00	Alluminio	Circolare	150	40,00	144,00	4,50	90,96	91	150	2,26
	C-B2	STANZA	1,00	Alluminio	Rettangolare	150	60,00	216,00	2,60	118,02	118	210	2,04
	D-B3	STANZA	1,00	Alluminio	Circolare	150	40,00	144,00	1,83	108,82	109	150	2,26
	B4-E		1,00	Lamiera	Rettangolare	150	65,00	234,00	0,00	128,76	130	270	1,75
	B5-F		1,00	Lamiera	Rettangolare	150	65,00	234,00	0,00	128,76	87	270	1,75
	E-F		16,00	Lamiera	Rettangolare	150	65,00	234,00	1,83	128,76	65	200	2,32
	F-UTA		10,00	Lamiera	Rettangolare	150	130,00	468,00	1,83	166,22	108	250	3,76

Figura 112: Risultati senza l'inserimento dell'UTA nelle perdite localizzate

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
	Prefisso assegnato alla Soffiante =			<u>U</u>		Delta-p massima =			[mm. c.a.]	
	Prefisso assegnato ai terminali =			<u>B</u>		Delta-p massima =			[Pa]	
						Delta-p Soffiante =			56,07 [mm c.a.]	
						Delta-p Soffiante =			550 [Pa]	
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
	TRATTO	LOCALE	LUNGH.	TIPO	SEZIONE	ALTEZZA	PORTATA	PORTATA	PERD. SPEC.	DIAMETRO
			[m]	CANALE		[mm]	[L/S]	[m³/h]	[Pa/m]	EQUIV. [mm]
	UTA-A		10,00	Lamiera	Rettangolare	150				
	A-C		8,00	Lamiera	Rettangolare	150				
	C-D		8,00	Lamiera	Rettangolare	150				
	A-B1	STANZA	1,00	Alluminio	Circolare	150	40,00			
	C-B2	STANZA	1,00	Alluminio	Rettangolare	150	60,00			
	D-B3	STANZA	1,00	Alluminio	Circolare	150	40,00			
	B4-E		1,00	Lamiera	Rettangolare	150	65,00			
	B5-F		1,00	Lamiera	Rettangolare	150	65,00			
	E-F		16,00	Lamiera	Rettangolare	150				
	F-UTA		10,00	Lamiera	Rettangolare	150				

Figura 113: Fase di calcolo con prevalenza di 550 Pa

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	Prefisso assegnato alla Soffiante =			<u>U</u>		Delta-p massima =		44,83	[mm. c.a.]			1
	Prefisso assegnato ai terminali =			<u>B</u>		Delta-p massima =		440	[Pa]	r.c.d. iniz. =		-
						Delta-p Soffiante =		56,07	[mm c.a.]			
						Delta-p Soffiante =		550	[Pa]	r.c.d. calc. =		4,363
2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
TRATTO	LOCALE	LUNGH.	TIPO	SEZIONE	ALTEZZA	PORTATA	PORTATA	PERO SPEC	DIAMETRO	BASE-DIAM.	DIAM-BASE	VELOCITA PR
		[m]	CANALE		[mm]	[L/S]	[m³/h]	[Pa/m]	EQUIV [mm]	Teorico [mm]	[mm]	[m/s]
UTA-A		10,00	Lamiera	Rettangolare	150	140,00	504,00	3,74	146,54	112	120	8,32
A-C		8,00	Lamiera	Rettangolare	150	100,00	360,00	3,74	129,45	88	100	7,18
C-D		8,00	Lamiera	Rettangolare	150	40,00	144,00	3,74	92,37	45	100	2,87
A-B1	STANZA	1,00	Alluminio	Circolare	150	40,00	144,00	9,18	78,62	79	80	7,96
C-B2	STANZA	1,00	Alluminio	Rettangolare	150	60,00	216,00	5,31	102,00	54	90	4,81
D-B3	STANZA	1,00	Alluminio	Circolare	150	40,00	144,00	3,74	94,05	94	100	5,10
B4-E		1,00	Lamiera	Rettangolare	150	65,00	234,00	0,00	110,46	64	90	5,22
B5-F		1,00	Lamiera	Rettangolare	150	65,00	234,00	0,00	110,46	64	90	5,22
E-F		16,00	Lamiera	Rettangolare	150	65,00	234,00	3,74	110,46	64	90	5,22
F-UTA		10,00	Lamiera	Rettangolare	150	130,00	468,00	3,74	142,59	106	110	8,45

 Figura 114: Risultati di calcolo con Δp soffiante pari a 558 Pa

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	Prefisso assegnato alla Soffiante =			U		Delta-p massima =			20,78	[mm. c.a.]		1
	Prefisso assegnato ai terminali =			B		Delta-p massima =			204	[Pa]	r.c.d. iniz. =	-
						Delta-p Soffiante =			20,39	[mm c.a.]		
						Delta-p Soffiante =			200	[Pa]	r.c.d. calc. =	4,863
2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
TRATTO	LOCALE	LUNGH.	TIPO	SEZIONE	ALTEZZA	PORTATA	PORTATA	PERD. SPEC.	DIAMETRO	BASE-DIAM.	DIAM-BASE	VELOCITÀ
		[m]	CANALE		[mm]	[L/S]	[m³/h]	[Pa/m]	EQUIV [mm]	Teorico [mm]	[mm]	[m/s]
UTA-A		10,00	Lamiera	Rettangolare	150	140,00	504,00	1,26	184,12	177	180	5,54
A-C		8,00	Lamiera	Rettangolare	150	100,00	360,00	1,26	162,66	138	140	5,08
C-D		8,00	Lamiera	Rettangolare	150	40,00	144,00	1,26	116,06	70	120	2,38
A-B1	STANZA	1,00	Alluminio	Circolare	150	40,00	144,00	3,10	97,62	98	100	5,10
C-B2	STANZA	1,00	Alluminio	Rettangolare	150	60,00	216,00	1,80	126,66	84	90	4,81
D-B3	STANZA	1,00	Alluminio	Circolare	150	40,00	144,00	1,26	116,78	117	120	3,54
B4-E		1,00	Lamiera	Rettangolare	150	65,00	234,00	0,00	138,79	101	110	4,22
B5-F		1,00	Lamiera	Rettangolare	150	65,00	234,00	0,00	138,79	101	110	4,22
E-F		16,00	Lamiera	Rettangolare	150	65,00	234,00	1,26	138,79	101	110	4,22
F-UTA		10,00	Lamiera	Rettangolare	150	130,00	468,00	1,26	179,17	168	170	5,44

 Figura 115: Risultati di calcolo con Δp soffiante pari a 200 Pa

3.3 MENU DIMENSIONI

La scelta automatica dei diametri commerciali può essere effettuata tramite la voce di menu principale **Dimensioni**, come illustrato in Figura 116.

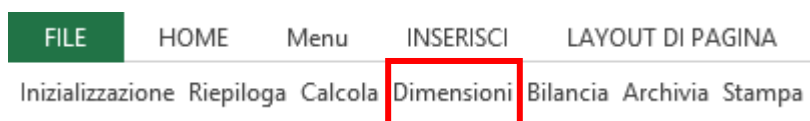


Figura 116: Selezione della voce Diametri

Si ha subito una finestra di conferma, vedi Figura 117. Premendo il tasto **Selezione Dimensioni Iniziali** il programma effettua la selezione delle dimensioni reali scegliendo quelle immediatamente superiori a quelle teoriche, per ciascuna tipologia di canale.

Si osservi che il risultato di quest'operazione è **sempre lo stesso** e pertanto se si lancia **Selezione Dimensioni Iniziali** 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 **Dimensioni** può essere comodo se si desidera annullare le modifiche dimensionali fatte manualmente durante la fase **Bilancia** o per ricominciare nuovamente con altre ipotesi di selezioni dei diametri.

Dimensioni delle Reti aerauliche

Scelta automatica delle dimensioni dei canali . Occorre avere effettuato la fase di CALCOLO per le dimensioni iniziali. L'ottimizzazione per velocità richiede avere eseguito una volta il BILANCIAMENTO

Selezione Dimensioni Iniziali

Ottimizzazione dei canali per velocità

Velocità massima Limite

Velocità massima Terminali

Ottimizza Dimensioni per velocità

Uscita

Figura 117: Finestra di conferma del menu Diametri

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

2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
TRATTO	LOCALE	LUNGH.	TIPO	SEZIONE	ALTEZZA	PORTATA	PORTATA	PERD.SPEC.	DIAMETRO	BASE-DIAM	DIAM-BASE
		[m]	CANALE		[mm]	[L/s]	[m³/h]	[Pa/m]	EQUIV.[mm]	Teorico [mm]	[mm]
UTA-A		10,00	Lamiera	Rettangolare	150	140,00	504,00	1,85	163,67	158,65	160,00
A-C		8,00	Lamiera	Rettangolare	150	85,00	306,00	1,85	141,18	104,36	110,00
C-D		8,00	Lamiera	Rettangolare	150	40,00	144,00	1,85	106,95	53,66	100,00
A-B1	STANZA	1,00	Alluminio	Circolare	100	55,00	198,00	4,55	101,72	101,72	100,00
C-B2	STANZA	1,00	Alluminio	Circolare	100	45,00	162,00	2,63	105,26	105,26	100,00
D-B3	STANZA	1,00	Alluminio	Circolare	100	40,00	144,00	1,85	108,05	108,05	100,00
B4-E		1,00	Lamiera	Rettangolare	100	65,00	234,00	1,85	127,89	128,40	130,00
B5-F		1,00	Lamiera	Rettangolare	150	65,00	234,00	1,85	127,89	85,60	100,00
E-F		16,00	Lamiera	Rettangolare	200	65,00	234,00	1,85	127,89	64,20	100,00
F-UTA		10,00	Lamiera	Rettangolare	200	130,00	468,00	1,85	165,10	106,98	110,00

Figura 118: Selezione dei diametri commerciali

Criteri seguiti per il dimensionamento automatico

La fase di dimensionamento automatico effettua la selezione della dimensione del canale ancora da calcolare secondo un semplice algoritmo che qui si riepiloga.

Per sezioni rettangolari viene indicata la **base** della sezione. L'altezza è già stata indicata nella colonna G (colore cyan) come dimensione massima.

Per le sezioni circolari viene scelto il **diametro reale**, non inferiore a quello teorico se inferiore alla dimensione massima della colonna G. Se questo supera il diametro massimo indicato nella colonna G allora viene selezionato quest'ultimo.

Per le sezioni ellittiche viene calcolato il **diametro maggiore**, assumendo come diametro minore la dimensione indicata nella colonna G.

Tutte le dimensioni, in **millimetri**, sono calcolate su modulo 10 mm.

Onde evitare che possano esserci dimensioni calcolate che diano una successione di valori non coerente (ad esempi canali che si allargano verso il terminale anziché restringersi) si è introdotto un algoritmo di ottimizzazione che funziona così:

- Si inizia a dimensionare partendo da ciascun ramo terminale selezionando la dimensione superiore a quella indicata, normalizzata a 10 mm;

- Viene individuato il diametro che immediatamente lo precede e si dimensiona quest'ultimo con gli stessi criteri. Se le dimensioni risultano inferiori a quelle del ramo successivo si assumono valide queste ultime;
- Per ciascun ramo principale si confronta la dimensione nuova calcolata (relativa al circuito determinato da un terminale) con quella eventualmente calcolata in iterazioni precedenti (per altri circuiti relativi ad altri terminali) e si assume come valida quella maggiore. In questo modo i rami principali sono sempre dimensionati per le dimensioni peggiori dei circuiti a valle.

Ovviamente l'Utente può anche modificare le dimensioni reali, colonna M, a suo piacimento anche in considerazioni di vincoli progettuali diversi dall'altezza massima indicata nella colonna G.

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 119.

Calcolo dei diametri equivalenti delle reti aerauliche

Questa fase effettua il calcolo dei diametri nominali di tutti i circuiti della rete. Si possono anche scegliere i canali con dimensioni di base 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.

5 r.c.d. imposto

200 Delta_p della soffiante (Pa)

18 Temperatura di mandata (°C)

18 Temperatura di ritorno (°C)

Avvia il calcolo delle reti Aerauliche

☐ Solo calcolo iniziale

☒ Con selezione dei canali

☐ Completo con bilanciamento

Rinuncia al calcolo

Figura 119: Selezione di calcolo con selezione dei diametri

In questo caso si effettua la fase 1 di calcolo e la selezione automatica delle dimensioni reali ma non la fase 3 di bilanciamento. Questa scelta equivale alla scelta dell'opzione **Solo calcolo iniziale** seguita dalla selezione **Dimensioni** dal menu principale.

Osservazione sulla scelta delle dimensioni dei canali

Come già detto in precedenza, il programma non si sostituisce mai all'Utente ma tende ad aiutarlo nelle fasi progettuali. La scelta delle dimensioni dei canali è la fase più delicata, spesso dettata da numerosi vincoli progettuali quali:

- Le dimensioni massime in altezza dei canali (vincolo architettonico) in modo da rispettare lo spazio utile nelle intercapedini dei controsoffitti;
- Le dimensioni massime orizzontali che possono derivare sia vincoli architettonici che di presenza di altri canali (ad esempio la rete di ripresa);

- *Le velocità massime che risultano accettabili nei canali al fine di limitarne la rumorosità prodotta.*

Le prime due limitazioni sono di tipo dimensionale e non possono essere tenute presenti dal programma se non per la **sola dimensione verticale** (altezza massima) indicata nella colonna G del foglio di calcolo. Questa dimensione, oltre che essere considerata come valore massimo, è anche considerata come dimensione reale verticale del canale.

Per i canali rettangolari le dimensioni finali sono **B x H** date dalle colonne **M x G**, con il limite di altezza massima in G.

Per i canali circolari il **diametro finale** è dato nella colonna M con il limite dimensionale della colonna G.

Per i canali ellittici si hanno i due **diametri maggiore e minore** nelle colonne M e G, con il limite dimensionale del diametro minore in G.

La terza osservazione (**limiti nella velocità massima**) non è direttamente presa in carico dal programma. Esso, infatti, utilizza il metodo della **perdita specifica di pressione costante**, come indicato nel capitolo 1, e quindi calcola la velocità come grandezza derivata e non imposta.

Di conseguenza, fissate le dimensioni reali (colonne M e G) si ha direttamente il valore della velocità calcolata.

Il programma può, tuttavia, effettuare un controllo sulla **velocità massima limite** e sulla indicata nel foglio **Parametri_Fisici** nella cella C28, e sulla **velocità massima dei terminali** indicata nella cella C29, come illustrato nella figura seguente.

	Scabrosità	Densità
Tipologie Canali		kg/dm ³
Lamiera	0,003	6,8
Alluminio	0,007	2,75
Fibra	0,007	1,25
Tipologie Sezioni		
Rettangolare		
Circolare		
Ellittica		
Velocità massima limite (m/s)	8	
Velocità massima rami terminali (m/s)	2	

Figura 120: Indicazione del valore delle velocità massime

Si osservi che il primo valore rappresenta la velocità massima che non si desidera superare, qualunque sia il canale, mentre il secondo valore è la velocità massima che si desidera nei canali, specialmente terminali, più vicini agli utenti degli impianti.

I valori consigliati per le varie tipologie di canali (principali e/o terminali), per edifici civili, sono riportati nella seguente tabella.

	Velocità minima (m/s)	Velocità massima (m/s)
Tronchi principali	4	8
Tronchi secondari e terminali	0.5	4
Tronco in partenza dalla soffiante	4	16

Tabella 3: Valori consigliati delle velocità dell'aria nei canali

Si deduce che la **velocità massima limite** è quella dei canali principali che solitamente si dipartono dalla soffiante mentre la seconda velocità si ha nei canali secondari e nei canali terminali. Si osservi che i canali principali che si dipartono dall'UTA hanno le portate massime e sono condizioni critiche maggiormente rispetto agli altri canali.

Il programma segnala il superamento della *velocità massima limite* colorando in *lilla* la cella della velocità corrispondente (colonna N), con caratteri in grassetto di colore *rosso*. Se si supera la velocità massima dei terminali il programma colora le celle con uno sfondo *cyan* leggero e con caratteri in grassetto di colore *blue*.

Ad esempio, in Figura 121, il primo canale UTA-A ha un valore di velocità pari a 6,22 m/s e quindi si superano i 6 m/s indicati come valore massimo limite. In tutte le altre celle si supera la velocità massima secondaria di 1,5 m/s e quindi sono colorate in cyan.

Basta modificare la base da 160 a 180 mm per ottenere il valore di 5.54 m/s, al di sotto del valore massimo limite di 6 m/s, come riportato in Figura 122 per il canale UTA-A.

Tuttavia questa modifica non aggiusta tutto e cioè non evita di superare la velocità consigliata per i canali terminali. Con le dimensioni di Figura 122 le velocità dei rami terminali, segnati con cornice viola, sono superiori a 1.5 m/s.

Quindi è l'Utente che deve intervenire, se lo ritiene opportuno, modificando ulteriormente le dimensioni, se ciò è possibile. Nel caso in esame le dimensioni indicate nella colonna M sono quelle massime indicate nella colonna G e quindi costituiscono un limite costruttivo – architettonico. Si possono cambiare queste dimensioni (sezioni circolari) solo avendo più spazio a disposizione.

In definitiva quando si hanno più vincoli progettuali non sempre si riesce a soddisfarli tutti solamente cambiando le dimensioni (quando ciò è possibile). Può risultare utile, ad esempio, cambiare la topologia della rete aerailica incrementando il numero di bocchette e/o diffusori in modo da ridurre la portata di aria.

TRATTO	SEZIONE	ALTEZZA [mm]	PORTATA [L/S]	PORTATA [m³/h]	PERD.SPEC. [Pa/m]	DIAMETRO EQUIV. [mm]	BASE-DIAM. Teorico [mm]	DIAM-BASE [mm]	VELOCITÀ [m/s]
UTA-A	Rettangolare	150	140,00	504,00	1,83	170,82	153	160	6,22
A-C	Rettangolare	150	100,00	360,00	1,83	150,90	119	120	5,94
C-D	Rettangolare	150	40,00	144,00	1,83	107,67	61	100	2,87
A-B1	Circolare	100	40,00	144,00	4,50	90,96	91	100	2,87
C-B2	Rettangolare	200	60,00	216,00	2,60	118,02	118	120	2,71
D-B3	Circolare	100	40,00	144,00	1,83	108,82	109	100	1,81
B4-E	Rettangolare	200	65,00	234,00	0,00	128,76	130	140	2,49
B5-F	Rettangolare	150	65,00	234,00	0,00	128,76	87	90	5,22
E-F	Rettangolare	200	65,00	234,00	1,83	128,76	65	140	2,49
F-UTA	Rettangolare	200	130,00	468,00	1,83	166,22	108	140	4,99

Figura 121: Superamento della velocità massima limite

TRATTO	SEZIONE	ALTEZZA [mm]	PORTATA [L/S]	PORTATA [m³/h]	PERD.SPEC. [Pa/m]	DIAMETRO EQUIV. [mm]	BASE-DIAM. Teorico [mm]	DIAM-BASE [mm]	VELOCITÀ [m/s]
UTA-A	Rettangolare	150	140,00	504,00	1,83	170,82	153	180	5,54
A-C	Rettangolare	150	100,00	360,00	1,83	150,90	119	120	5,94
C-D	Rettangolare	150	40,00	144,00	1,83	107,67	61	100	2,87
A-B1	Circolare	100	40,00	144,00	4,50	90,96	91	100	2,87
C-B2	Rettangolare	200	60,00	216,00	2,60	118,02	118	120	2,71
D-B3	Circolare	100	40,00	144,00	1,83	108,82	109	100	1,81
B4-E	Rettangolare	200	65,00	234,00	0,00	128,76	130	140	2,49
B5-F	Rettangolare	150	65,00	234,00	0,00	128,76	87	90	5,22
E-F	Rettangolare	200	65,00	234,00	1,83	128,76	65	140	2,49
F-UTA	Rettangolare	200	130,00	468,00	1,83	166,22	108	140	4,99

Figura 122: Modifica delle dimensioni del canale per riportare la velocità al di sotto del limite

Ma anche questa opzioni deve essere verificata con i vincoli architettonici imposti.

TRATTO	SEZIONE	ALTEZZA [mm]	PORTATA [L/S]	PORTATA [m³/h]	PERD. SPEC. [Pa/m]	DIAMETRO EQUIV. [mm]	BASE-DIAM. Teorico [mm]	DIAM-BASE [mm]	VELOCITÀ [m/s]
UTA-A	Rettangolare	200	140,00	504,00	1,83	170,82	153	180	4,15
A-C	Rettangolare	200	100,00	360,00	1,83	150,90	119	120	4,51
C-D	Rettangolare	200	40,00	144,00	1,83	107,67	61	150	1,43
A-B1	Circolare	200	40,00	144,00	4,50	90,96	91	200	1,43
C-B2	Rettangolare	200	60,00	216,00	2,60	118,02	118	220	1,45
D-B3	Circolare	200	40,00	144,00	1,83	108,82	109	200	0,97
B4-E	Rettangolare	200	65,00	234,00	0,00	128,76	130	250	1,39
B5-F	Rettangolare	200	65,00	234,00	0,00	128,76	87	250	1,39
E-F	Rettangolare	200	65,00	234,00	1,83	128,76	65	250	1,39
F-UTA	Rettangolare	300	130,00	468,00	1,83	166,22	166	250	1,85

Figura 123: Ipotesi di cambiamento delle dimensioni dei canali per rispettare le velocità consigliate

Sempre per l'esempio sopra considerato si ha in Figura 123 un'ipotesi di dimensioni dei canali terminali che rispettano i valori consigliati delle velocità massime secondarie ma non quelle dei limiti dimensionali iniziali.

Infatti i canali circolari sono raddoppiati nei diametri ed un canale è stato cambiato da circolare in rettangolare. Inoltre le altezze massime sono state modificate per raggiungere l'obiettivo dei limiti di velocità massime. E' sempre possibile fare questo?

3.3.1 OTTIMIZZAZIONE DELLE DIMENSIONI PER VELOCITA'

Quanto sopra detto per le verifiche della velocità massima nei rami terminali può essere in un certo senso automatizzato con la seconda scelta del menu **Dimensioni**, cioè **Ottimizza Dimensioni per velocità**, come indicato in Figura 124.

Dimensioni delle Reti aerailiche

Scelta automatica delle dimensioni dei canali. Occorre avere effettuato la fase di CALCOLO per le dimensioni iniziali. L'ottimizzazione per velocità richiede avere eseguito una volta il BILANCIAMENTO

Selezione Dimensioni Iniziali

Ottimizzazione dei canali per velocità

Velocità massima Limite: 8

Velocità massima Terminali: 2

Ottimizza Dimensioni per velocità

Uscita

Figura 124: Selezione dell'opzione Ottimizza Dimensioni per velocità

In questo caso il programma richiede che sia stata effettuata almeno una volta il **Bilanciamento** della rete in modo da avere i *valori delle velocità reali* (colonna N) già calcolate.

In caso si bilanciamento non effettuato si ha un messaggio di errore.

Nella stessa maschera di selezione si hanno le indicazioni delle **velocità massima limite** e di **terminale** memorizzate nel foglio **Parametri Fisici**, come già detto. L'Utente può controllare questi valori e/o modificarli.

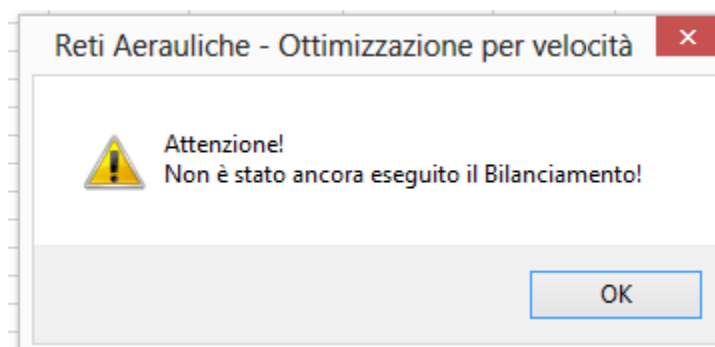


Figura 125: Segnalazione di errore per mancato bilanciamento iniziale

I nuovi valori digitati sono immediatamente inseriti nel foglio **Parametri_Fisici**. Si osserva che si possono cambiare i due valori limite della velocità mediante questa finestra anziché andare manualmente nel foglio **Parametri_Fisici**. In questo modo si possono variare questi parametri ed uscire per lanciare la fase di bilanciamento che colora le celle di velocità in accordo con i nuovi limiti indicati.

Questa opzione parte dai valori delle dimensioni già presenti nella colonna M per effettuare una serie di calcoli al fine di ridurre la velocità reale al di sotto dei valori limiti indicati rispettivamente per:

- **Rami terminali** la velocità_limite_terminali;
- **Rami principali** la velocità_massima_limite.

Questa distinzione consente di avere una velocità massima opportuna per i due tipi di rami, secondo quanto già indicato nella Tabella 3.

La modifica dei valori limite può essere fatta liberamente per ottimizzare la rete aeraulica. I valori eventualmente modificati rimangono memorizzati nel foglio **Parametri_Fisici** fino a nuova modifica.

Si tenga presente che il programma non tiene conto (perché non ha modo di farlo) di limiti architettonici e/o funzionali. Esso si limita a ricalcolare la dimensione **DIAM-BASE** della colonna M in modo da soddisfare il limite della velocità massima di terminale. E' poi scelta dell'Utente accettare i risultati oppure modificarli manualmente come indicato in precedenza.

Questa opzione, oltre ad indicare le nuove dimensioni congruenti con i limiti di velocità, *lancia in cascata* anche la fase di bilanciamento per avere una verifica immediata dei risultati.

Si possono avere dimensioni di base (per sezioni rettangolari) o di diametro (per sezioni circolari) o di diametro maggiore (per sezioni ellittiche) molto grandi in funzione sia della velocità massima impostata che delle portate dei singoli rami della rete aeraulica. La scelta progettuale finale è assegnata solo all'Utente.

Si osservi ancora che questa fase di ottimizzazione parte dai valori già presenti nella colonna M e pertanto se si lancia più volte si possono avere risultati diversi, a differenza dell'opzione **Selezione Diametri Iniziali** che produce sempre lo stesso risultato.

Nel caso in cui si desideri annullare i risultati di questa opzione basta lanciare nuovamente l'opzione **Selezione Diametri Iniziali** a cui far seguire la fase di bilanciamento e di ottimizzazione desiderate.

La selezione **Ottimizza Dimensioni per velocità** avvia anche automaticamente la fase di bilanciamento, a differenza della opzione **Selezione Diametri Iniziali**, in modo da aggiornare anche la finestra di calcolo con i valori conseguenti, come visualizzato in Figura 126.

Si osservi che la fase di ottimizzazione dei diametri per velocità segue il criterio già indicato per l'opzione dei diametri iniziali circa la congruenza della dimensione **DIAM-BASE** fra rami consecutivi.

In questo caso viene calcolata la dimensione **DIAM-DASE** imponendo la velocità limite desiderata. Tuttavia in questo calcolo non si tiene conto dei risultati di bilanciamento e pertanto viene utilizzata la portata volumetrica letta nella colonna H unitamente all'altezza della colonna G.

Ne consegue che il calcolo di bilanciamento successivo può fornire valori di velocità reali leggermente diversi a quelli indicati come limite. Fra l'altro il bilanciamento calcola il diametro equivalente a pari caduta di pressione e non a pari portata. Ciò può comportare diversità di risultati fra quanto previsto nella fase **Dimensioni** e nella fase **Bilancia**. Sono sempre da considerare corretti questi ultimi.

L'Utente può poi modificare le dimensioni proposte come crede più opportuno.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
r.c.d. iniz. =	5,00			Altitudine =	18,00	m	Peso Lamiera	320,42	kg - m²	47,12
				T mandata =	18,00	°C	Peso Allum.	259,05	kg - m²	0,09
r.c.d. calc. =	5,00			T ripresa =	26,00	°C	Peso Fibra	0,00	kg - m²	0,00
13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
DIAM-BASE	VELOCITÀ	PERD SPEC	PERD SPEC	PERD DIST	PERD CONC	P CONIP.DIS	P TOT	P CIRC.	P CIRC.	DP BILANC
[mm]	[m/s]	mm c.a./m	[Pa/m]	[Pa]	[Pa]	r.c.d.	[Pa]	[Pa]	[mm c.a.]	[Pa]
260	3,90	0,05	0,53	5,32	26,61	5,00	31,93			
260	2,78	0,03	0,29	2,32	11,60	5,00	13,92			
260	1,11	0,01	0,06	0,45	2,26	5,00	2,71			
200	1,27	0,01	0,08	0,08	0,39	5,00	0,47	32,40	3,30	49,84
200	1,91	0,02	0,16	0,16	0,81	5,00	0,97	46,81	4,77	35,42
200	1,27	0,01	0,08	0,08	0,39	5,00	0,47	49,02	5,00	33,21
410	1,90	0,02	0,15	0,15	0,75	5,00	0,90	68,74	7,01	13,49
280	1,69	0,01	0,11	0,11	0,57	5,00	0,68	82,23	8,38	0,00
260	1,34	0,01	0,06	1,04	5,19	5,00	6,23			
260	2,68	0,02	0,22	2,25	11,24	5,00	13,49			

Figura 126: Risultati dei calcoli con ottimizzazione per velocità

Come già detto inizialmente, questa opzione di calcolo esegue solo il calcolo dimensionale con velocità limite imposta, senza altra considerazione progettuale e verifica fluidodinamica. Non vengono, quindi, tenuti in conto vincoli di altra natura se non quelli della velocità limite imposta.

Considerazioni sul metodo a velocità limite imposta

Il metodo di calcolo preferenziale utilizzato dal programma **Reti Aerauliche** è quello a **perdita specifica di pressione costante** che assicura un miglior bilanciamento della rete ed una migliore utilizzazione della prevalenza della soffiante.

Se si utilizza l'opzione **Ottimizza Dimensioni per velocità** si perdono questi benefici e le perdite di pressione sono solo consequenziali alla velocità imposta. Questo significa che si possono avere canali di grandi dimensioni e che le perdite distribuite possono risultare molto basse rispetto a quelle localizzate. Se si desidera avere una velocità media bassa, possibilmente già al di sotto del valore limite di velocità imposto, si può assegnare alla soffiante una prevalenza iniziale molto bassa, ad esempio 50 Pa, come indicato in Figura 127.

Prefisso assegnato alla Soffiante =		U		Delta-p massima =		7,25		[mm. c.a.]					
Prefisso assegnato ai terminali =		B		Delta-p massima =		71		[Pa]				r.c.d. iniz. =	
				Delta-p Soffiante =		5,10		[mm c.a.]					
				Delta-p Soffiante =		50		[Pa]				r.c.d. calc. =	
2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13		
TRATTO	LOCALE	LUNGH.	TIPO	SEZIONE	ALTEZZA	PORTATA	PORTATA	PERD SPEC.	DIAMETRO	BASE-DIAM.	DIAM-BASE		
		[m]	CANALE		[mm]	[L/S]	[m³/h]	[Pa/m]	EQUIV [mm]	Teorico [mm]	[mm]		
UTA-A		10,00	Lamiera	Rettangolare	150	140,00	504,00	0,23	262,36	360	370		
A-C		8,00	Lamiera	Rettangolare	150	100,00	360,00	0,23	231,77	281	290		
C-D		8,00	Lamiera	Rettangolare	150	40,00	144,00	0,23	165,37	143	150		
A-B1	STANZA	1,00	Alluminio	Circolare	150	40,00	144,00	0,58	136,57	137	140		
C-B2	STANZA	1,00	Alluminio	Circolare	150	60,00	216,00	0,33	177,20	177	150		
D-B3	STANZA	1,00	Alluminio	Rettangolare	150	40,00	144,00	0,23	163,38	140	140		
B4-E		1,00	Lamiera	Rettangolare	100	65,00	234,00	0,23	197,76	307	310		
B5-F		1,00	Lamiera	Rettangolare	150	65,00	234,00	0,23	197,76	205	210		
E-F		16,00	Lamiera	Rettangolare	200	65,00	234,00	0,23	197,76	153	310		
F-UTA		10,00	Lamiera	Rettangolare	200	130,00	468,00	0,23	255,29	256	310		

Figura 127: Rete aeraulica con prevalenza della soffiante di 50 Pa

I risultati ottenuti normalmente sono riportati in Figura 128 nella quale si osservano valori delle dimensioni più elevati e velocità nei canali significativamente inferiori a quelle ottenute con Δp soffiante di 300 Pa. Inoltre si osserva in questo caso un incremento del rapporto r.c.d.

In definitiva la scelta della prevalenza iniziale della soffiante è fondamentale per la corretta progettazione della rete aerailica.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
r.c.d. iniz.=	-			Altitudine =	100,00	m	Peso Lamiera	342,04	kg - m ²	50,30
				T mandata=	18,00	*C	Peso Allum.	92,48	kg - m ²	0,61
r.c.d. calc.=	7,323			T ripresa=	26,00	*C	Peso Fibra	0,00	kg - m ²	0,00
13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
DIAM-BASE	VELOCITÀ	PERD. SPEC.	PERD. SPEC.	PERD. DIST.	PERD. CONC.	P. CONIP. DIS.	P. TOT.	P. CIRC.	P. CIRC.	DP BILANC.
[mm]	[m/s]	[mm c. a./m]	[Pa/m]	[Pa]	[Pa]	r.c.d.	[Pa]	[Pa]	[mm c. a.]	[Pa]
370	2,82	0,02	0,24	2,43	12,56	5,17	14,99			
290	2,52	0,02	0,23	1,80	2,80	1,55	4,61			
150	1,90	0,02	0,20	1,60	1,59	1,00	3,18			
140	2,60	0,04	0,43	0,43	4,43	10,27	4,86	19,85	2,02	51,24
150	3,40	0,07	0,64	0,64	7,56	11,77	8,21	27,80	2,83	43,29
140	2,03	0,02	0,24	0,24	2,70	11,36	2,94	25,72	2,62	45,37
310	2,41	0,03	0,26	0,26	2,23	8,45	2,50	49,16	5,01	21,93
210	2,22	0,02	0,22	0,22	1,88	8,74	2,10	71,09	7,25	0,00
310	1,13	0,00	0,04	0,69	0,82	1,20	1,51			
310	2,26	0,02	0,15	1,49	20,44	13,74	21,93			

Figura 128: Risultati con prevalenza della soffiante di 50 Pa

3.4 MENU BILANCIA

Dal menu principale si seleziona la voce **Bilancia**, come indicato in Figura 129. Si ha immediatamente la finestra di Figura 130.



Figura 129: 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, senza tenere conto delle tipologie indicate nella finestra di input per le perdite localizzate.

Si osservi che se si pone **r.c.d.=0** ma non sono presenti resistenze localizzate in input il programma visualizzerà **r.c.d. calc. =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.

La fase di calcolo di bilanciamento effettua un calcolo più raffinato e corretto (cioè si utilizzano formule non semplificate) delle perdite di pressione nei circuiti avendo disponibili le dimensioni reali dei canali.

Viene calcolato il fattore di attrito reale, le perdite specifiche reali in funzione del Numero di Reynolds e tutte le altre grandezze derivate.

Si tiene conto della temperatura dell'aria per il calcolo della velocità e della viscosità dinamica e cinematica e si apporta la correzione per altitudine.

Come già detto, la fase di calcolo iniziale non può tenere conto di queste grandezze perché non si conosce ancora il diametro equivalente dei canali.

Prefisso assegnato alla Soffiana		U	Delta-p massima =			[mm. c.a.]	
Prefisso assegnato ai terminali		B	Delta-p massima =			[Pa]	r.c.d. iniz. =
			Delta-p Soffiante =		30,58	[mm c.a.]	
			Delta-p Soffiante =		300	[Pa]	30,58 r.c.d. calc. =

2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
TRATTO	LOCALE	LUNGH.	TIPO	SEZIONE	ALTEZZA	PORTATA	PORTATA	PERD.SPEC	DIAMETRO	BASE-DIAM	DIAM-BASE
		[m]	CANALE		[mm]	[L/S]	[m³/h]	[Pa/m]	EQUIV [mm]	Teorico [mm]	[mm]
UTA-A		10,00	Lamiera	Rettangolare	150	140,00	504,00	1,85	169,67	150,65	200,00
A-C		8,00	Lamiera	Rettangolare	150	85,00	306,00	1,85	141,18	104,30	150,00
C-D		8,00	Lamiera	Rettangolare	150	40,00	144,00	1,85	106,95	59,86	100,00
A-B1	STANZA	1,00	Alluminio	Circolare	100	55,00	198,00	4,55	101,72	101,72	100,00
C-B2	STANZA	1,00	Alluminio	Circolare	100	45,00	162,00	2,63	105,26	105,26	100,00
D-B3	STANZA	1,00	Alluminio	Circolare	100	40,00	144,00	1,85	108,05	108,05	100,00
B4-E		1,00	Lamiera	Rettangolare	100	65,00	234,00	1,85	127,89	128,40	130,00
B5-F		1,00	Lamiera	Rettangolare	150	65,00	234,00	1,85	127,89	85,60	100,00
E-F		16,00	Lamiera	Rettangolare	200	65,00	234,00	1,85	127,89	64,20	120,00
F-UTA		10,00	Lamiera	Rettangolare	200	130,00	468,00	1,85	165,10	106,98	160,00

Bilanciamento delle reti aerauliche

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

0

Delta_p della soffiante (Pa)

300

Temperatura di mandata (°C)

18

Temperatura di ripresa (°C)

26

Avvia il bilanciamento delle reti

Uscita dal Bilanciamento

Figura 130: Finestra del fase di bilanciamento

E' importante ricordare che **il calcolo di bilanciamento parte dai valori delle dimensioni presenti nella colonna M** (unitamente a quelle della colonna G) **senza mai modificarli**. Questo significa che l'Utente può effettuare la fase di bilanciamento con più ipotesi di dimensioni reali dei canali.

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

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

Si ottengono i risultati riportati in Figura 131.

r.c.d. iniz. =	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
				Altitudine =	18,00	m	Peso Lamiera	232,56	kg - m²	34,20
				T mandata =	18,00	°C	Peso Allum.	114,91	kg - m²	0,04
				T ripresa =	26,00	°C	Peso Fibra	0,00	kg - m²	0,00
r.c.d. calc. =	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
DIAM-BASE	VELOCITA'	PERD. SPEC	PERD. SPEC	PERD. DIST	PERD. CONC	P. CONIP. DIS	P. TOT	P. CIRC.	P. CIRC.	DP BILANC
[mm]	[m/s]	[mm c.a./m]	[Pa/m]	[Pa]	[Pa]	r.c.d.	[Pa]	[Pa]	[mm c.a.]	[Pa]
200,00	5,00	0,10	0,97	9,70	22,38	2,31	32,08			
150,00	4,03	0,08	0,78	6,22	7,24	1,16	13,45			
100,00	2,87	0,06	0,54	4,36	3,68	0,84	8,04			
100,00	3,95	0,10	0,98	0,98	10,31	10,48	11,29	43,37	4,42	102,14
100,00	3,23	0,07	0,68	0,68	6,90	10,09	7,58	53,12	5,42	92,39
100,00	2,87	0,06	0,55	0,55	5,45	9,86	6,00	59,58	6,07	85,93
130,00	5,35	0,19	1,82	1,82	11,09	6,11	12,91	108,76	11,09	36,76
100,00	4,67	0,13	1,30	1,30	8,43	6,46	9,73	145,51	14,83	0,00
120,00	2,93	0,04	0,43	6,83	5,59	0,82	12,41			
160,00	4,34	0,07	0,72	7,22	29,54	4,09	36,76			

Figura 131: Risultati della fase di bilanciamento

Il programma calcola tutti i valori dalla colonna N fino alla W. In particolare vengono calcolate le perdite di pressione distribuite, concentrate e totali di ciascun circuito individuato dai terminali. Viene anche indicato in grassetto il terminale corrispondente al circuito più sfavorevole e quindi viene indicato il valore della **Delta-p massima** (sia in Pa che in mm. di c.a.) ottenuta.

Delta-p massima =	14,83	[mm. c.a.]
Delta-p massima =	146	[Pa]
Delta-p Soffiante =	30,58	[mm c.a.]
Delta-p Soffiante =	300	[Pa]

Figura 132: Visualizzazione della Delta-p massima

Questo dato risulta utile per confrontarlo col Δp della soffiante ed eventualmente procedere ad un nuovo calcolo che preveda una nuova prevalenza della soffiante o una nuova fase di bilanciamento dei circuiti con altre ipotesi sulle dimensioni dei rami.

Fra l'altro, oltre alle perdite totali, la variazione delle dimensioni reali dei rami può risultare utile e necessaria per controllare la velocità massima nei vari rami. Questo è necessario per limitare i problemi di rumorosità ambientale.

Effetti della selezione delle dimensioni reali dei canali

Quando si cerca di ottimizzare la fase di bilanciamento ci si trova praticamente di fronte a due opzioni:

- Incrementare le dimensioni reali del canale selezionato (ad esempio passare da 250 a 300 mm per canali rettangolari);
- Ridurre le dimensioni del canale attualmente presenti nella colonna M.

Nel primo caso, di solito per i rami principali, si ha un effetto benefico sulla perdite di pressione dei circuiti che contengono quel (o quei) ramo.

Nel secondo caso, di solito per i rami terminali, si ha effetto solo sulle perdite di pressione del ramo interessato. Inoltre spesso si ha il problema di non scegliere dimensioni al di sotto dei minimi commerciali (ad esempio dei canali circolari flessibili).

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 soffiante di mandata.

Allora l'unico modo per bilanciare questi circuiti è la serranda di regolazione (opportunamente dimensionata, come indicato dal programma) o una serranda a portata costante.

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 133. Nel riquadro a sinistra si hanno le ipotesi di calcolo presenti nel foglio e che è sempre possibile modificare.

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 (vedi figura);
- 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 felice. 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.

Prefisso assegnato alla Soffiana		U		Delta-p massima =		[mm. c.a.]			
Prefisso assegnato ai terminali		B		Delta-p massima =		[Pa]		r.c	
				Delta-p Soffiante =		30,58 [mm c.a.]			
				Delta-p Soffiante =		300 [Pa]		30,58 r.	

2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
TRATTO	LOCALE	LUNGH. [m]	TIPO CANALE	SEZIONE	ALTEZZA [mm]	PORTATA [L/S]	PORTATA [m³/h]	PERD.SPEC. [Pa/m]	DIAMETRO EQUIV. [mm]	BASE-DIAM. Teorico [mm]
UTA-A		10,00	Lamiera	Rettangolare	150					
A-C		8,00	Lamiera	Rettangolare	150					
C-D		8,00	Lamiera	Rettangolare	150					
A-B1	STANZA	1,00	Alluminio	Circolare	100	55,00				
C-B2	STANZA	1,00	Alluminio	Circolare	100	45,00				
D-B3	STANZA	1,00	Alluminio	Circolare	100	40,00				
B4-E		1,00	Lamiera	Rettangolare	100	65,00				
B5-F		1,00	Lamiera	Rettangolare	150	65,00				
E-F		16,00	Lamiera	Rettangolare	200					
F-UTA		10,00	Lamiera	Rettangolare	200					

Calcolo dei diametri equivalenti delle reti aeruliche

Questa fase effettua il calcolo dei diametri minimali di tutti i circuiti della rete. Si possono anche scegliere i canali con dimensioni di base 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 soffiante (Pa)

Temperatura di mandata (°C)

Temperatura di ritorno (°C)

Avvia il calcolo delle reti Aeruliche

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

Rinuncia al calcolo

Figura 133: Selezione della fase di calcolo completo con bilanciamento

Si ricordi che, per quanto già detto a proposito delle resistenze localizzate per i canali dell'aria, dopo una prima fase di stabilizzazione dei calcoli (nei quali si sono assunti rapporti dimensionali di primo tentativo), cioè quando si ritiene di avere raggiunto l'optimum dimensionale dei vari rami, allora occorre verificare se i rapporti dimensionali (R/W , R/D , $F2/F1$, ...) sono corretti in caso contrario occorre aggiustarli e ripetere la verifica finale.

3.4.1 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**, **Dimensioni**, **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 di verificare i limiti di velocità massime nei canali.

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 completa) e quindi si ha una sorta di **how-if**: si modifica la selezione delle dimensioni 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 dei rami principali che li compongono agendo là dove è più opportuno ed efficace farlo.

Ancora una volta si ribadisce che il controllo della velocità massima è effettuato solo numericamente dal programma e che il rispetto di questi limiti comporta variazioni dimensionali specifiche che debbono sempre attuate dall'Utente in funzione anche (o meglio soprattutto) delle limitazioni in altezza dovute ai vincoli architettonici.

Inoltre occorre sempre verificare che la Δp massima rientri nei limiti della Δp utile assegnata quale ipotesi di calcolo iniziale. Quest'ultima verifica può costituire un velo limite tecnologico nel caso di reti molto estese nelle quali le cadute di pressioni totali sono elevate.

Si ricordi che per perdite di pressione totali ($\Delta p_{totali} = \Delta p_{utile} + \Delta p_{UTA}$) determinano la scelta del tipo di soffiante passando, ad esempio, dal tipo a pale in avanti a quello a pale rovesce per Δp elevate o addirittura alle soffianti elicoidali.

Le soffianti a pale in avanti sono quelle standard fornite dai costruttori. Gli altri tipi di soffianti sono considerate speciali ed hanno costi superiori, oltre che consumi energetici alquanto più elevati rispetto a quelle a pale in avanti.

Il programma non cambia mai le dimensioni della colonna M se non su comando (menu **Dimensioni** nelle due opzioni possibili). Questa caratteristica è stata impostata proprio per potere effettuare tutte le modifiche necessarie per raggiungere il risultato finale del progetto della rete.

3.4.2 CALCOLO DEL PESO DEI CANALI

Il programma calcola automaticamente, in fase di bilanciamento, il peso dei canali, suddiviso per tipologia, nonché la superficie laterale degli stessi, come illustrato in Figura 134.

Altitudine =	18,00	m	Peso Lamiera	309,54	kg - m ²	45,52
T mandata=	18,00	*C	Peso Allum.	192,75	kg - m ²	0,91
T ripresa=	26,00	*C	Peso Fibra	0,00	kg - m ²	0,00

Figura 134: Visualizzazione dei dati calcolati per il peso dei canali e delle superfici

Questi valori risultano utili sia per il computo metrico dei canali che per il calcolo della superficie di coibentazione.

3.4.3 ESEMPIO DI RETE AEREAULICA ESTESA

Viene riportato un esempio di rete aerea aerea estesa (alcune decine di metri, vedi Figura 136) con 16 bocchette di mandata.

Avviata la fase di calcolo completa con le ipotesi indicate in Figura 137 si hanno i risultati di Figura 138 e Figura 139.

Come si vede i primi tre rami principali hanno velocità superiori ai 6 m/s e pertanto si può agire sulle dimensioni reali per ridurre il valore, come già indicato in precedenza.

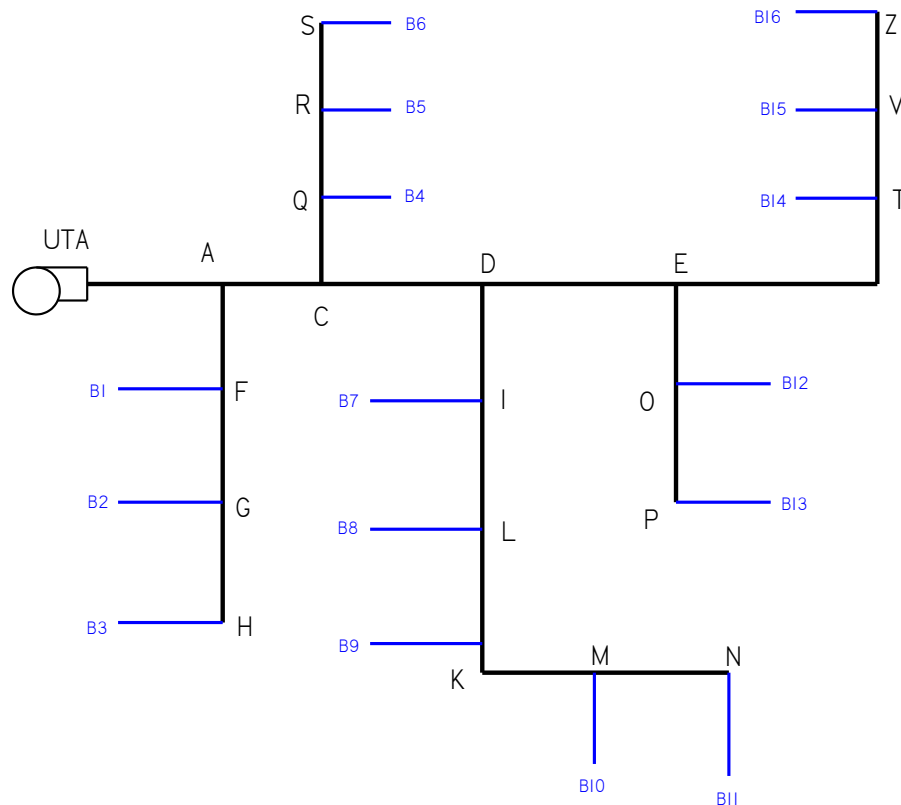


Figura 135: Layout di una rete aerailica estesa

										</

Figura 136: Esempio di rete aerailica estesa

[illegible]

Figura 137: Lancio della fase di calcolo completa

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Figura 138: Risultati finali per la rete aerea estesa

r.c.d. iniz. =	-			Altitudine =	15,00	m	Peso Lamiera	916,78	kg - m²	134,82
				T mandata=	15,00	*C	Peso Allum.	0,00	kg - m²	0,00
r.c.d. calc. =	2,622			T ripresa=	18,00	*C	Peso Fibra	0,00	kg - m²	0,00
DIAM-BASE	VELOCITA	PERD. SPEC	PERD. SPEC	PERD. DIST	PERD. CONC	P. COMP. DIS	P. TOT	P. CIRC	P. CIRC	OP. BILANC
[mm]	[m/s]	[mm c. a. /m]	[Pa/m]	[Pa]	[Pa]	r.c.d.	[Pa]	[Pa]	[mm c. a.]	[Pa]
340	7,43	0,10	0,98	5,91	142,57	24,14	148,47			
290	6,86	0,10	0,93	4,67	20,78	4,45	25,45			
230	6,36	0,10	0,94	7,49	17,86	2,38	25,35			
170	4,48	0,06	0,60	3,58	8,85	2,47	12,43			
120	4,67	0,08	0,81	3,24	9,64	2,98	12,87			
120	4,51	0,10	0,95	3,80	8,99	2,37	12,79			
110	1,72	0,01	0,14	0,57	1,30	2,30	1,87			
100	6,37	0,34	3,32	9,95	14,90	1,50	24,86	186,20	18,98	58,25
110	5,26	0,21	2,09	6,28	10,18	1,62	16,46	190,59	19,43	53,85
110	5,26	0,21	2,09	6,28	20,72	3,30	27,00	203,00	20,69	41,44
170	3,20	0,03	0,32	1,30	3,63	2,80	4,93			
120	3,12	0,04	0,39	1,55	3,45	2,22	5,00			
120	1,56	0,01	0,11	0,45	0,86	1,92	1,31			
110	5,26	0,21	2,09	6,28	10,18	1,62	16,46	195,31	19,91	49,14
110	5,26	0,21	2,09	6,28	10,18	1,62	16,46	200,31	20,42	44,14
120	4,42	0,14	1,38	4,13	7,19	1,74	11,32	196,48	20,03	47,97
200	3,59	0,04	0,36	1,80	4,58	2,54	6,38			
170	3,41	0,04	0,36	1,82	4,13	2,27	5,95			
140	3,16	0,04	0,36	1,80	3,54	1,97	5,33			
120	2,49	0,03	0,26	1,30	2,21	1,70	3,51			
120	1,25	0,01	0,08	0,38	0,55	1,46	0,93			
110	4,21	0,14	1,40	4,20	6,52	1,55	10,71	216,37	22,06	28,08
110	4,21	0,14	1,40	4,20	6,52	1,55	10,71	222,32	22,66	22,13
110	4,21	0,14	1,40	4,20	6,52	1,55	10,71	227,65	23,21	16,80
120	3,54	0,09	0,92	2,76	4,60	1,67	7,36	227,80	23,22	16,64
120	3,54	0,09	0,92	2,76	4,60	1,67	7,36	228,73	23,32	15,71
120	2,71	0,04	0,38	13,24	2,60	0,20	15,85			
120	1,35	0,01	0,11	0,55	0,65	1,18	1,20			
120	2,65	0,06	0,55	1,65	2,59	1,57	4,24	231,79	23,63	12,66
120	2,65	0,06	0,55	1,65	2,59	1,57	4,24	232,99	23,75	11,46
170	4,71	0,08	0,82	4,95	7,88	1,59	12,83			
130	4,15	0,08	0,77	3,87	6,11	1,58	9,98			
130	2,07	0,02	0,22	1,11	1,53	1,37	2,64			
120	4,42	0,14	1,38	2,75	7,19	2,61	9,94	234,47	23,90	9,98
120	4,42	0,14	1,38	2,75	7,19	2,61	9,94	244,45	24,92	0,00
130	3,77	0,10	0,94	1,87	5,22	2,79	7,09	244,24	24,90	0,21

Figura 139: Risultati del bilanciamento della rete estesa

Volendo ottimizzare la rete per velocità, con i limiti di Figura 140, si ottengono i risultati di Figura 141.

Dimensioni delle Reti aerailiche
 ×

Scelta automatica delle dimensioni dei canali . Occorre avere effettuato la fase di CALCOLO per le dimensioni iniziali. L'ottimizzazione per velocità richiede avere eseguito una volta il BILANCIAMENTO

Selezione Dimensioni Iniziali

Ottimizzazione dei canali per velocità

Velocità massima Limite

Velocità massima Terminali

Ottimizza Dimensioni per velocità

Uscita

Figura 140: Lancio dell'ottimizzazione per velocità

11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
r.c.d. iniz. =	-			Altitudine =	15,00	m	Peso Lamiera	1446,50	kg - m²	212,72
				T mandata =	15,00	°C	Peso Allum.	0,00	kg - m²	0,00
r.c.d. calc. =	3,686			T ripresa =	18,00	°C	Peso Fibra	0,00	kg - m²	0,00
DIAM-BASE	VELOCITÀ	PERD. SPEC.	PERD. SPEC.	PERD. DIST.	PERD. CONC.	P. COMP. DIS.	P. TOT.	P. CIRC.	P. CIRC.	DP BILANC.
[mm]	[m/s]	[mm c.a./m]	[Pa/m]	[Pa]	[Pa]	[Pa]	[Pa]	[Pa]	[mm c.a.]	[Pa]
430	5,91	0,06	0,57	3,40	90,40	26,61	93,80			
430	4,67	0,04	0,37	1,83	9,60	5,24	11,44			
430	3,42	0,02	0,21	1,66	5,15	3,10	6,81			
430	1,73	0,01	0,06	0,37	1,35	3,63	1,72			
430	1,25	0,00	0,03	0,14	0,69	5,08	0,82			
430	1,28	0,00	0,05	0,19	0,73	3,93	0,91			
430	0,42	0,00	0,00	0,02	0,08	3,97	0,10			
200	1,59	0,01	0,12	0,36	0,93	2,62	1,29	95,91	9,78	21,95
200	1,59	0,01	0,12	0,36	0,93	2,62	1,29	96,82	9,87	21,04
200	1,59	0,01	0,12	0,36	1,90	5,34	2,25	97,89	9,98	19,98
430	1,25	0,00	0,03	0,14	0,55	4,09	0,69			
430	0,83	0,00	0,02	0,07	0,25	3,75	0,31			
430	0,42	0,00	0,00	0,02	0,06	3,20	0,08			
200	1,59	0,01	0,12	0,36	0,93	2,62	1,29	107,21	10,93	10,65
200	1,59	0,01	0,12	0,36	0,93	2,62	1,29	107,53	10,96	10,34
200	1,59	0,01	0,12	0,36	0,93	2,62	1,29	107,61	10,97	10,26
430	1,67	0,01	0,06	0,28	0,99	3,47	1,27			
430	1,33	0,00	0,04	0,19	0,63	3,32	0,82			
430	1,00	0,00	0,02	0,11	0,35	3,12	0,47			
430	0,67	0,00	0,01	0,06	0,16	2,85	0,21			
430	0,33	0,00	0,00	0,02	0,04	2,42	0,06			
180	1,57	0,01	0,13	0,40	0,91	2,30	1,30	114,62	11,68	3,24
180	1,57	0,01	0,13	0,40	0,91	2,30	1,30	115,44	11,77	2,42
180	1,57	0,01	0,13	0,40	0,91	2,30	1,30	115,91	11,82	1,95
180	1,57	0,01	0,13	0,40	0,91	2,30	1,30	116,12	11,84	1,74
180	1,57	0,01	0,13	0,40	0,91	2,30	1,30	116,18	11,84	1,68
430	0,77	0,00	0,02	0,65	0,21	0,32	0,86			
430	0,39	0,00	0,01	0,03	0,05	1,91	0,08			
160	1,49	0,01	0,14	0,42	0,82	1,97	1,24	115,87	11,81	1,99
160	1,49	0,01	0,14	0,42	0,82	1,97	1,24	115,95	11,82	1,91
430	1,93	0,01	0,10	0,57	1,32	2,29	1,89			
430	1,28	0,00	0,05	0,23	0,59	2,53	0,82			
430	0,64	0,00	0,01	0,07	0,15	2,17	0,21			
200	1,59	0,01	0,12	0,24	0,93	3,94	1,17	116,83	11,91	1,03
200	1,59	0,01	0,12	0,24	0,93	3,94	1,17	117,65	11,99	0,21
200	1,59	0,01	0,12	0,24	0,93	3,94	1,17	117,86	12,01	0,00

Figura 141: Risultati ottimizzati per velocità della rete estesa

Si osservi come i primi tre rami principali siano colorati in cyan per indicare che è stata superata la velocità massima per i rami terminali, anche se è al di sotto della velocità massima limite per i rami principali. In questo caso è possibile accettare questa soluzione.

Avendo ottimizzato per la velocità si hanno dimensioni maggiori e perdite totali di pressione largamente inferiori (118 Pa) a quelle iniziali impostate per la soffiante (300 Pa).

Prefisso assegnato alla Soffiante =	U	Delta-p massima =	12,01 [mm. c.a.]	r.c.d. iniz. =	-
Prefisso assegnato ai terminali =	B	Delta-p massima =	118 [Pa]		
		Delta-p Soffiante =	30,58 [mm c.a.]		
		Delta-p Soffiante =	300 [Pa]	r.c.d. calc. =	3,686

 Figura 142: Valori della Δp massima per la rete estesa ottimizzata

3.5 MENU ARCHIVIA

Il programma **Reti Aerauliche** 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 3,7MBytes.

Il progetto che viene elaborato nel foglio Excel occupa molto meno spazio (da 2 a 10 kByte) 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 avviare dal menu principale la voce **Archivia**, vedi Figura 143, per avere la finestra di Figura 144.



Figura 143: 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 145. A questo punto si può selezionare un file esistente (per sovrascriverne il contenuto) o digitare un nuovo nome.

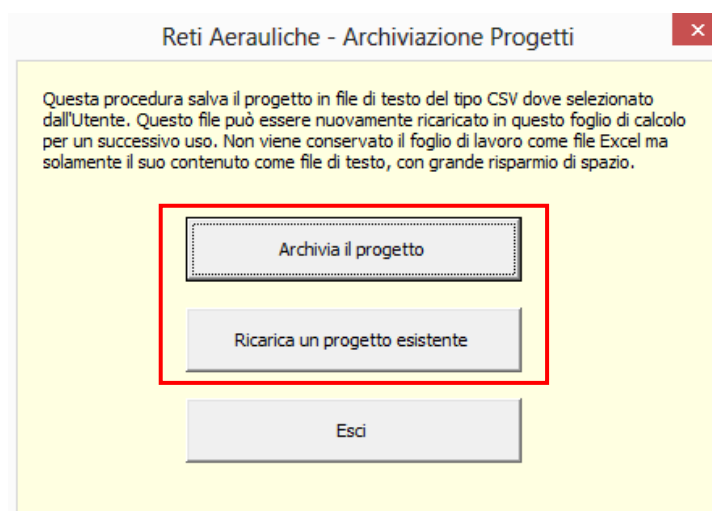


Figura 144: Finestra del menu Archivia

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

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.

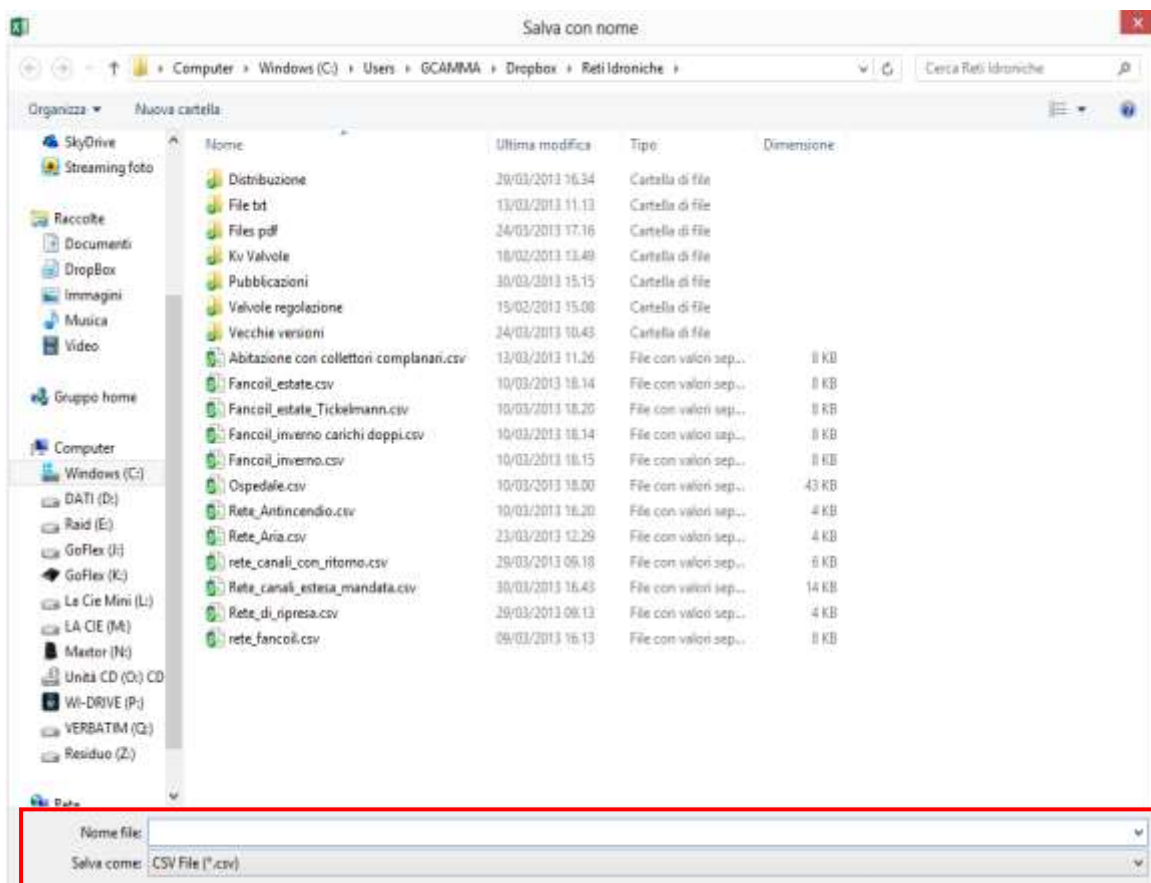


Figura 145: Finestra di selezione del file

3.5.2 RICARICA UN PROGETTO ESISTENTE

Si ha nuovamente una finestra di selezione file, già vista in Figura 145. Questa volta occorre selezionare un file con il mouse, come indicato in Figura 146. Il programma archivia il progetto ed emette un Beep per indicare la fine delle operazioni.

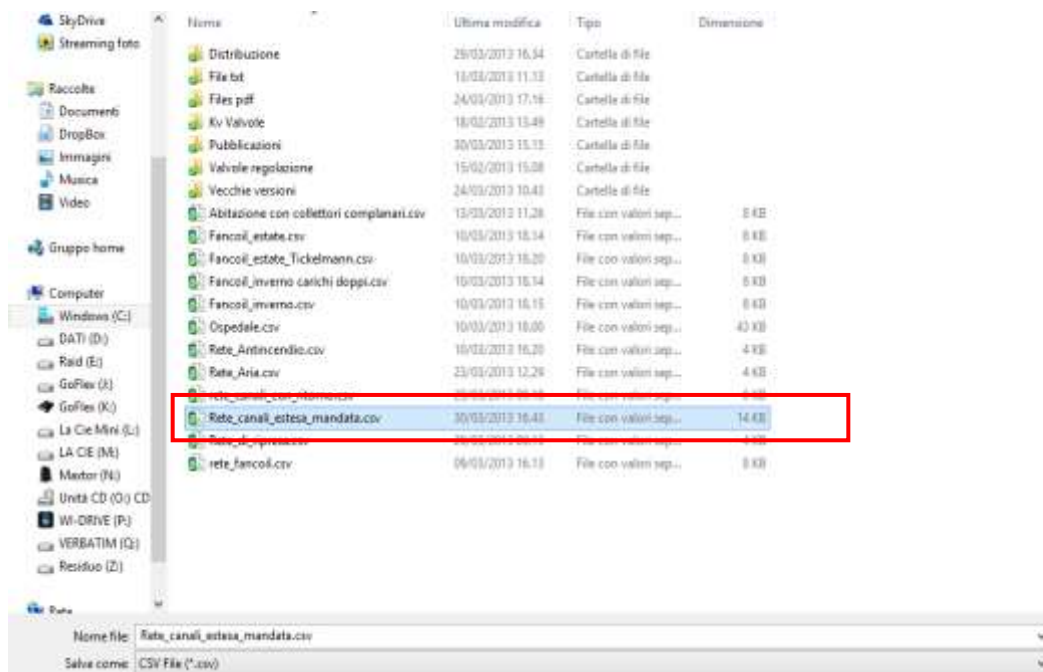


Figura 146: Selezione di un file da richiamare

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 147.



Figura 147: Avvio del menu Stampa

Si ha la finestra di Figura 148 nella quale è possibile digitare il nome del progetto che viene inserito nella testata dei fogli di stampa.

E' possibile selezionare la stampa del solo foglio di calcolo, del solo foglio delle resistenze localizzate o di entrambi i fogli spuntando il box corrispondente.

Se si è personalizzata la stampa (vedi dopo) segue la visualizzazione dell'anteprima di stampa (*Preview*) 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 152.

Se si desidera cambiare la stampante di default occorre farlo prima di lanciare la stampa, vedi Figura 153. Si osservi che l'attivazione della *Preview* non consente di cambiare la stampante attiva. Inoltre anche se si abbandona la *Preview* (qualora attivata) il programma completa egualmente la stampa.

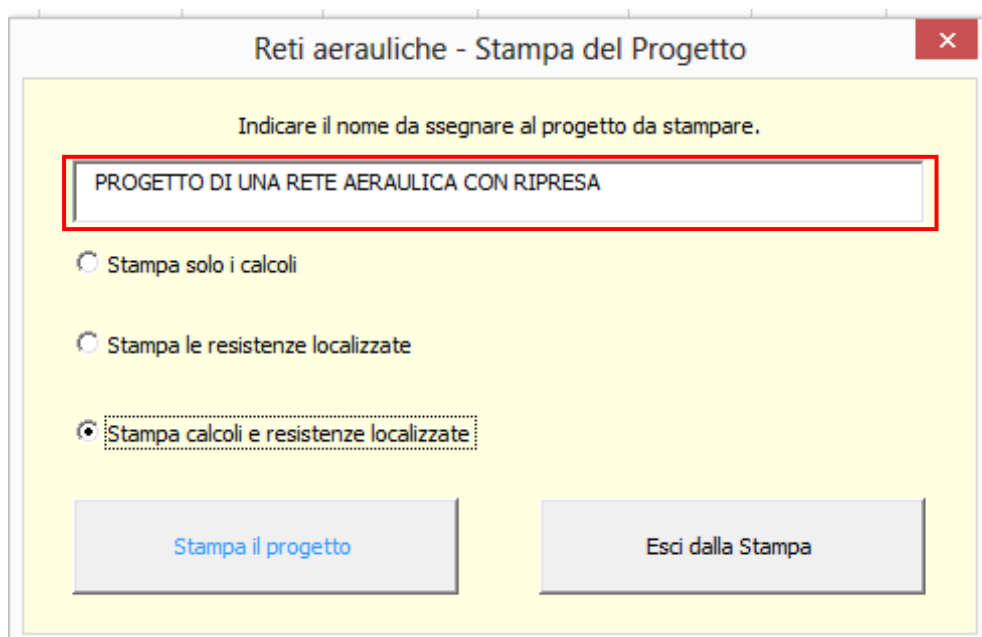


Figura 148: Finestra di stampa

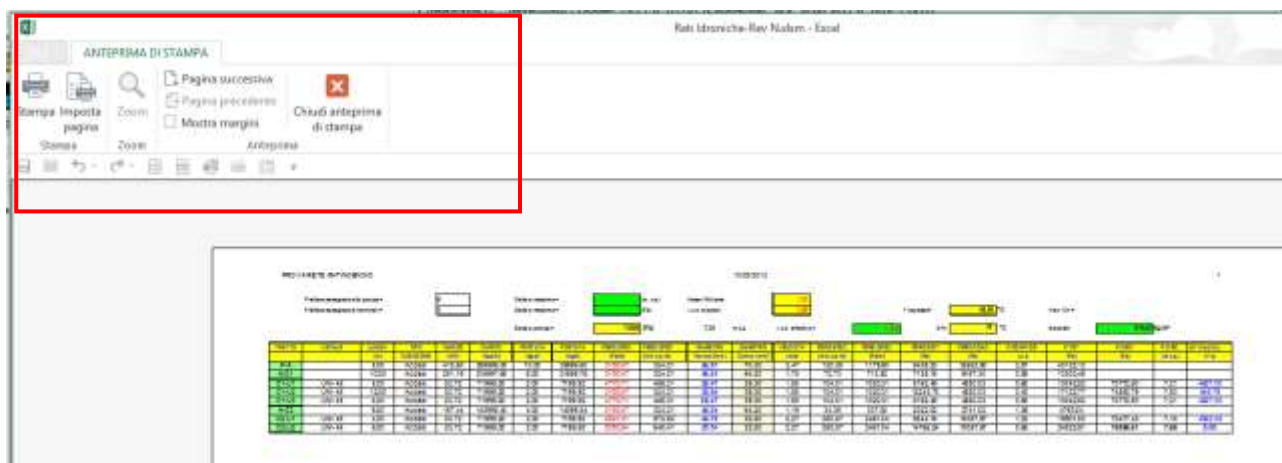


Figura 149: Anteprima di stampa

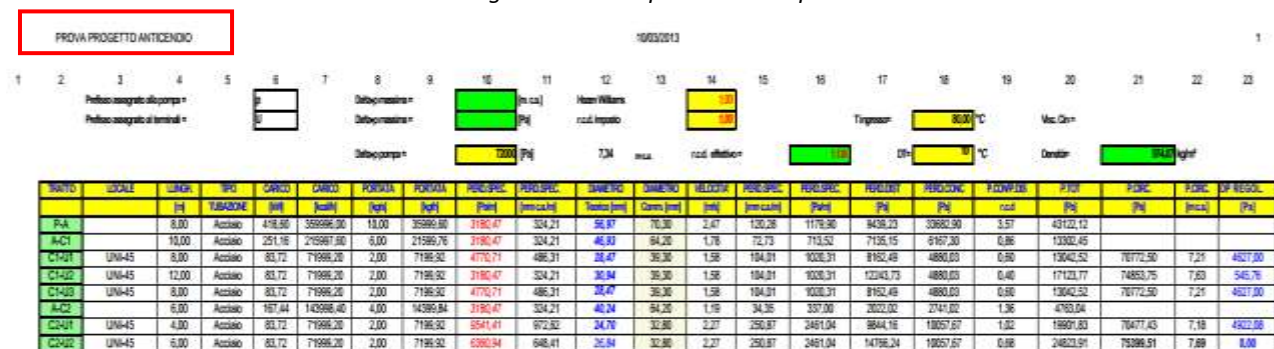


Figura 150: Esempio di stampa del sistema

[illegible]

Figura 151: Stampa delle resistenze localizzate



Figura 152: Selezione di una stampante con uscita PDF



Figura 153: Selezione della stampante predefinita


```
Range(area).Select
' La successiva riga attiva la Print_Preview - In caso non si desideri avere la prestanta apporre un apice
Range(area).PrintPreview ' fa vedere la preview della stampa in modo da modificare il layout di pagina
```

Figura 157: Riga di attivazione della Preview

```
' La successiva riga attiva la Print_Preview - In caso non si desideri avere la prestanta apporre un apice
'Range(area).PrintPreview ' fa vedere la preview della stampa in modo da modificare il layout di pagina
```

Figura 158: Annullamento della Preview

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 158.

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.

3.7 IL FOGLIO PARAMETRI_FISICI

Oltre al foglio principale di calcolo, denominato **Rete_Aeraulica**, si ha anche un secondo foglio, denominato **Parametri_Fisici**, dove sono archiviati alcuni dati utilizzati per il calcolo dei parametri termofisici dell’aria (densità, viscosità dinamica, viscosità cinematica), alcune definizioni per le tipologie dei canali e la velocità massima da considerare limite nei canali.

Nel foglio sono anche riportati alcuni dati per il calcolo delle perdite di pressione e il bilanciamento nell’UTA.

Infine sono riportati i dati e le rappresentazioni grafiche per il calcolo delle varie tipologie di perdite localizzate. Si consiglia di non variare questi dati perché si potrebbero avere malfunzionamenti del programma.

Non modificare neppure i nomi dei fogli di calcolo sopra indicati perché essi sono indicati esplicitamente nelle routine di calcolo come riferimenti assoluti alle celle di calcolo.

	Scabrosità	Densità
Tipologie Canali		kg/dm³
Lamiera	0,003	6,8
Alluminio	0,007	2,75
Fibra	0,009	1,25
Tipologie Sezioni		
Rettangolare		
Circolare		
Ellittica		
Velocità massima limite (m/s)	8	
Velocità massima rami terminali (m/s)	2	

Figura 161: Dati relativi alla tipologia dei materiali

```

velocita_limite = CDb1(Sheets("Parametri_Fisici").Cells(28, 3).Value) ' legge il valore della velocità massima da considerare un limit
velocita_limite_terminali = CDb1(Sheets("Parametri_Fisici").Cells(29, 3).Value) ' legge il valore della velocità limite per i canali terminali

scabrosita(1) = CDb1(Sheets("Parametri_Fisici").Cells(20, 3).Value) ' vettori delle scabrosità, delle densità e dei materiali
scabrosita(2) = CDb1(Sheets("Parametri_Fisici").Cells(21, 3).Value) ' scabrosità lamiera
scabrosita(3) = CDb1(Sheets("Parametri_Fisici").Cells(22, 3).Value) ' scabrosità alluminio
' scabrosità fibra

pesospecifico(1) = CDb1(Sheets("Parametri_Fisici").Cells(20, 4).Value) ' densità lamiera
pesospecifico(2) = CDb1(Sheets("Parametri_Fisici").Cells(21, 4).Value) ' densità alluminio
pesospecifico(3) = CDb1(Sheets("Parametri_Fisici").Cells(22, 4).Value) ' densità fibra

materiale(1) = Sheets("Parametri_Fisici").Cells(20, 2).Value ' materiale lamiera
materiale(2) = Sheets("Parametri_Fisici").Cells(21, 2).Value ' materiale alluminio
materiale(3) = Sheets("Parametri_Fisici").Cells(22, 2).Value ' materiale fibra

```

Figura 162: Lettura dei dati dei materiali dal foglio **Parametri_Fisici**

La scabrezza bassa è quella del materiale denominato **Lamiera** mentre quella media per gli altri due materiali.

Osservazione sul nome dei Materiali

E' importante tenere presente che i cambiamenti effettuati nel foglio **Parametri_Fisici** vengono letti nella fase di inizializzazione e/o di lancio dei programmi di **Calcola** e **Bilancia**. Non viene modificato l'input già presente nel foglio di calcolo.

Pertanto se si cambia la voce **Lamiera** in **Acciaio** (per fare un esempio) allora il menu a tendina si adegua a questa nuova scelta di materiale ma i dati presenti, Lamiera in questo caso, sono rimasti tali e quali.

Per evitare incongruenze nei risultati è bene operare manualmente il cambiamento dei materiali interessati nella celle della colonna E.

Si osservi che il programma ha sempre un'opzione di calcolo quando si trova dinnanzi ad incongruenze dei dati ma questo può portare ad avere calcoli non corretti o quanto meno non coerenti. In pratica quando la voce materiale nella cella corrispondente del canale non è fra le voci memorizzate allora vengono utilizzate formule semplificate che non tengono conto della scabrezza.

Inoltre il calcolo dei pesi e delle superfici dei canali non tiene conto dei materiali non riconosciuti.

Inizializzazione del Foglio di Calcolo

Reinizializza Progetto

Cancella tutto il Progetto

Personalizzazione Dati

Uscita

Sono cancellati i dati già calcolati lasciando inalterati i dati di input. Sono cancellati gli intervalli di selezione di calcolo e bilanciamento. Sono reinizializzati i valori nominali dei canali e dei fattori di perdita delle resistenze localizzate e i valori di default.

Viene totalmente cancellato il progetto esistente. Si ha una nuova pagina. Sono reinizializzati di dati di calcolo, valori nominali, i fattori delle perdite localizzate e i valori di default di calcolo. Vengono anche controllati e reinizializzati i valori del Fmolin Parametri Fisici

Personalizzazione dei dati relativi ai materiali dei canali d'aria, alle scabrezze e alle masse specifiche. E' possibile modificare anche la velocità massima limite e la velocità massima nei rami terminali.

Tutto resta invariato così come è visibile. Si esce dalla procedura.

Figura 164: menu di inizializzazione

Personalizzazione dei Dati per i Materiali dei Canali

TIPOLOGIA DEI MATERIALI DEI CANALI	SCABREZZA ASSOLUTA DEI MATERIALI (m)	DENSITA' DEI MATERIALI DEI CANALI (kg/dm³)
Lamiera	0,003	6,8
Alluminio	0,007	2,75
Fibra	0,009	1,25

Velocità limite nei canali principali e secondari. Questi valori possono essere modificati anche con il menu DIMENSIONI con l'opzione di ottimizzazione per velocità.

8

2

Velocità massima limite (m/s)

Velocità massima rami terminali (m/s)

Premere sempre questo tasto per uscire in modo sicuro

Uscita

Figura 165: Finestra di personalizzazione dei dati dei materiali

STRUTTURA DEI PROGRAMMI DI CALCOLO

Le routine di calcolo del presente foglio sono disponibili liberamente per coloro che vogliano analizzare e/o modificare il codice VBA.

Come già detto, l'ambiente di programmazione *Visual Basic for Application (VBA)* è un sofisticato linguaggio di programmazione ad oggetti di ultima generazione.

L'Utente può fare tutte le modifiche che ritiene opportuno. E' opportuno farle con perizia ed attenzione. Ogni modifica può influenzare il comportamento del programma e modificare i risultati finali.

I programmi sono ampiamente commentati per poterli seguire nel dettaglio, tuttavia quando questi si estendono per alcune decine di pagine risulta difficile la loro comprensione.

In pratica intervenire sui programmi è spesso difficile anche per l'Autore perché col tempo si finisce per dimenticarne l'architettura e le interazioni fra le singole routine.

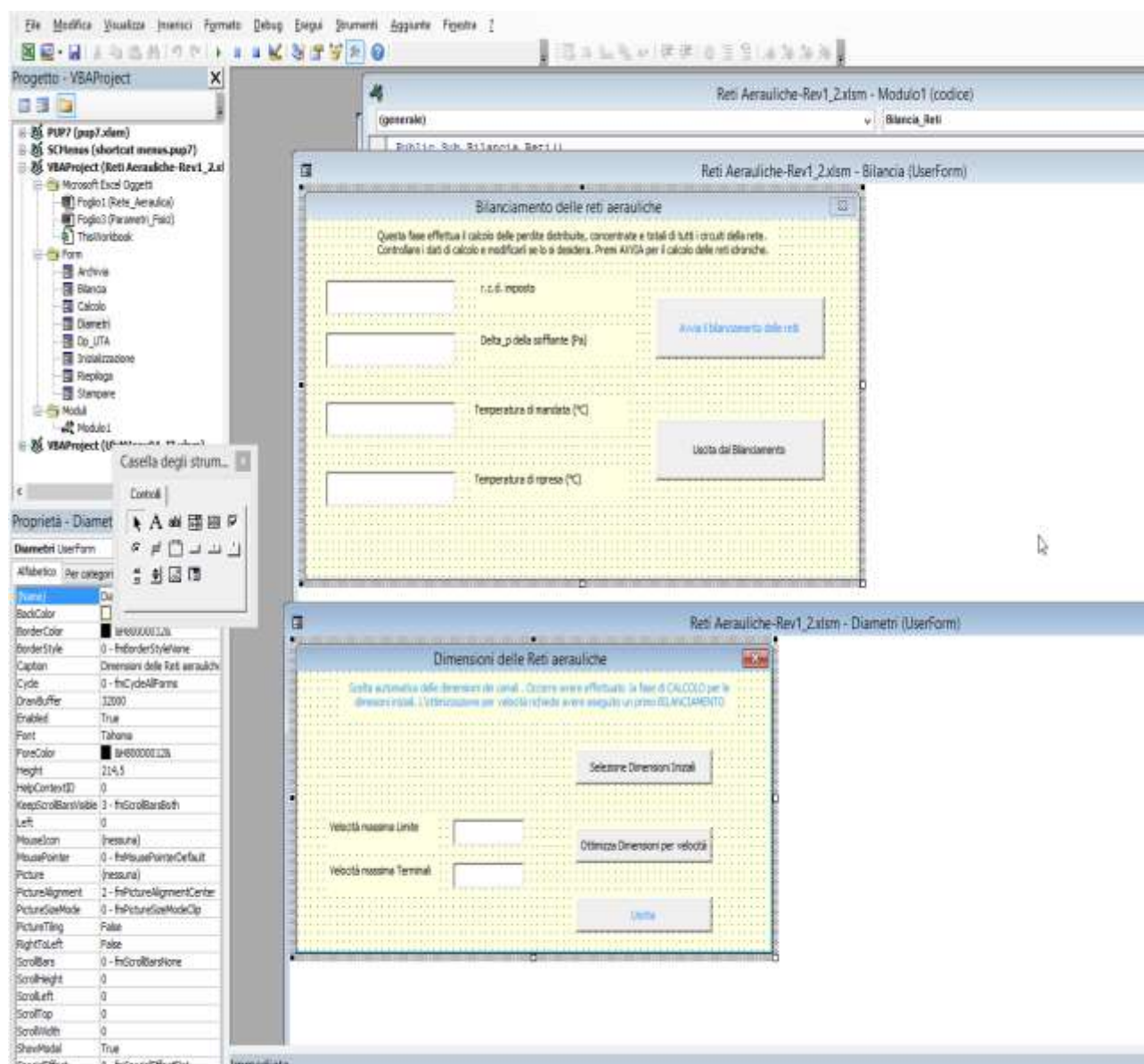


Figura 166: Finestra VBA per alcune maschere di input dati

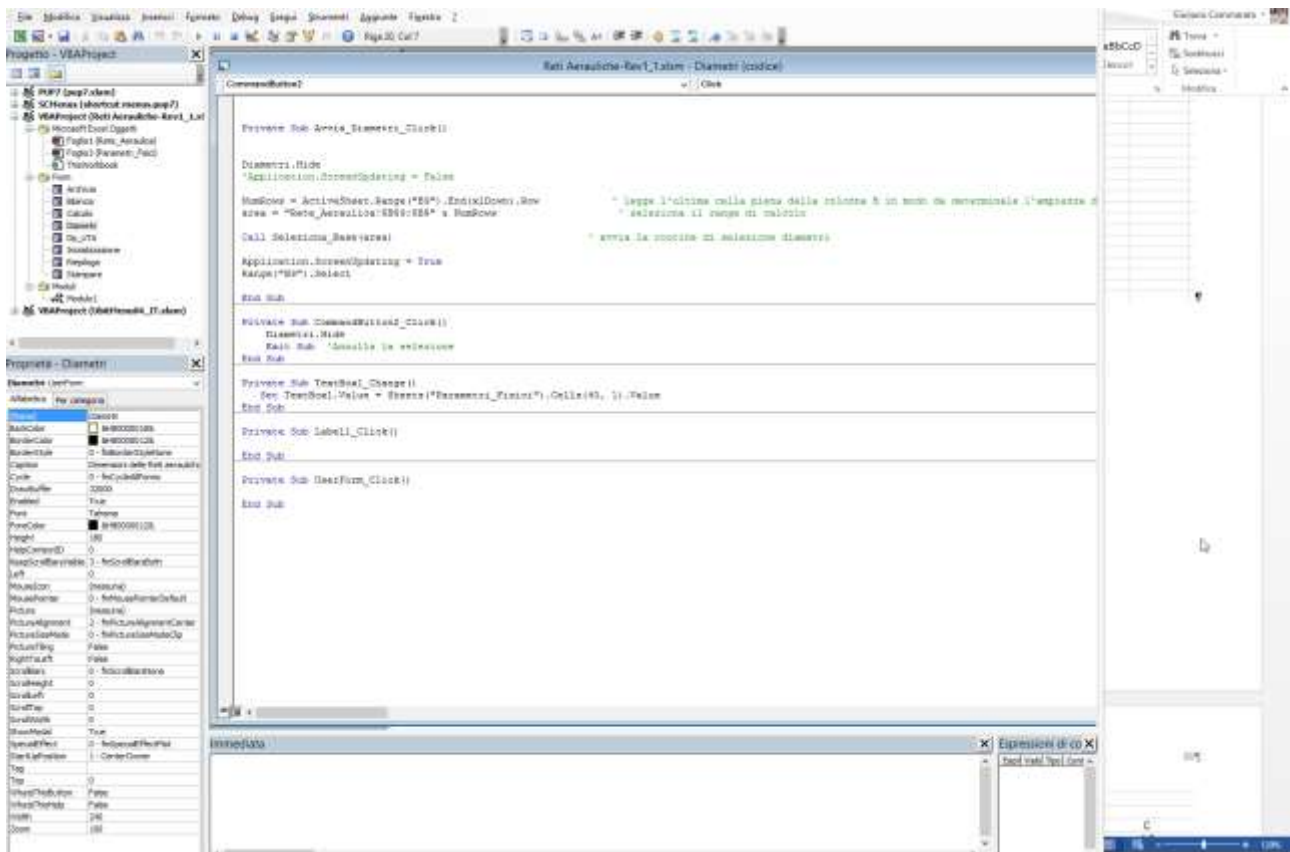


Figura 167: Ambiente VBA

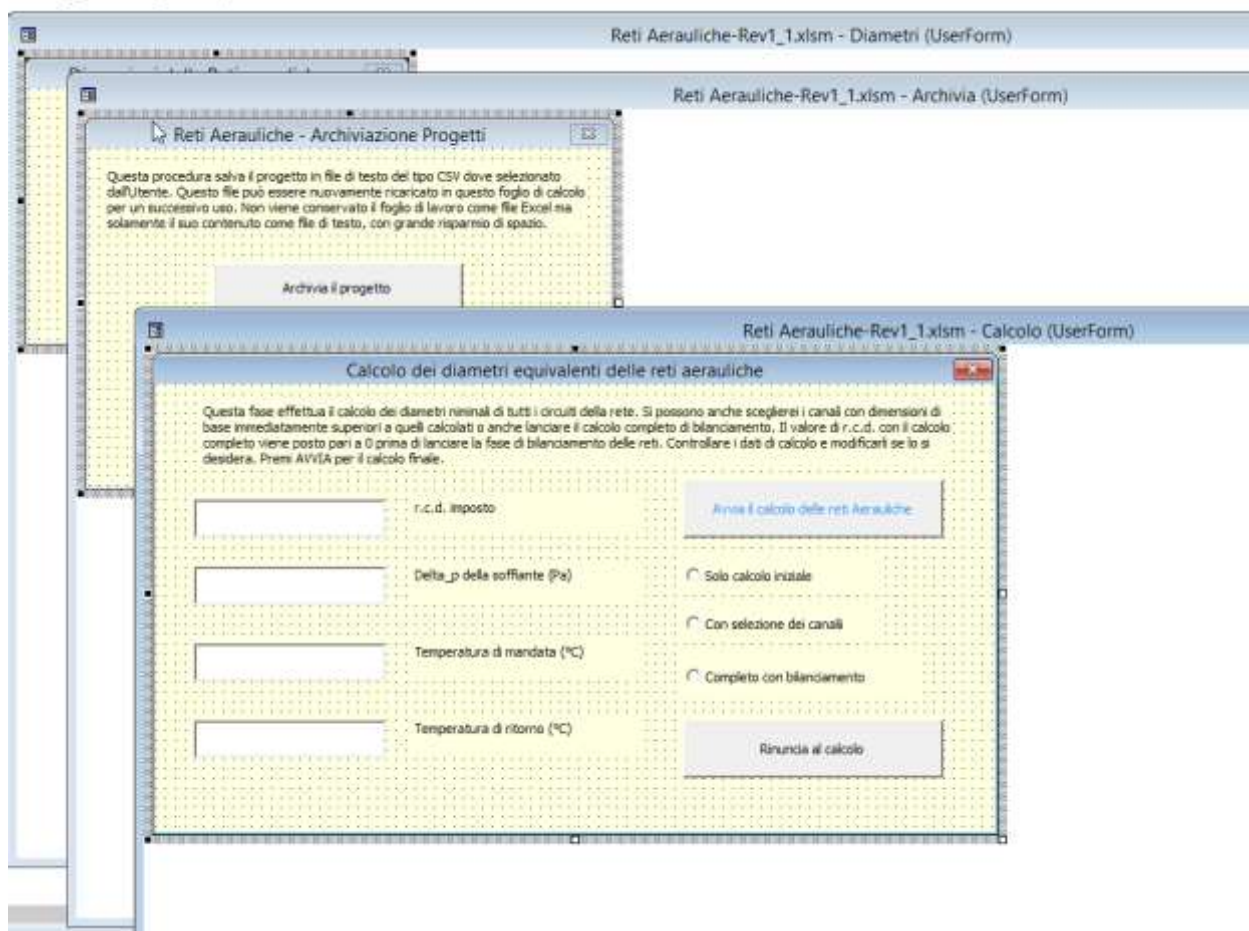


Figura 168: alcune maschere di input dati

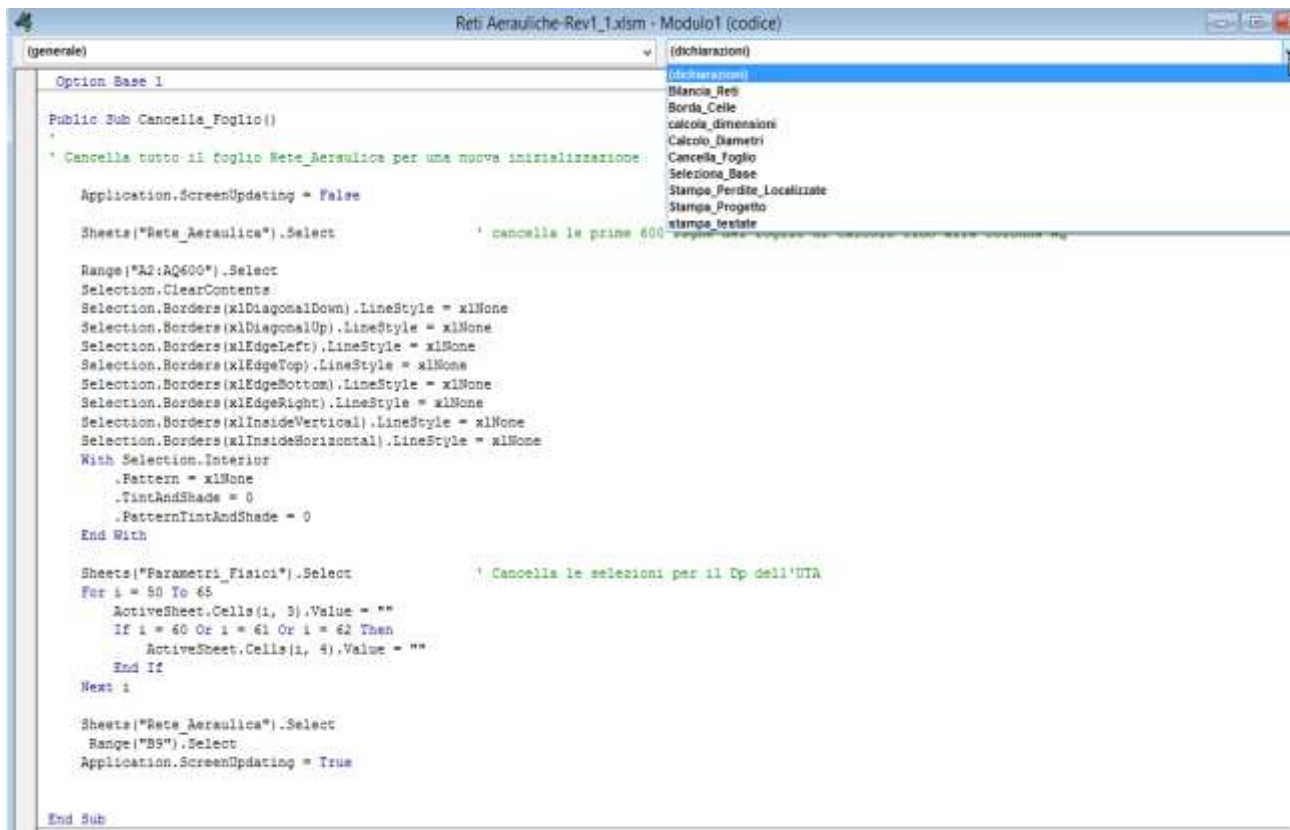


Figura 169: Le subroutine del modulo 1

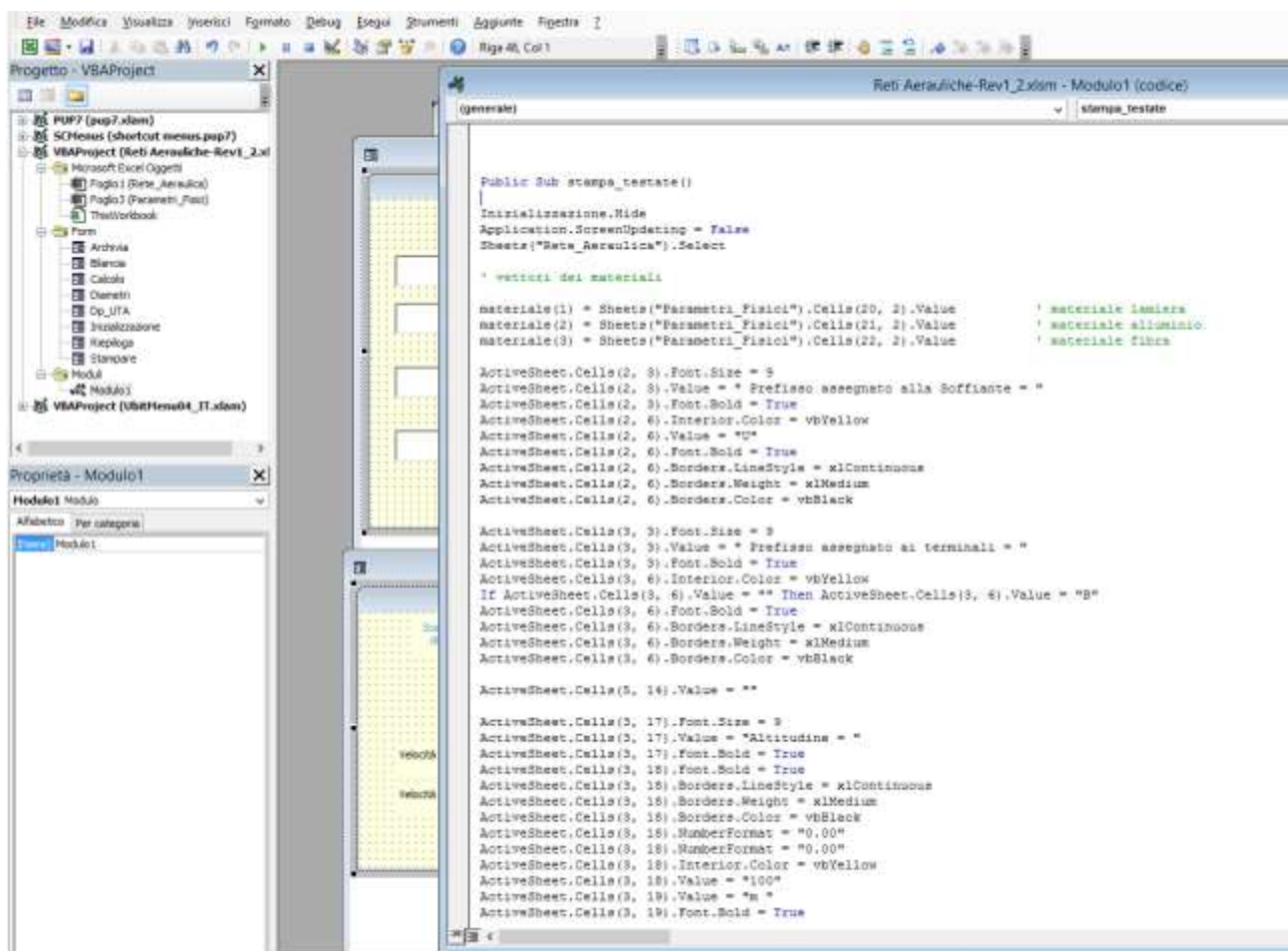


Figura 170: Inizio della routine Stampa Testate

3.8.5 STAMPA DEL PROGRAMMA

E' possibile ottenere la stampa dei programmi selezionando la fase di stampa dal menu **File** della finestra VBA.

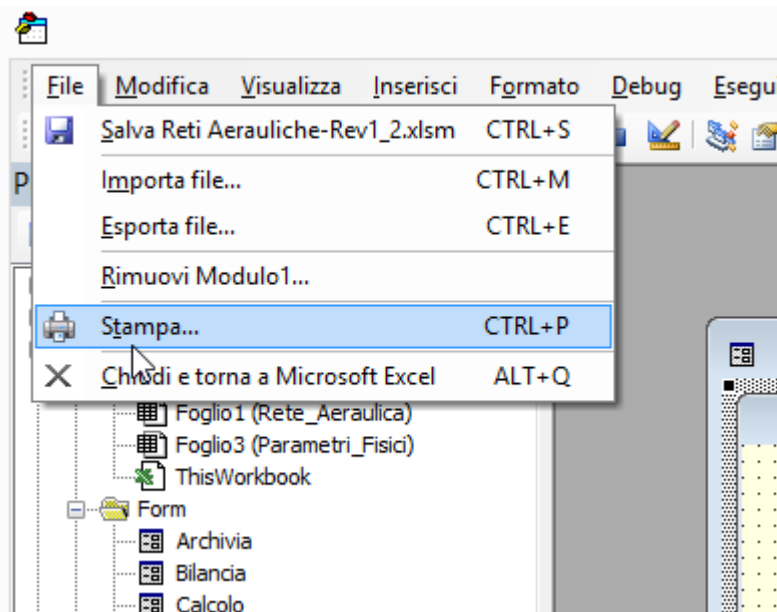


Figura 171: Selezione del menu Stampa

E' possibile stampare tutto o in parte il progetto o i moduli o anche le Form.

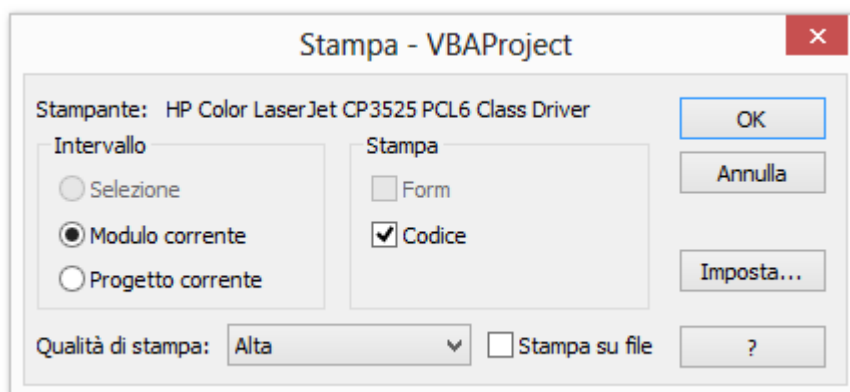


Figura 172: Finestra di stampa dei programmi

```
Fogliol - 1

Dim mycell As Range
Dim area As String

Private Sub Perdite_Click()

    Riepiloga.Show

End Sub

Private Sub Diametri_Click()

    Diametri.Show

End Sub

Private Sub Bilancia_rete_Click()

    Bilancia.Show

End Sub

Private Sub Esegui_Click()

    Calcolo.Show

End Sub
Private Sub Cancella_Click()

    Application.CommandBars("Reti Aerauliche").Delete

End Sub

Private Sub Inizializza_Click()

    Inizializzazione.Show

End Sub

Private Sub Archivia_Click()

    Archivia.Show

End Sub

Private Sub Stampa_Click()

    Stampare.Show

End Sub
```

Figura 173: Esempio di stampa dei programmi

```

Sub Archivia_Click()
End Sub

Public Sub Salva_Click()
Archivia.Hide

    Dim Filename As String
    Dim NumRows As Integer, NumCols As Integer
    Dim r As Long, c As Integer
    Dim Data

    On Error Resume Next

    Call apri_file(Filename)
    Sheets("Rete Aeraulica").Select
    NumRows = ActiveSheet.Range("B9").End(xlDown).Row          * legge l'ultima cella piena della colonna B in modo da determinale l'ampie
zza del foglio
    NumCols = 43                                                * tutto il foglio di lavoro, comprese le perdite localizzate
    Open Filename For Output As #1
    For r = 1 To NumRows
        For c = 1 To NumCols
            Data = ActiveSheet.Cells(r, c).Value
            If IsEmpty(ActiveSheet.Cells(r, c)) Then Data = ""
            If c <> NumCols Then
                Write #1, Data;
            Else
                Write #1, Data;
            End If
        Next c
    Next r
    Close #1
    On Error GoTo 0
    Beep
End Sub

```

Figura 174: Stampa della routine Archivia

Questa procedura salva il progetto in file di testo del tipo CSV dove selezionato dall'Utente. Questo file può essere nuovamente ricaricato in questo foglio di calcolo per un successivo uso. Non viene conservato il foglio di lavoro come file Excel ma solamente il suo contenuto come file di testo, con grande risparmio di spazio.

Archivia il progetto

Ricarica un progetto esistente

Esci

Figura 175: Stampa della Form per l'archiviazione dei progetti

INDICE GENERALE

1. IL PROGETTO DELLE RETI TECNOLOGICHE	4
1.1 I RAMI DELLE RETI AEREAULICHE	4
1.1.1 I CIRCUITI	4
1.2 METODOLOGIE DI PROGETTO DELLE RETI AEREAULICHE	6
1.2.1 LE EQUAZIONI DISPONIBILI	6
1.2.2 METODO A PERDITA SPECIFICA DI PRESSIONE COSTANTE	8
Perdita specifica per regime laminare	9
Perdita specifica per regime turbolento	9
1.2.3 ALGORITMO DI CALCOLO A $\psi = \text{COST}$	11
Osservazione sul calcolo finale	13
1.2.4 FASI DI INPUT E DI CALCOLO	13
Fase di Input dei dati	16
Congruenza dei dati e commenti	18
Osservazioni	18
Fase di calcolo	21
Etichettatura dei rami	21
1.3 SOMMARIO DELLE OPERAZIONI DI BASE PER L'USO DEL PROGRAMMA	23
2. USO DEL PROGRAMMA – FASE DI INPUT	27
2.1 AVVIAMENTO DEL PROGRAMMA DI CALCOLO	27
2.2 MENÙ INIZIALIZZAZIONE	28
2.2.1 REINIZIALIZZA PROGETTO	28
2.2.2 CANCELLA TUTTO IL PROGETTO	28
2.2.3 PERSONALIZZA DATI	29
2.3 PARAMETRI DI PROGETTO	30
2.3.1 SELEZIONE DEL PREFISSO PER LA SOFFIANTE E PER I TERMINALI	31
2.3.2 SELEZIONE DELLA PREVALENZA DELLA SOFFIANTE	32
2.3.3 CRITERI PER LA SELEZIONE DELLA PREVALENZA DELLA SOFFIANTE	32
Esempio di rete estesa	33
2.3.4 SELEZIONE DELLE IPOTESI DI CALCOLO	37
Osservazione sulla scelta di <i>r.c.d.</i>	37
2.3.5 SELEZIONE DELLE TEMPERATURE DI LAVORO	38
Osservazione sulla scelta delle temperature	38
2.3.6 OSSERVAZIONE DI PARAMETRI DI INPUT	38
2.3.7 INPUT DEI FATTORI DI DARCY PER LE PERDITE LOCALIZZATE	40
2.4 INPUT DEI DATI DELLA RETE AEREAULICA	41
2.4.1 INPUT DEI NOMI DEI TRATTI – 1° COLONNA	42
2.4.2 INPUT DELLE ETICHETTE DEI LOCALI – 2° COLONNA	42
2.4.3 INPUT DELLE LUNGHEZZE DEI RAMI – 3° COLONNA	43
2.4.4 INPUT DEL TIPO DI CANALE – 4° COLONNA	43

Osservazione sulla tipologia dei canali	44
2.4.5 INPUT DELLA TIPOLOGIA DI SEZIONE – 5° COLONNA	44
2.4.6 INPUT DELL'ALTEZZA MASSIMA – 6° COLONNA	45
2.4.7 INPUT DELLA PORTATA DEI RAMI TERMINALI – 7° COLONNA	45
2.4.8 INPUT DELLE TIPOLOGIE DI PERDITE LOCALIZZATE – COLONNE DA 25 A 43	46
Input guidato	48
Osservazioni sulle resistenze localizzate	51
Perdite di pressione per l'UTA	56
2.5 MENU RIEPOLOGA	58
Osservazioni sulle variazioni di quota	61
Osservazioni sulle perdite di imbocco e di sbocco	61
3. USO DEL PROGRAMMA – FASE DI CALCOLO	62
3.1 INTRODUZIONE ALLA FASE DI CALCOLO	62
Fase di Calcolo N. 1	62
Fase di Calcolo N.2	63
Fase di Calcolo N. 3	63
Calcolo automatico completo	64
Osservazione sul bilanciamento delle reti	64
3.2 MENU CALCOLA	67
3.2.1 SOLO CALCOLO INIZIALE	68
3.2.2 CON SELEZIONE DEI CANALI	70
3.2.3 CALCOLO COMPLETO CON BILANCIAMENTO	71
3.2.4 CALCOLO CON PRESENZA DELL'UTA	73
3.3 MENU DIMENSIONI	77
Criteri seguiti per il dimensionamento automatico	78
Fase di Calcolo e Selezione dei diametri concatenate	79
Osservazione sulla scelta delle dimensioni dei canali	79
3.3.1 OTTIMIZZAZIONE DELLE DIMENSIONI PER VELOCITA'	82
Considerazioni sul metodo a velocità limite imposta	84
3.4 MENU BILANCIA	85
Effetti della selezione delle dimensioni reali dei canali	87
Fase di Calcolo Completa con selezione dei diametri e Bilanciamento	87
3.4.1 OSSERVAZIONI SULL'USO DELLE FASI DI CALCOLO	88
3.4.2 CALCOLO DEL PESO DEI CANALI	89
3.4.3 ESEMPIO DI RETE AEREAULICA ESTESA	89
3.5 MENU ARCHIVIA	93
3.5.1 ARCHIVIA PROGETTO	94
3.5.2 RICARICA UN PROGETTO ESISTENTE	95
3.6 MENU STAMPA	96
Operazioni eseguite per la stampa del progetto	98
Personalizzazione della routine di Stampa	98
3.7 IL FOGLIO PARAMETRI FISICI	99
3.8 PERSONALIZZAZIONE DEL PROGRAMMA	101
3.8.1 PERSONALIZZAZIONE DELLA TIPOLOGIA DEI MATERIALI	101

Osservazione sul nome dei Materiali	102
Osservazione sui dati della personalizzazione	103
3.8.2 PERSONALIZZAZIONE DELLA DENSITÀ DEI MATERIALI	103
3.8.3 CONTROLLO DEI DATI PER I MATERIALI DEI CANALI	103
3.8.4 USO DEL MENU PERSONALIZZAZIONE	103
STRUTTURA DEI PROGRAMMI DI CALCOLO	104
3.8.5 STAMPA DEL PROGRAMMA	108

ELENCO DELLE FIGURE

FIGURA 1: RIEPILOGO DEI CARICHI TERMICI E DELLE PORTATE PER UN IMPIANTO AD ARIA PRIMARIA E FAN COIL	5
FIGURA 2: ESEMPIO DI RETE AEREAULICA	5
FIGURA 3: VISTA ASSONOMETRICA DI UNA RETE AEREAULICA	6
FIGURA 4: PERDITE SPECIFICHE IN TUBI IN ACCIAIO CON ACQUA A 80 °C	10
FIGURA 5: CURVE CARATTERISTICHE REALI DI SOFFIANTI	12
FIGURA 6: IL FOGLIO DI CALCOLO PER LE RETI AEREAULICHE	14
FIGURA 7: PRIMA PARTE DEL FOGLIO DI CALCOLO	14
FIGURA 8: SECONDA PARTE DEL FOGLIO ELETTRONICO	15
FIGURA 9: TERZA PARTE DEL FOGLIO DI CALCOLO	15
FIGURA 10: QUARTA PARTE DEL FOGLIO DI CALCOLO	16
FIGURA 11: SEZIONE DI INPUT DEI DATI	16
FIGURA 12: SELEZIONE DEL TIPO DI CANALE CON MENU A TENDINA	17
FIGURA 13: SELEZIONE DEL TIPO DI SEZIONE DEL CANALE CON MENU A TENDINA	17
FIGURA 14: INPUT DELLE PORTATE D'ARIA PER I SOLI RAMI TERMINALI	17
FIGURA 15: CAMPO PER COMMENTI E/O INDICAZIONI VARIE	18
FIGURA 16: ALGORITMO PER LA SOMMA DELLE LUNGHEZZE DEL CIRCUITO RELATIVO AL TRATTO	19
FIGURA 17: INPUT DELLE TIPOLOGIE DI RESISTENZE LOCALIZZATE	20
FIGURA 18: FATTORI DI DARCY DELLE VARIE PERDITE LOCALIZZATE	20
FIGURA 19: INDICAZIONE DELLE CORRELAZIONI DI CALCOLO PER LE PERDITE LOCALIZZATE	20
FIGURA 20: LANCIO DELLA FASE DI CALCOLO	21
FIGURA 21: AVVIAMENTO DELLA FASE BILANCIA	21
FIGURA 22: SELEZIONE DEI PREFISSI PER LA SOFFIANTE E PER I TERMINALI	21
FIGURA 23: ESEMPIO DI INPUT DI UNA RETE	22
FIGURA 24: ESEMPIO DI RETE CON RITORNO INVERSO	23
FIGURA 25: SELEZIONE DEL CALCOLO COMPLETO CON BILANCIAMENTO	25
FIGURA 26: OTTIMIZZAZIONE PER VELOCITÀ MASSIMA	26
FIGURA 27: MENU INIZIALE	27
FIGURA 28: FINESTRA DI INIZIALIZZAZIONE DEL FOGLIO DI CALCOLO	28
FIGURA 29: RICHIESTA DI CONFERMA PER LA CANCELLAZIONE DEL FOGLIO DI CALCOLO	29
FIGURA 30: FINESTRA DI PERSONALIZZAZIONE DEI DATI NEL FOGLIO PARAMETRI_FISICI	29
FIGURA 31: ARCHIVIO DEI DATI RELATIVI AI MATERIALI DEI CANALI	30
FIGURA 32: VALORI DI PROGETTO DELLE RETI AEREAULICHE	30
FIGURA 33: SELEZIONE DEI PREFISSI PER LA SOFFIANTE E PER I TERMINALI	31
FIGURA 34: ESEMPIO DI USO NON CORRETTO DEL PREFISSO PER I TERMINALI	31
FIGURA 35: MESSAGGIO DI ERRORE PER MANCANZA DI TERMINALI	31
FIGURA 36: SEGNALAZIONE DI MANCANZA DELLA SOFFIANTE E CORREZIONE DEL PREFISSO	32
FIGURA 37: SELEZIONE DELLA PREVALENZA DELLA SOFFIANTE	32
FIGURA 38: INDICAZIONE DELLE DIFFERENZE DI PRESSIONI CALCOLATE	32
FIGURA 39: ESEMPIO DI RETE DI RIPRESA ARIA	34
FIGURA 40: INPUT DELLA RETE DI RIPRESA CON DP-SOFFIANTE = 200 PA E R.C.D.=10	34
FIGURA 41: VALORI INIZIALI E FINALI DEL DELTA-P DELLA SOFFIANTE	35
FIGURA 42: INPUT DELLE RESISTENZE LOCALIZZATE DELLA RETE DI RIPRESA	35

FIGURA 43: RISULTATI DI CALCOLO DELLA RETE DI RIPRESA ARIA	35
FIGURA 44: RISULTATI FINALI CON $\Delta p_v = 1400$ Pa E R.C.D. = 210	36
FIGURA 45: SELEZIONE DELLE IPOTESI DI CALCOLO	37
FIGURA 46: SELEZIONE DELLE TEMPERATURE DI LAVORO	38
FIGURA 47: RIEPILOGO DELLE PROPRIETÀ TERMOFISICHE DELL'ARIA	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: MENU RIEPILOGA	41
FIGURA 53: FINESTRA DI RIEPILOGO DATI PER IL CONTROLLO E/O L'INPUT DEI DATI DI RAMO	41
FIGURA 54: SCHEMA UNIFILARE DI UNA RETE DI DISTRIBUZIONE DELL'ARIA	42
FIGURA 55: MENU A TENDINA PER LA SELEZIONE DEL TIPO DI MATERIALE DEL CANALE	43
FIGURA 56: SCELTA DEL FOGLIO DI CALCOLO	43
FIGURA 57: MENU A TENDINA PER LA SELEZIONE DEL TIPO DI SEZIONE DEL CANALE	44
FIGURA 58: TIPOLOGIE DI MATERIALI E DI SEZIONI NEL FOGLIO PARAMETRI_FISICI	44
FIGURA 59: ESEMPIO DI SEZIONE DI PASSAGGIO DEI CANALI IN UN CORRIDOIO	45
FIGURA 60: RESTRINGIMENTO DEI CANALI PER LO SCAVALCAMENTO DI TRAVI A TAGLIO	45
FIGURA 61: INPUT ASSISTITO E POSSIBILITÀ DI DIGITARE LA PORTATA IN m^3/h	46
FIGURA 62: INPUT COMPLETO DELLA RETE AEREAULICA	46
FIGURA 63: COLONNE PER L'INPUT DELLE PERDITE LOCALIZZATE	47
FIGURA 64: SELEZIONE DEL MODULO 1	48
FIGURA 65: INIZIO DEL MODULO 1	48
FIGURA 66: MENU DI SALVATAGGIO DEI FILE VBA	48
FIGURA 67: FINESTRA DI VBA	49
FIGURA 68: CODICE VBA CHE ASSEGNA I VALORI DI DEFAULT DEI FATTORI DI DARCY	50
FIGURA 69: INDICAZIONE GRAFICA DELLE TIPOLOGIE DI PERDITE LOCALIZZATE	50
FIGURA 70: INPUT COMPLETO DELLE RESISTENZE LOCALIZZATE PER UNA RETE AEREAULICA	50
FIGURA 71: FINESTRA DI INPUT GUIDATO ATTIVATA DAL MENU RIEPILOGA	51
FIGURA 72: INPUT ASSISTITO DELLE RESISTENZE LOCALIZZATE	52
FIGURA 73: CORRELAZIONI UTILIZZATE PER ALCUNE RESISTENZE LOCALIZZATE	52
FIGURA 74: CORRELAZIONI PER IL CALCOLO DI ALCUNE RESISTENZE LOCALIZZATE	53
FIGURA 75: CORRELAZIONI PER IL CALCOLO DI ALCUNE RESISTENZE LOCALIZZATE	54
FIGURA 76: CORRELAZIONI PER IL CALCOLO DI ALCUNE RESISTENZE LOCALIZZATE	55
FIGURA 77: CORRELAZIONI PER IL CALCOLO DI ALCUNE RESISTENZE LOCALIZZATE	56
FIGURA 78: INPUT ASSISTITO PER IL CALCOLO DELLE CADUTE DI PRESSIONE DELL'UTA	57
FIGURA 79: AGGIORNAMENTO DEL VALORE DELLA Δp DELL'UTA NEL FOGLIO DI CALCOLO	57
FIGURA 80: ATTIVAZIONE DELLA FINESTRA RIEPILOGA DAL MENU PRINCIPALE	58
FIGURA 81: FINESTRA DI RIEPILOGO	58
FIGURA 82: DATI PER LA RIGA 9, CORRISPONDENTE AL RAMO P-A	59
FIGURA 83: SELEZIONE DEL NUMERO DELLE RESISTENZE LOCALIZZATE CON IL MENU A TENDINA	59
FIGURA 84: CONFERMA DEI DATI DI RAMO	60
FIGURA 85: CONFERMA DEI DATI PER LE RESISTENZE LOCALIZZATE	60
FIGURA 86: TASTI DI CREAZIONE O DI CANCELLAZIONE DI RIGHE	60
FIGURA 87: SELEZIONE DI UNA RIGA IN EXCEL	61
FIGURA 88: TASTO DI CHIUSURA DEL RIEPILOGO	61
FIGURA 89: SELEZIONE DELLE PERDITE DI IMBOCCO	61
FIGURA 90: MENU PRINCIPALE CON LE INDICAZIONI DELLE FASI DI CALCOLO	62
FIGURA 91: ESEMPI DI SERRANDE DI TARATURA	65
FIGURA 92: SERRANDE DI REGOLAZIONE IN ACCIAIO	65
FIGURA 93: COEFFICIENTE C DELLE VALVOLE DI TARATURA	66
FIGURA 94: CADUTE DI PRESSIONE DELLE SERRANDE DI TARATURA	66
FIGURA 95: SERRANDE DI REGOLAZIONE A PORTATA COSTANTE	66
FIGURA 96: DATI DI INPUT DEI RAMI DELLA RETE AEREAULICA	67
FIGURA 97: DATI PER LE TIPOLOGIE DELLE RESISTENZE LOCALIZZATE	67
FIGURA 98: SELEZIONE DELLA FASE DI CALCOLO DAL MENU PRINCIPALE	67
FIGURA 99: FINESTRA DEL MENU DI CALCOLO	68
FIGURA 100: SELEZIONE DEL SOLO CALCOLO INIZIALE	69

FIGURA 101: RISULTATI OTTENUTI CON LA FASE N. 1	69
FIGURA 102: AVVIO DEL CALCOLO CON SELEZIONE DEI DIAMETRI	70
FIGURA 103: RISULTATI OTTENUTI CON LA SELEZIONE DEI DIAMETRI	70
FIGURA 104: AVVIO DEL CALCOLO COMPLETO CON BILANCIAMENTO	72
FIGURA 105: RISULTATI CON IL CALCOLO COMPLETO	72
FIGURA 106: VISTA DELLA SECONDA PARTE DEL FOGLIO RELATIVA AL BILANCIAMENTO	72
FIGURA 107: NUOVI RISULTATI DI BILANCIAMENTO	73
FIGURA 108: COMPOSIZIONE DI UN'UTA	74
FIGURA 109: PERDITE LOCALIZZATE DELL'UTA	75
FIGURA 110: FINESTRA DELLE PERDITE LOCALIZZATE	75
FIGURA 111: RISULTATI CON L'INSERIMENTO DELL'UTA NELLE PERDITE LOCALIZZATE	76
FIGURA 112: RISULTATI SENZA L'INSERIMENTO DELL'UTA NELLE PERDITE LOCALIZZATE	76
FIGURA 113: FASE DI CALCOLO CON PREVALENZA DI 550 PA	76
FIGURA 114: RISULTATI DI CALCOLO CON ΔP SOFFIANTE PARI A 558 PA	77
FIGURA 115: RISULTATI DI CALCOLO CON ΔP SOFFIANTE PARI A 200 PA	77
FIGURA 116: SELEZIONE DELLA VOCE DIAMETRI	77
FIGURA 117: FINESTRA DI CONFERMA DEL MENU DIAMETRI	78
FIGURA 118: SELEZIONE DEI DIAMETRI COMMERCIALI	78
FIGURA 119: SELEZIONE DI CALCOLO CON SELEZIONE DEI DIAMETRI	79
FIGURA 120: INDICAZIONE DEL VALORE DELLE VELOCITÀ MASSIME	80
FIGURA 121: SUPERAMENTO DELLA VELOCITÀ MASSIMA LIMITE	81
FIGURA 122: MODIFICA DELLE DIMENSIONI DEL CANALE PER RIPORTARE LA VELOCITÀ AL DI SOTTO DEL LIMITE	81
FIGURA 123: IPOTESI DI CAMBIAMENTO DELLE DIMENSIONI DEI CANALI PER RISPETTARE LE VELOCITÀ CONSIGLIATE	82
FIGURA 124: SELEZIONE DELL'OPZIONE OTTIMIZZA DIMENSIONI PER VELOCITÀ	82
FIGURA 125: SEGNALAZIONE DI ERRORE PER MANCATO BILANCIAMENTO INIZIALE	83
FIGURA 126: RISULTATI DEI CALCOLI CON OTTIMIZZAZIONE PER VELOCITÀ	84
FIGURA 127: RETE AEREAULICA CON PREVALENZA DELLA SOFFIANTE DI 50 PA	84
FIGURA 128: RISULTATI CON PREVALENZA DELLA SOFFIANTE DI 50 PA	85
FIGURA 129: SELEZIONE DELLA FASE BILANCIA	85
FIGURA 130: FINESTRA DEL FASE DI BILANCIAMENTO	86
FIGURA 131: RISULTATI DELLA FASE DI BILANCIAMENTO	86
FIGURA 132: VISUALIZZAZIONE DELLA DELTA-P MASSIMA	87
FIGURA 133: SELEZIONE DELLA FASE DI CALCOLO COMPLETO CON BILANCIAMENTO	88
FIGURA 134: VISUALIZZAZIONE DEI DATI CALCOLATI PER IL PESO DEI CANALI E DELLE SUPERFICI	89
FIGURA 135: LAYOUT DI UNA RETE AEREAULICA ESTESA	90
FIGURA 136: ESEMPIO DI RETE AEREAULICA ESTESA	90
FIGURA 137: LANCIO DELLA FASE DI CALCOLO COMPLETA	91
FIGURA 138: RISULTATI FINALI PER LA RETE AEREAULICA ESTESA	91
FIGURA 139: RISULTATI DEL BILANCIAMENTO DELLA RETE ESTESA	92
FIGURA 140: LANCIO DELL'OTTIMIZZAZIONE PER VELOCITÀ	92
FIGURA 141: RISULTATI OTTIMIZZATI PER VELOCITÀ DELLA RETE ESTESA	93
FIGURA 142: VALORI DELLA ΔP MASSIMA PER LA RETE ESTESA OTTIMIZZATA	93
FIGURA 143: MENU ARCHIVIA	94
FIGURA 144: FINESTRA DEL MENU ARCHIVIA	94
FIGURA 145: FINESTRA DI SELEZIONE DEL FILE	95
FIGURA 146: SELEZIONE DI UN FILE DA RICHIAMARE	95
FIGURA 147: AVVIO DEL MENU STAMPA	96
FIGURA 148: FINESTRA DI STAMPA	96
FIGURA 149: ANTEPRIMA DI STAMPA	97
FIGURA 150: ESEMPIO DI STAMPA DEL SISTEMA	97
FIGURA 151: STAMPA DELLE RESISTENZE LOCALIZZATE	97
FIGURA 152: SELEZIONE DI UNA STAMPANTE CON USCITA PDF	97
FIGURA 153: SELEZIONE DELLA STAMPANTE PREDEFINITA	97
FIGURA 154: PARTICOLARE DELLA TESTATA DELLA PRIMA PAGINA DI STAMPA	98
FIGURA 155: RIGHE DI INTESAZIONE DEI FOGLI DI STAMPA	98
FIGURA 156: MODULO 1 VBA PER LA PERSONALIZZAZIONE DELLA ROUTINE DI STAMPA	98
FIGURA 157: RIGA DI ATTIVAZIONE DELLA PREVIEW	99
FIGURA 158: ANNULLAMENTO DELLA PREVIEW	99

FIGURA 159: VISUALIZZAZIONE DI UNA PARTE DEL FOGLIO PARAMETRI_FISICI	100
FIGURA 160: ALTRI DATI NEL FOGLIO PARAMETRI_FISICI – DATI PER UTA	101
FIGURA 161: DATI RELATIVI ALLA TIPOLOGIA DEI MATERIALI	102
FIGURA 162: LETTURA DEI DATI DEI MATERIALI DAL FOGLIO PARAMETRI_FISICI	102
FIGURA 163: ESEMPIO DI EFFETTI DEL CAMBIO DELLA VOCE MATERIALE	103
FIGURA 164: MENU DI INIZIALIZZAZIONE	104
FIGURA 165: FINESTRA DI PERSONALIZZAZIONE DEI DATI DEI MATERIALI	104
FIGURA 166: FINESTRA VBA PER ALCUNE MASCHERE DI INPUT DATI	105
FIGURA 167: AMBIENTE VBA	106
FIGURA 168: ALCUNE MASCHERE DI INPUT DATI	106
FIGURA 169: LE SUBROUTINE DEL MODULO 1	107
FIGURA 170: INIZIO DELLA RUOTINE STAMPA TESTATE	107
FIGURA 171: SELEZIONE DEL MENU STAMPA	108
FIGURA 172: FINESTRA DI STAMPA DEI PROGRAMMI	108
FIGURA 173: ESEMPIO DI STAMPA DEI PROGRAMMI	109
FIGURA 174: STAMPA DELLA ROUTINE ARCHIVIA	110
FIGURA 175: STAMPA DELLA FORM PER L’ARCHIVIAZIONE DEI PROGETTI	110

ELENCO DELLE TABELLE

TABELLA 1: VALORI DEL FATTORE DI DARCY PER I CANALI D’ARIA	8
TABELLA 2: TIPOLOGIA DELLE PERDITE LOCALIZZATE	49
TABELLA 3: VALORI CONSIGLIATI DELLE VELOCITÀ DELL’ARIA NEI CANALI	80