



Nicola Taraschi

# Calcoli rapidi per l'impiantista

- Perdite di carico dei fluidi, dimensionamento di condotti in pressione (aria ed acqua) e a pelo libero
- Reti idrauliche risolte con metodi iterativi e reti gas
- Calcolo di collettori di scarico, grondaie e pluviali
- Calcoli sulle macchine: pompe, ventilatori, compressori, torri evaporative, scambiatori di calore, valvole, radiatori
- Proprietà termodinamiche del vapor d'acqua e psicrometria
- Trasmissione del calore
- Calcoli combustione e canne fumarie
- Dati climatici di riferimento ed elaborazione dati climatici orari
- Calcolo di strutture: travi continue e travature reticolari piane

## SOFTWARE INCLUSO

CALCOLI RAPIDI PER IL SETTORE IMPIANTISTICO

**Glossario** (principali termini tecnico-normativi), **F.A.Q.** (domande e risposte sui principali argomenti), **Test iniziale** (verifica della formazione di base), **Test finale** (verifica dei concetti analizzati)

Nicola Taraschi  
**CALCOLI RAPIDI PER L'IMPIANTISTA**

ISBN 13 978-88-8207-787-7  
EAN 9 788882 077877

Software, 85  
Prima edizione, luglio 2015

Taraschi, Nicola <1952->  
Calcoli rapidi per l'impiantista / Nicola Taraschi. – Palermo : Grafill, 2015.  
(Software ; 85)  
ISBN 978-88-8207-787-7  
1. Impianti termoidraulici – Calcolo.  
696 CDD-22 SBN Pal0281612  
*CIP – Biblioteca centrale della Regione siciliana "Alberto Bombace"*

Il volume è **disponibile anche in eBook** (formato \*.pdf) compatibile con **PC, Macintosh, Smartphone, Tablet, eReader**.  
Per l'acquisto di eBook e software sono previsti pagamenti con c/c postale, bonifico bancario, carta di credito e paypal.  
Per i pagamenti con carta di credito e paypal è consentito il download immediato del prodotto acquistato.

Per maggiori informazioni inquadra con uno smartphone o un tablet il codice QR sottostante.



I lettori di codice QR sono disponibili gratuitamente su Play Store, App Store e Market Place.

© **GRAFILL S.r.l.**

Via Principe di Palagonia, 87/91 – 90145 Palermo  
Telefono 091/6823069 – Fax 091/6823313  
Internet <http://www.grafill.it> – E-Mail [grafill@grafill.it](mailto:grafill@grafill.it)

Finito di stampare nel mese di luglio 2015  
presso **Officine Tipografiche Aiello & Provenzano S.r.l.** Via del Cavaliere, 93 – 90011 Bagheria (PA)

Tutti i diritti di traduzione, di memorizzazione elettronica e di riproduzione sono riservati. Nessuna parte di questa pubblicazione può essere riprodotta in alcuna forma, compresi i microfilm e le copie fotostatiche, né memorizzata tramite alcun mezzo, senza il permesso scritto dell'Editore. Ogni riproduzione non autorizzata sarà perseguita a norma di legge. Nomi e marchi citati sono generalmente depositati o registrati dalle rispettive case produttrici.

# INDICE

<b>INTRODUZIONE</b> .....	p.	1
<b>1. LE PERDITE DI CARICO</b> .....	"	5
<b>1.1. L'equazione di Darcy-Weisbach</b> per le perdite distribuite.....	"	5
<b>1.1.1. Le perdite concentrate</b> .....	"	7
<b>1.2. Il file perdite_acqua.xls</b> .....	"	8
<b>1.2.1. Il progetto</b> .....	"	8
<b>1.2.2. La verifica</b> .....	"	9
<b>1.3. Il file tubazioni_gen.xls</b> .....	"	10
<b>1.4. Il diametro ottimale</b> .....	"	11
<b>1.5. Il file canali_aria.xls</b> .....	"	13
<b>1.6. Il file metano.xls</b> .....	"	14
<b>1.7. Il programma CANALI ACQUA</b> .....	"	16
<b>2. CALCOLI SULLE RETI</b> .....	"	19
<b>2.1. Il file tubazioni_piu.xls</b> .....	"	19
<b>2.2. Il metodo iterativo</b> per il calcolo delle portate reali nelle reti.....	"	20
<b>2.3. Il file cross.xls</b> .....	"	22
<b>2.4. Le reti ad albero e il file albero.xls</b> .....	"	24
<b>2.5. Rete a collettore</b> .....	"	26
<b>2.6. Reti gas in bassa pressione</b> .....	"	27
<b>3. CALCOLO TUBAZIONI</b> <b>PER LO SCARICO ACQUE REFLUE</b> .....	"	31
<b>3.1. Lo scarico delle acque reflue</b> .....	"	31
<b>3.2. Collettori di scarico</b> .....	"	31
<b>3.3. Calcolo colonne</b> .....	"	33
<b>3.4. Le grondaie</b> .....	"	34
<b>3.4.1. Esempio di calcolo di sezione circolare</b> .....	"	37
<b>3.4.2. Esempio di calcolo di sezione trapezoidale</b> .....	"	38
<b>3.4.3. Esempio di calcolo di sezione rettangolare</b> .....	"	38
<b>3.4.4. Esempio di calcolo di sezione di compluvio 1</b> .....	"	38
<b>3.4.5. Esempio di calcolo di sezione di compluvio 2</b> .....	"	39

3.5.	I bocchettoni .....	p.	39
3.6.	I pluviali.....	"	41
<b>4.</b>	<b>TRASMISSIONE DEL CALORE</b> .....	"	42
4.1.	Trasmissione del calore in una superficie cilindrica .....	"	42
4.2.	Il file dispersioni.xls.....	"	44
4.2.1.	Tubazione orizzontale .....	"	44
4.2.2.	La lastra orizzontale .....	"	46
4.2.3.	Lastre verticali.....	"	46
4.2.4.	Conduttore elettrico.....	"	47
4.2.5.	Tubazione verticale investita da flusso d'aria perpendicolare.....	"	48
4.3.	Calcolo della trasmittanza di pareti piane.....	"	49
4.4.	I radiatori.....	"	50
4.4.1.	L'inerzia termica dei corpi radianti .....	"	51
4.5.	Calcoli sul vapor d'acqua .....	"	52
4.6.	Calcoli sulla combustione.....	"	52
<b>5.</b>	<b>LE MACCHINE PER IL MOVIMENTO FLUIDI E LE VALVOLE</b> .....	"	56
5.1.	Il punto di lavoro delle pompe centrifughe.....	"	56
5.1.1.	Il collegamento parallelo.....	"	57
5.1.2.	La curva caratteristica q-h delle pompe centrifughe al variare del numero di giri .....	"	57
5.2.	Il foglio puntolav.xls .....	"	58
5.2.1.	Altezza del serbatoio variabile .....	"	59
5.3.	Il programma puntolav_fan.xls.....	"	60
5.4.	I compressori.....	"	61
5.4.1.	L'indice energetico EMPE .....	"	61
5.4.2.	L'efficienza energetica dei compressori e la norma UNI 11135 .....	"	62
5.4.3.	Esempio di calcolo della prestazione stagionale.....	"	64
5.4.4.	Esempio numerico.....	"	64
5.5.	Il programma COMPRESSORI.....	"	64
5.6.	Le valvole di regolazione.....	"	66
5.6.1.	Generalità .....	"	66
5.6.2.	La caratteristica delle valvole di regolazione.....	"	67
5.6.3.	Il programma VALVOLE.....	"	69
<b>6.</b>	<b>IMPIANTI</b> .....	"	73
6.1.	Dimensionamento volume vaso espansione .....	"	73
6.2.	Bilanciamento pompe di calore ad aria.....	"	73
6.3.	Scambiatori di calore .....	"	75
6.4.	Le canne fumarie singole.....	"	79

6.4.1.	Il fattore di raffreddamento .....	p.	83
6.5.	Programma CALCOLO TEMPERATURE CAMINO .....	"	86
<b>7.</b>	<b>IL TRATTAMENTO DELL'ARIA</b> .....	"	91
7.1.	Le torri di raffreddamento .....	"	91
7.2.	La teoria .....	"	92
7.3.	Il programma TORRE EVAPORATIVA .....	"	93
7.3.1.	Elaborazione dati della torre .....	"	94
7.4.	Il programma PSICRO .....	"	96
7.4.1.	Proprietà del punto .....	"	97
7.4.2.	Miscelazione .....	"	98
7.4.3.	Riscaldamento raffreddamento sensibile .....	"	99
7.4.4.	Umidificazione .....	"	99
7.4.5.	Umidificazione con vapore .....	"	100
7.4.6.	Raffreddamento con condensazione .....	"	101
7.4.7.	Ciclo estivo .....	"	102
<b>8.</b>	<b>UTILITÀ</b> .....	"	112
8.1.	Il foglio daticlimatici.xls .....	"	112
8.2.	Il foglio elabora_datimeteo.xls .....	"	113
8.2.1.	I Compressori .....	"	116
8.2.2.	Le Torri evaporative .....	"	118
8.3.	IL programma REGRES1 .....	"	118
8.3.1.	Opzioni del menu principale .....	"	119
8.3.2.	Esempio 1: curva potenza .....	"	120
8.3.3.	Esempio 2: curva polinomio .....	"	121
8.3.4.	Esempio 3: curva polinomio di due variabili .....	"	122
<b>9.</b>	<b>IL VBA</b> .....	"	135
9.1.	Come accedere a VBA .....	"	135
9.1.1.	Ingresso in VBA in Excel 2003 .....	"	135
9.1.2.	Ingresso in VBA in Excel 2010 .....	"	136
9.2.	Le variabili e le costanti .....	"	137
9.3.	Range e cells .....	"	138
9.4.	Le istruzioni condizionali e di ciclo .....	"	138
9.5.	Le funzioni e le souboutines .....	"	140
9.6.	I controlli .....	"	141
9.7.	Le librerie .....	"	144
9.8.	Le routines di calcolo in VBA .....	"	145
9.8.1.	Acqua .....	"	145
9.8.2.	Aria .....	"	147
9.8.3.	Grondaie e pluviali .....	"	148
9.8.4.	Bocchettoni .....	"	148
9.8.5.	Psicrometria .....	"	149

9.8.6. Vapor d'acqua .....	p.	150
<b>10. APPENDICE .....</b>	"	151
10.1. Prospetto 1 – <i>Elenco tubazioni</i> .....	"	151
10.2. Prospetto 2 – <i>Elenco serie tubazioni</i> .....	"	166
10.3. Prospetto 3 – <i>Elenco discontinuità</i> .....	"	167
10.4. Prospetto 4 – <i>Canali</i> .....	"	168
10.5. Prospetto 5 – <i>Materiali edili</i> .....	"	173
<b>11. INSTALLAZIONE DEL SOFTWARE INCLUSO .....</b>	"	175
11.1. Note sul software incluso.....	"	175
11.2. Requisiti hardware e software.....	"	175
11.3. Download del software e richiesta della password di attivazione.....	"	176
11.4. Installazione ed attivazione del software .....	"	176
<b>12. FAQ.....</b>	"	178
<b>13. BIBLIOGRAFIA.....</b>	"	179

## INTRODUZIONE

Questa “suite” di calcolo ha l’obiettivo di rendere disponibile in un unico ambiente molteplici capacità di calcolo che spaziano su tutto l’ambiente impiantistico. Le tipologie di calcolo sono limitate ad elaborazioni di rapido accesso, sia come apprendimento da parte dell’utente, che in fase di immissione dei dati di ingresso. L’immediatezza dell’ambiente non necessariamente coincide con la semplicità del software, la cui maggiore o minore complessità è trasparente all’utente. Si tratta comunque di problematiche tecniche che non possono riguardare temi di calcolo complessi che hanno bisogno di software specifico e monotematico. Il ricorso all’ambiente Excel è apparso scontato e largamente utilizzato. In questo ambiente il tecnico, necessariamente pratico, può personalizzare l’interfaccia utente ed esportare dati di ingresso e risultati. Sulla base dei risultati può costruire grafici e quindi studiare le tematiche di calcolo secondo le proprie esigenze. Nondimeno tale lavoro risulterebbe fatto a metà se fornisse solo le rigide *routines* di calcolo. Appare scontato che l’utilizzatore, tecnico impiantistico a vari livelli, abbia anche quelle conoscenze indispensabili per l’utilizzo di Excel, in particolare l’utilizzo delle funzioni. Sulla base di queste conoscenze viene aggiunta la disponibilità delle librerie di software o funzioni, che sono anche alla base delle stesse *routines* di calcolo. Avvalendosi di queste librerie l’utente può sviluppare proprie *routines* di calcolo per esigenze specifiche. Inoltre attraverso il programma REGRES1 fornito, è possibile trasformare le caratteristiche di componenti impiantistici, disponibili in forma grafica o tabellare, in equazioni inseribili nei fogli di lavoro.

L’organizzazione dei programmi di calcolo prevede un breve richiamo teorico sull’argomento e l’esposizione delle formule utilizzate. L’immissione dei dati viene limitata, in genere, proponendo comunque valori di default, ove possibile.

Le tematiche riguardano i seguenti argomenti:

- Perdite di carico dei fluidi, dimensionamento di condotti in pressione (aria ed acqua) e a pelo libero. Il calcolo delle perdite di carico è stato affrontato sia nel caso di verifica, con diametro assegnato della tubazione, che di progetto, in cui il diametro viene determinato in base alle condizioni assegnate.
- Reti idrauliche risolte con metodi iterativi e reti gas. In questo caso, immessa la geometria della rete, il software calcola le portate reali con il metodo di cross, anche in presenza di una o più pompe. Nel caso di reti gas, riferendosi alla normativa vigente, il calcolo può essere sia di verifica, assegnati i diametri, che di progetto, in cui i diametri vengono determinate condizioni assegnate. Il calcolo prevede come gas sia il metano che il GPL.

- Calcolo di collettori di scarico, grondaie e pluviali. Anche in questo caso, sono determinati, in condizioni di progetto i diametri delle tubazioni dei collettori di scarico all'interno delle abitazioni, o nel caso di verifica le portate e le velocità. Vengono determinati i diametri anche nel caso di reti di collettori. Il calcolo delle acque reflue si completa con il calcolo delle grondaie, relativamente alle diverse tipologie, e dei pluviali e bocchettoni.
- Calcoli sulle macchine: pompe, ventilatori, compressori, torri evaporative, scambiatori di calore, valvole di regolazione, radiatori, pompe di calore.
  - Sia per le pompe idrauliche che per i ventilatori viene calcolato il punto di lavoro come incontro fra curva portata-prevalenza della macchina e quella del circuito idraulico od aeraulico. Sono previsti sia il collegamento i serie che parallelo che la variazione di giri della pompa.
  - Il calcolo dei compressori valuta l'efficienza dei compressori alle diverse condizioni di carico, da 100% a 25%, secondo le norme AICARR, e quindi consente il calcolo della potenza frigorifera e dell'efficienza al variare della temperatura esterna e delle condizioni di carico.
  - Il calcolo delle torri evaporative si basa sul parametro NTU e consente la valutazione delle prestazioni energetiche di una torre evaporativa al variare delle condizioni esterne e dei parametri caratteristici della macchina.
  - Il calcolo degli scambiatori, sia in condizioni di verifica che di progetto viene fatto per tre diverse tipologie: equicorrente, controcorrente, correnti incrociate.
  - Il calcolo delle dimensioni delle valvole di regolazione, in condizioni di progetto, o di verifica delle portate, in condizioni di verifiche, abbraccia sia il campo dei liquidi, che del vapor d'acqua che di alcuni gas, come ad esempio l'aria.
  - Il calcolo dei radiatori permette il calcolo della portata necessaria e del numero degli elementi.
  - Lo studio sulle pompe di calore permette di trovare il punto limite in cui la potenza erogata dalla pompa è uguale a quella richiesta dall'edificio.
- Proprietà termodinamiche del vapor d'acqua e psicrometria.
  - Vengono calcolati il volume, l'entalpia e l'entropia del vapor d'acqua.
  - La psicrometria comprende tutte le trasformazioni fondamentali: miscelazione, umidificazione, ciclo estivo e ciclo invernale.
- Trasmissione del calore. Questo argomento comprende sia il calcolo della trasmittanza di una parete piana, che casi di scambio termico di tubazioni. Completa il quadro i calcoli inerenti la norma UNI 13786 sulla trasmittanza periodica.
- Calcoli combustione e canne fumarie. Il calcolo comprende sia il calcolo secondo le norme delle canne fumarie singole per il metano, che il calcolo della resistenza al fuoco.
- Dati climatici di riferimento ed elaborazione dati climatici orari. A fronte del reperimento, fra l'altro gratuito, degli anni climatici tipo, l'elaborazione permette una analisi delle grandezze climatiche caratteristiche: distribuzione oraria delle temperature,



umidità e velocità del vento. L'elaborazione consente di applicare queste condizioni climatiche sia a compressori ad aria che torri evaporative.

- Strumenti matematici per ottenere le equazioni a partire dai punti sperimentali. Il programma REGRES1 consente, a partire dei punti sperimentali, di ottenere in forma analitica e grafica le equazioni caratteristiche del componente, secondo diversi modelli di equazioni.
- Calcolo di strutture: travi continue e travature reticolari piane. Il calcolo delle travature reticolare piane consente, assegnata la geometria e le forze in gioco, di determinare gli spostamenti dei nodi e gli sforzi sulle aste.

Completano il testo alcune nozioni fondamentali di VBA e una guida all'uso personale delle funzioni e *routines* della libreria termotecnica.xla, che fornisce una parte del motore software del testo.



## LE PERDITE DI CARICO

### 1.1. L'equazione di Darcy-Weisbach per le perdite distribuite

Se consideriamo il moto uniforme di un fluido in un condotto orizzontale a sezione costante osserviamo che si verifica, con riferimento ad una lunghezza  $L$  unitaria, un abbassamento della pressione statica pari a  $Y_c$  dovuta alla resistenza di attrito che incontra il fluido nel suo movimento. Questo abbassamento di pressione viene chiamato *perdita di carico*.

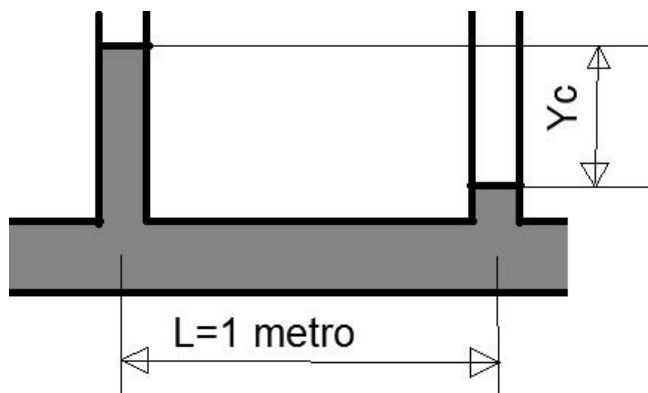


Figura 1.1.

Nella letteratura tecnica l'equazione universalmente accettata per il calcolo delle perdite di carico è quella di Darcy-Weisbach:

$$Y_c = \lambda L v^2 / 2 g D \quad [1]$$

dove:

$Y_c$  = metri di colonna di fluido;

$\lambda$  = fattore di attrito [numero puro];

$v$  = velocità [m/sec];

$L$  = lunghezza tubazione [m];

$D$  = diametro interno tubo [m];

$g$  = accelerazione di gravità [m/sec<sup>2</sup>].

E passando da  $Y_c$  (metri di colonna di fluido) alla caduta di pressione  $\Delta P$ :

$$\Delta P = \rho g Y_c \quad [2]$$

dove  $\rho$  è la massa volumica del fluido [kg/m<sup>3</sup>].

Il fattore di attrito  $\lambda$  dipende dal regime di moto che è determinato dal numero di Reynolds  $R$  dove:

$$R = VD \rho / \mu \quad [3]$$

in cui  $\mu$  è la viscosità dinamica [ $N \cdot \text{sec}/\text{m}^2$ ] oppure [ $\text{Pa} \cdot \text{sec}$ ].

Se introduciamo la viscosità cinematica  $\nu$  è la relazione:

$$\nu = \mu / \rho \quad [4]$$

in cui  $\nu$  è la viscosità cinematica [ $\text{m}^2/\text{sec}$ ].

La viscosità dinamica è una proprietà fisica dei fluidi ed è una misura della resistenza di attrito interna. Nei liquidi diminuisce mentre nei gas aumenta, all'aumentare della temperatura. Nei liquidi, inoltre, si può considerare indipendente dalla pressione ed anche nei gas, per pressioni lontane da quella critica. Unità di misura della viscosità dinamica è il centipoise = 1 millipascal x sec; quella della viscosità cinematica è il centistokes =  $10^{-6} \text{ m}^2/\text{sec}$ . Unità di misura pratica è il grado Engler. Tra gradi Engler e centistokes  $\nu$  è la relazione:

Nel caso di moto laminare (Reynolds  $R < 2100$ ) il coefficiente di attrito è:

$$\lambda = 64/R \quad [5]$$

Il moto laminare è stabile per numero di Reynolds inferiore a 2100. È il moto tipico dei fluidi viscosi; infatti all'aumentare della viscosità cinematica, a parità delle altre condizioni, diminuisce il numero di Reynolds.

Se si pensa la vena fluida composta da filetti, questi nel moto laminare procedono parallelamente e per effetto della viscosità, si determinano delle azioni tangenziali di attrito. Si noti, inoltre, che in prossimità della parete, per effetto dell'attrito della stessa si viene a creare uno spessore di fluido praticamente fermo (Strato Limite).

La distribuzione delle velocità nella sezione è fortemente variabile ed ha andamento parabolico, massimo al centro. Per il fatto che lo spessore dello strato limite è superiore alla altezza della rugosità superficiale della tubazione, la rugosità stessa non influenza la perdita di carico del moto laminare.

Sviluppando l'equazione [2] con il fattore di attrito espresso con la [5] si ha:

$$DP = 128 \mu L Q / \pi D \quad [6]$$

Da questa equazione si può facilmente dedurre che nel moto laminare le perdite di carico sono proporzionali direttamente alla velocità o portata.

Nel moto turbolento il coefficiente di attrito può essere determinato con l'equazione implicita (intendendo che la relazione non può essere posta nella classica forma esplicita  $Y = f(x)$ ).

$$1/\sqrt{\lambda} = -2 \log \left( RR / 3,7 + 2,51 / R\sqrt{\lambda} \right)$$

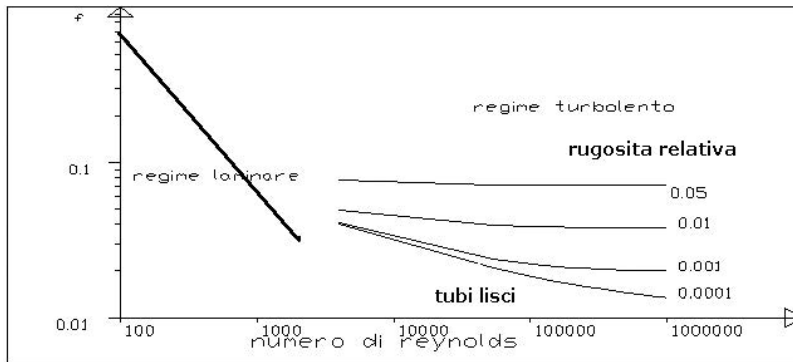
dove:

$RR$  = rugosità relativa =  $\epsilon/D$ ;

$\epsilon$  = rugosità assoluta tubazione.

Il coefficiente di attrito  $\lambda$  nel moto turbolento può essere espresso, con una approssimazione del 5% con l'espressione esplicita:

$$\lambda = 0,0055 (1 + (20000 \varepsilon / D + 10^6 / R)^{1/3})$$



**Figura 1.2.** Il file tubazioni\_acqua.xls

In pratica, data la difficoltà della determinazione numerica del coefficiente d'attrito, si può ricorrere all'abaco di Moody (**Fig. 1.2**) che rappresenta graficamente il fattore d'attrito in funzione del numero di Reynolds.

Nel moto laminare l'andamento del fattore di attrito sarà rappresentato da una retta, ed è indipendente dalla rugosità della tubazione. Nel moto turbolento il fattore di attrito è funzione della rugosità relativa. Il relativo andamento sarà rappresentato da curve, ciascuna caratterizzata da una rugosità relativa costante. Queste hanno andamento decrescente nel campo del moto di transizione mentre sono praticamente orizzontali nel campo del moto turbolento completamente sviluppato (valori del numero di Reynolds molto grande).

L'esame delle equazioni di cui sopra può quindi far dedurre che la perdita di carico dipende da:

- il tipo di fluido, in quanto la massa volumica e la viscosità sono proprietà del fluido in esame;
- la portata o la velocità della tubazione;
- il diametro interno del tubo;
- la rugosità del tubo;
- la temperatura, che influenza la viscosità e la massa volumica.

### 1.1.1. Le perdite concentrate

La perdita concentrata è quella che si realizza in corrispondenza di discontinuità della tubazione come curve, gomiti, restringimenti, ecc.. Il "disturbo" arrecato al flusso della corrente, provoca dei vortici localizzati che comportano una perdita di energia cinetica. La perdita localizzata  $Yl$  (in metri di colonna di fluido) viene infatti calcolata con l'espressione:

$$Yl = k V^2 / 2g$$

dove il termine  $k$  è un numero puro che dipende dal tipo di discontinuità.

Nel singolo tratto se il diametro e la portata sono costanti sarà uguale la velocità. Il calcolo della perdita concentrata deve pertanto essere fatta tratto per tratto, sommando per ciascuno tutti i relativi valori di  $k$  al fine dell'uso della formula di cui sopra. Mentre quindi il calcolo delle perdite distribuite comporta, ai fini del calcolo automatico, un minimo impegno, quello delle perdite concentrate è senz'altro più laborioso per l'esame dello sviluppo della tubazione ai fini di individuare tutte le perdite localizzate presenti. Bisogna poi aggiungere che il termine  $k$  non è indipendente dalle dimensioni della tubazione ed assume valori diversi in dipendenza dei diversi diametri, il che rende ancora più difficoltoso il calcolo.

Diversamente devono essere considerati quelle che sono pure perdite concentrate, quelle relative al valvolame. Pur essendovi nei manuali dei coefficienti relativi ai vari tipi di valvole è più opportuno fare riferimento ai cataloghi dei costruttori.

Questo tipo di perdita può essere rappresentata con l'espressione analitica:

$$PV = K Q^m$$

Un metodo molto diffuso per la determinazione delle perdite di carico concentrate è quello della lunghezza equivalente, definita come quella lunghezza che dà una perdita distribuita pari a quella concentrata. Ai fini del calcolo alla lunghezza geometrica della tubazione viene a sommarsi quella equivalente per le perdite concentrate, dando un'unica lunghezza denominata *virtuale*. La perdita di carico del tratto è quella derivante dal calcolo della perdita distribuita relativamente alla lunghezza non geometrica ma virtuale.

## 1.2. Il file tubazioni\_acqua.xls

Questo file consiste di cinque fogli: calcolo di progetto, calcolo di verifica, archivio tubazioni, archivio serie tubazioni, archivio discontinuità (con l'immissione dei dati delle discontinuità).



### 1.2.1. Il progetto

Nel calcolo di progetto viene assegnata la serie di tubazioni e la perdita. Nell'ambito della serie viene selezionato il diametro che soddisfa la condizione di perdita assegnata.

Serie: UNI 9338-Tubi PEX-PN6- PT RET		
perdita ammissibile	1000	Pa
temperatura	20	°C
portata	0,5	m <sup>3</sup> /h
rugosità	46	micron
lunghezza	9	m
<b>RISULTATI</b>		
codice tubazione	245	
diametro scelto	26,0	mm
designazione	32,000	

[segue]

viscosità	0,996	cst
massa volumica	998,1	kg/m <sup>3</sup>
velocità	0,26	m/s
perdita distribuita	431,8	Pa
perdita concentrata	216,7	Pa
perdita totale	648,6	Pa
minimo diametro della serie	11,0	mm
massimo diametro della serie	90,0	mm

**Prospetto 1.1.** *Calcolo di progetto per acqua*

Perdite concentrate selezionate			
Descrizione	cod	k	perdita
CURVA LARGA	1	2,50	85,1
CURVA STRETTA	2	0,50	17,0
DERIVAZIONE (CONFLUENZA DI FLUSSO)	5	3,17	107,8
DERIVAZIONE (SEPARAZIONE DI FLUSSO)	11	0,20	6,8

**Prospetto 1.2.** *Le perdite concentrate selezionate***1.2.2. La verifica**

Questo foglio calcola la perdita di carico distribuita e concentrata per un tratto di tubazione, e nelle condizioni specificate. La tubazione viene selezionata da un elenco.

Le perdite concentrate sono rappresentate da un valore fisso o variabile in funzione del diametro, attraverso una relazione lineare:

$$k = K_{\min} + (K_{\max} - K_{\min}) / (D_{\max} - D_{\min}) \cdot (D - D_{\min})$$

dove:

$K_{\min}$  è il valore della discontinuità quando il diametro è uguale al diametro minimo =  $D_{\min}$ ;

$K_{\max}$  è il valore della discontinuità quando il diametro è uguale al diametro massimo =  $D_{\max}$ .

diametro scelto =	25×1	
serie	UNI 7773-Tubi di rame s = 1.0	
diametro interno	23	mm
diametro esterno	25	mm
lunghezza	1	m
temperatura	20	°C
portata	1	m <sup>3</sup> /h
rugosità	46	micron
RISULTATI		
viscosità	0,996	cst
massa volumica	998,1	kg/m <sup>3</sup>
velocità	0,67	m/s
perdita distribuite	303,7	Pa
perdita concentrate	1504,5	Pa
perdita totale	1808,2	Pa

[segue]

perdita totale	184,3	mm H2O
rendimento pompa	0,6	
potenza assorbita	837	watt

**Prospetto 1.3.** *Il prospetto prodotto dal foglio di calcolo*

Codice	k	Perdita (Pa)
1	2,50	555,6
2	0,50	111,1
5	3,17	704,5
6	0,60	133,3

**Prospetto 1.4.** *La selezione delle perdite concentrate*

### 1.3. Il file tubazioni\_gen.xls

Questo file si articola in 5 fogli ed effettua i calcoli di verifica e di progetto di una tubazione per un fluido generico, di cui siano noti la viscosità cinematica e la massa volumica. Questi valori vengono memorizzati nel foglio **[fluidi]**.

\ progetto / verifica / tubazioni / serie / discontinuita&valvole / fluidi /

Serie: UNI 7611-Tubi PE-AD- PN10-PT		
perdita ammissibile	1000	Pa
fluido	1	
portata	23	m <sup>3</sup> /h
rugosità	46	micron
lunghezza	10	m
<b>RISULTATI</b>		
codice tubazione	318	
diametro scelto	124,0	mm
designazione	140,000	
viscosità	4,000	cst
massa volumica	1000,0	kg/m <sup>3</sup>
velocità	0,53	m/s
perdita distribuita	314,8	Pa
perdita concentrata	616,2	Pa
perdita totale	931,0	Pa
minimo diametro della serie	21,0	mm
massimo diametro della serie	354,6	mm
<b>Perdite concentrate selezionate</b>		
Descrizione	cod	k
CURVA LARGA	1	2,50
CURVA STRETTA	13	1,92

**Prospetto 1.5.** *Calcolo perdite per fluidi generici*