

## **2. PREMESSA**

Il software **Acquedotti** consente la verifica di reti a maglie o aperte in ipotesi di moto permanente. Risultati del calcolo sono: portata, velocità e perdita di carico in ogni tronco, quota piezometrica e pressione in ogni nodo. È possibile calcolare reti fino ad un massimo di 150 nodi.

Il programma funziona sotto Windows 95, Windows 98 e Windows NT. È dotato di una serie di schede di facile compilazione per l'inserimento dei dati, di un menu a tendina e di una barra di comandi che consentono l'apertura delle schede, il lancio del calcolo, il disegno della rete e di eseguire tutte le altre funzioni del programma (come salvare, stampare, ecc.).

I risultati, in forma di testo, sono visualizzati a video, possono essere stampati e salvati in formato rtf o txt.

L'editor interno di testo mediante una barra di comandi consente l'accesso alle principali funzioni standard di formattazione (del carattere, del paragrafo, ecc.).

È possibile inoltre esportare in un editor esterno, presente in Windows, registrato per il formato rtf (ad es. Word).

I disegni compaiono in un'interfaccia grafica dotata di una propria barra di comandi. È possibile impostare le tipiche opzioni di stampa (come scala, orientamento, stampa parziale/totale) ed esportare in formato dxf.

### **Marchi registrati**

Microsoft Windows 95 / 98 / NT, Word, Autocad sono marchi registrati dai legittimi proprietari e dagli aventi diritto.

### 3. CARATTERISTICHE DI CALCOLO DEL PROGRAMMA

L'algoritmo di calcolo implementato risolve per via numerica il problema idraulico retto dalle equazioni del moto e di continuità, che in ipotesi di moto permanente sono le seguenti:

$$1) \cdot \text{equazione di continuità} \rightarrow \frac{dQ}{dx} = 0$$

$$2) \cdot \text{equazione del moto} \rightarrow j = -\frac{dH}{dx}$$

dove Q è la portata del fluido, x è l'ascissa corrente, j è la cadente piezometrica e H è il carico piezometrico.

#### **Metodo di calcolo: metodo del gradiente di Todini**

Tale metodo applica la tecnica di Newton-Raphson al calcolo dei carichi piezometrici nei nodi e delle portate ed il problema è analiticamente ricondotto alla soluzione iterativa di un sistema di equazioni lineari.

Caratteristiche di tale metodo sono:

- si possono numerare casualmente i nodi della rete;
- non è necessaria la schematizzazione della rete in maglie;
- non occorre assegnare portate di primo tentativo, ma solo le erogazioni da fornire;
- non occorre prefissare i versi di percorrenza delle portate. Esso è automatica conseguenza dell'assegnazione, per ciascun tratto, del nodo a monte e del nodo a valle;
- è stato verificato che il numero di iterazioni per la convergenza rimane costante quando si elaborano reti con un numero di tratti crescente (uguale o superiore a 60), il che risulta vantaggioso da un punto di vista di economia di CPU (utile soprattutto se si utilizzano piccoli elaboratori).

Pertanto per calcolare una rete, a maglie o aperta, è sufficiente assegnare almeno un nodo a quota piezometrica fissata (ad es. un serbatoio) ed una o più erogazioni di portata in alcuni nodi (le portate che si desidera servano l'utenza). Il programma provvede a calcolare la portata totale uscente dal serbatoio e le altre caratteristiche idrauliche del sistema, come si può leggere nel paragrafo "Risultati del calcolo".

## Scelta della formula di resistenza

Il calcolo delle perdite di carico può essere svolto adottando una delle seguenti formule di resistenza:

1. formula di Colebrook-White:

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 \lg \left( \frac{2.51}{\text{Re} \sqrt{\lambda}} + \frac{1}{3.71} \frac{\varepsilon}{D} \right)$$

di cui è utilizzata una versione approssimata:

$$\lambda = \frac{1}{4} \left( \lg 3.71 \frac{D}{\varepsilon} \right)^{-2} \left( 1 + \frac{8}{\text{Re} \varepsilon / D} \right)$$

2. formula di Gauckler-Strickler:

$$V = K_{str} R^{\frac{2}{3}} i_f^{\frac{1}{2}}$$

dove R= raggio idraulico

i = cadente piezometrica

K = coefficiente di scabrezza

## Risultati del calcolo

Il programma fornisce i seguenti risultati:

- per ogni nodo a portata nota: carico piezometrico e pressione,
- per ogni nodo a carico piezometrico fissato: portata entrante/uscente e pressione,
- per ogni ramo della rete: portata, velocità, perdita di carico. In un tratto in cui esiste una distribuzione di portata, la portata fornita rappresenta la portata defluente nel tratto a monte della distribuzione.

## Riferimenti bibliografici

Per informazioni sul calcolo di reti idriche in pressione si rinvia alla letteratura tecnica specializzata tra cui si consiglia:

D. Citrini-G.Noseda, *Idraulica*, EA-Casa editrice ambrosiana, Milano, 1982

G. Frega, *Lezioni di acquedotti e fognature*, Liguori, Napoli, 1984

G. Ippolito, *Appunti di costruzioni idrauliche*, Liguori, Napoli, 1993

E. Marchi-A.Rubatta, *Meccanica dei fluidi*, UTET, Torino, 1981

V. Milano, *Acquedotti*, Hoepli, Milano, 1996

Per un'analisi dettagliata del metodo di calcolo utilizzato:

E.Todini -S.Pilati, *La verifica delle reti idrauliche in pressione*, Istituto di costruzioni idrauliche, Facoltà di ingegneria dell'Università di Bologna, 1984

#### 4. AVVIO DEL PROGRAMMA

Selezionare dal menu “Avvio” (“Start”) di Windows la directory “Programmi”, quindi la sottodirectory “GRAFILL” ed infine il programma **Acquedotti**.

Dopo qualche secondo si aprirà la finestra principale del programma.

La finestra è dotata degli elementi standard di Windows: barra del titolo, barra dei menu, barra dei pulsanti acceleratori.

#### 5. LA STRUTTURA DEL PROGRAMMA

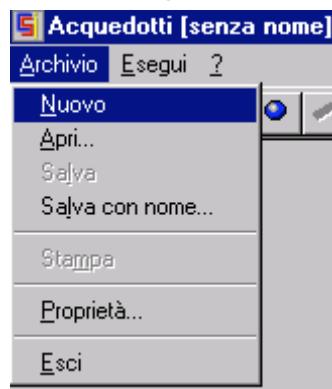
Il software **Acquedotti** è costituito da:

- una finestra principale che si apre all'avviamento del programma,
- un editor interno di testo in cui sono riportati i risultati delle elaborazioni, dotato delle principali funzioni di formattazione,
- un'interfaccia grafica dotata di un'apposita barra di comandi e di una barra di stato posizionata in basso.

In qualsiasi momento l'utente può passare dall'editor di testo all'interfaccia grafica utilizzando la voce “Mostra disegno/testo” nel menu *Esegui* o l'omonimo pulsante  presente nella barra dei comandi principali.

## 6. IL FUNZIONAMENTO DEL PROGRAMMA

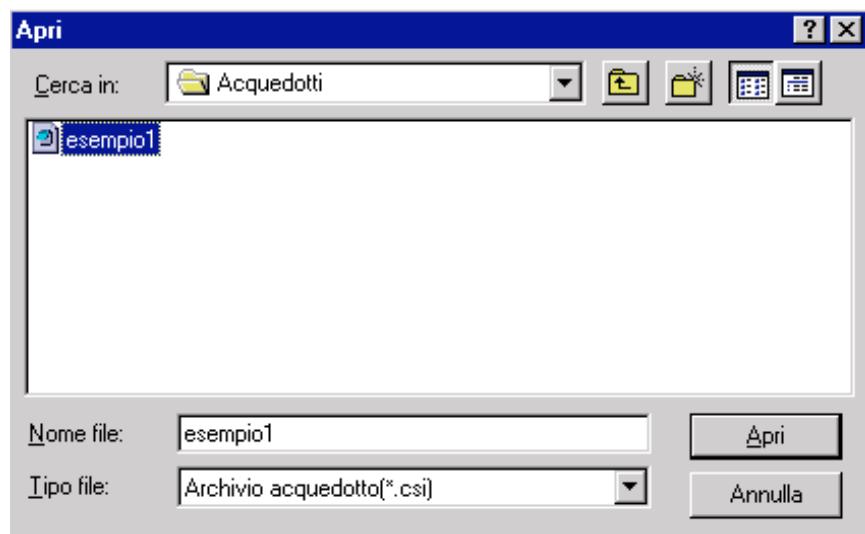
### Come si assegnano i dati



Per iniziare un nuovo lavoro selezionare il comando "Nuovo" dal menu *Archivio*, quindi utilizzare i comandi "Dati generali", "Nodi", "Tratti" nel menu *Esegui* (o gli omonimi pulsanti nella barra principale dei comandi), in modo da avere accesso alle schede di inserimento dati. Per poter assegnare i tratti occorre avere assegnato almeno due nodi.

#### Input grafico

È possibile inserire nodi e tratti della rete anche in modo grafico interattivo.



Selezionare nel menu *Esegui* la voce "Disegna schema" che consente l'accesso all'interfaccia grafica, sulla quale è possibile attivare una griglia di passo variabile utilizzando la scheda *Opzioni di disegno* che si apre selezionando l'omonima voce nel menu *Esegui*. La barra dei comandi di disegno è dotata delle funzioni di inserimento grafiche "Aggiungi Nodo ad H nota" (H = carico pie-

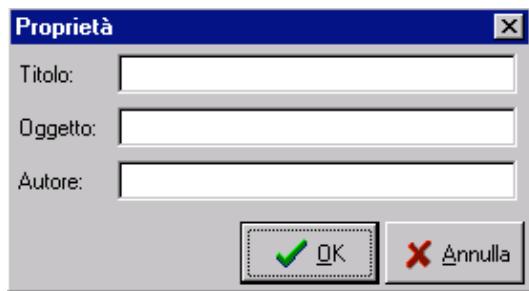
zometrico), “Aggiungi Nodo a Q nota” (Q = portata) ed “Aggiungi Tratto”, a cui è possibile comunque accedere dal menu *Modifica*. L’assegnazione dei dati generali va fatta sempre da menu o dall’apposito pulsante presente nella barra principale dei comandi.

Per un’illustrazione delle funzioni grafiche si rinvia al paragrafo **Funzioni di disegno** ed al capitolo **Guida ai comandi**.

#### Dati identificativi

È possibile inserire i dati identificativi del lavoro in oggetto nella scheda *Proprietà* di seguito illustrata.

#### Scheda Proprietà



Selezionando dal menu *Archivio* il comando “Proprietà” è possibile inserire i dati relativi all’identificazione del lavoro in oggetto: Titolo, Oggetto, Autore.

Il titolo fornirà automaticamente l’intestazione dei risultati di calcolo.

#### Come si apre un file

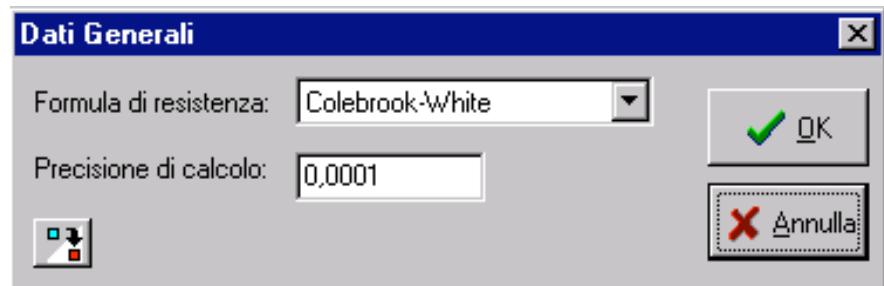


Per aprire un file selezionare il comando “Apri” nel menu *Archivio* e caricare il file dalla directory in cui risiede.

### Scheda Dati generali



Dal menu *Esegui* selezionare il comando 'Dati Generali'. Si aprirà la scheda qui di seguito rappresentata.



È possibile scegliere la formula di resistenza per il calcolo delle perdite di carico (Colebrook-White o Gauckler-Strickler) e fissare la precisione di calcolo.

Il pulsante consente di accedere alla scheda *Converti Scabrezza*, di seguito illustrata, in cui è possibile, una volta assegnati i tratti della rete con le relative scabrezze, modificare la scabrezza non tratto per tratto ma in tutti i tratti in cui essa assume lo stesso valore.

### Scheda Converti Scabrezza



A questa scheda si accede dalla scheda *Dati Generali* cliccando sul pulsante . La funzione di questa scheda è di facilitare le modifiche del parametro scabrezza. Infatti, come si leggerà più avanti, la scabrezza è assegnata dall'utente tratto per tratto nella scheda *Dati Tratti* (leggere l'omonimo paragrafo). Tuttavia, per rendere più rapide le modifiche di tale parametro (sia che si ripeta il calcolo con uguale formula di resistenza ma diverso valore della scabrezza in più tratti, sia che si modifichi la formula di resistenza utilizzata) mediante questa scheda è possibile modificare la scabrezza in tutti i tratti in cui essa assume il medesimo valore.

Fissato il nuovo valore premere “Converti” per eseguire il comando, “Chiudi” per chiudere la scheda. Se si desidera invece annullare l’operazione limitarsi a pigiare sul pulsante “Chiudi”.

### Scheda Nodi

Questa scheda consente di assegnare e modificare le caratteristiche dei nodi della rete.

L’utente può assegnare una lista di nodi a carico piezometrico nodo (ad es.serbatoi) ed una lista di nodi a portata nota cioè nodi con erogazione di portata ( $Q>0$ ), nodi con immissione di portata ( $Q<0$ ), oppure nodi di tipo generico ( $Q=0$ ).

Utilizzare i pulsanti , “Aggiungi nodo ad H nota” o , “Aggiungi nodo a Q nota”, per assegnare un nuovo nodo, il pulsante , “Modifica nodo” per modificare un nodo esistente, il pulsante , “Elimina nodo” per eliminare un nodo.

I comandi “Aggiungi” e “Modifica” consentono l’accesso alla scheda *Dati Nodo* in cui vanno assegnate o modificate le caratteristiche del nodo in questione.

Prima di utilizzare i comandi “Modifica” ed “Elimina” occorre ovviamente avere selezionato nella lista con il mouse il nodo di interesse.

**Dati Nodi**

Nodo	x [m]	y [m]	z [m]	H [m]
1	0.00	170.00	60.00	150.00
8	450.00	200.00	62.00	135.00

Nodo	x [m]	y [m]	z [m]	Q [l/s]
2	100.00	170.00	55.00	0.00
3	250.00	170.00	58.00	0.00
4	100.00	70.00	49.00	7.00
5	400.00	170.00	51.00	0.00
6	250.00	70.00	54.00	5.00
7	200.00	0.00	44.00	4.00
9	400.00	70.00	59.00	0.00
10	250.00	0.00	48.00	10.00
11	400.00	0.00	55.00	12.00

<b>Chiudi</b>			

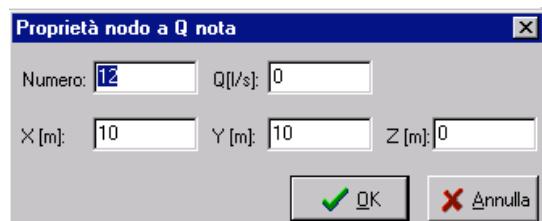
### Scheda Dati Nodo ad H nota

**Proprietà nodo ad H nota**

Numero:	<input type="text" value="12"/>	H[m]:	<input type="text" value="100"/>
X [m]:	<input type="text" value="0"/>	Y [m]:	<input type="text" value="0"/>
Z [m]:	<input type="text" value="0"/>	<input type="button" value="OK"/> <input type="button" value="Annulla"/>	

In questa scheda si assegnano le caratteristiche dei nodi a carico piezometrico fissato e precisamente: numero identificativo del nodo, coordinate planimetriche X ed Y, quota Z, carico piezometrico H.

### Scheda Dati Nodo a Q nota



In questa scheda si assegnano le caratteristiche dei nodi a portata nota e precisamente: numero identificativo del nodo, coordinate planimetriche X ed Y, quota Z, portata erogata ( $Q>0$ ), portata imposta nel nodo ( $Q<0$ ) o portata nulla ( $Q=0$ ).

### Scheda Dati Tratti

Dopo aver assegnato i nodi è possibile assegnare le caratteristiche dei tratti utilizzando il comando 'Tratti' nel menu *Esegui* che dà accesso alla scheda *Dati Tratti*.

L'utente assegna una lista di tratti utilizzando il pulsante "Aggiungi tratto" per assegnare un nuovo tratto, il pulsante "Modifica tratto" per modificare un tratto di tubazione esistente, il pulsante 'Elimina tratto' per eliminare un tratto.

Tratto	Nodo1	Nodo2	L [m]	D [mm]	Scabrezza	Qd [l/s]
1	1	2	100.00	200	2	0.00
2	2	3	150.00	200	2	0.00
3	3	5	150.00	100	2	0.00
4	8	5	50.00	100	2	0.00
5	5	9	100.00	100	2	0.00
6	9	11	70.00	80	2	0.00
7	11	10	150.00	80	2	0.00
8	10	7	50.00	80	2	0.00
9	7	4	150.00	100	2	0.00
10	2	4	100.00	200	2	0.00
11	4	6	150.00	100	2	0.00
12	3	6	100.00	100	2	0.00
13	6	9	150.00	80	2	0.00
14	6	10	70.00	80	2	0.00

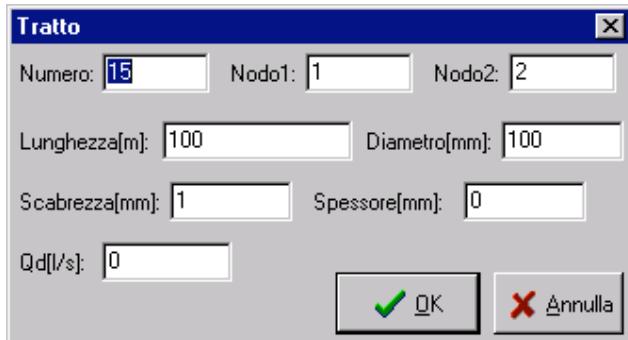
Buttons at the bottom: Chiudi

I comandi "Aggiungi" e "Modifica" consentono l'accesso alla scheda *Dati Tratto* in cui vanno assegnate o modificate le caratteristiche del tratto in questione.

La scheda *Dati Tratti* può essere ridimensionata a piacere dell'utente in modo da visualizzare tutti i dati in essa riportati.

### Scheda Tratto

Di ogni tratto occorre assegnare un numero identificativo, il nodo iniziale e quello finale del tratto. Inserire inoltre la lunghezza, il diametro e lo spessore della tubazione, il coefficiente di scabrezza, l'eventuale portata distribuita lungo il tratto.



### Funzioni di disegno

Si riportano di seguito le principali operazioni che è possibile effettuare sia per modificare una rete precedentemente assegnata nelle schede, sia per inserire direttamente per via grafica una nuova rete.

L'accesso ai comandi grafici può avvenire dal menu *Modifica* oppure dalla barra dei comandi di disegno. Assicurarsi di avere attivato l'interfaccia grafica (mediante i comandi "Disegna schema" nel menu *Esegui*, oppure dal pulsante  nella barra principale dei comandi). Per facilitare le operazioni grafiche l'interfaccia è dotata di una griglia di passo definibile dall'utente che può essere attivata nella scheda *Opzioni di disegno* apribile utilizzando l'omonimo comando nel menu *Esegui*.

#### 1. Aggiungi un nodo ad H nota

Dopo avere selezionato questo comando da menu o da barra, posizionarsi con il mouse nel punto in cui si desidera aggiungere il nodo e cliccare. Apparirà

la scheda *Proprietà nodo ad H nota* automaticamente compilata, con i dati relativi al nodo da immettere. Se si desidera, tali dati possono essere variati. Premere 'Ok' per confermare, 'Annulla' per annullare l'operazione.

#### 2. Aggiungi un nodo a Q nota



Dopo avere selezionato questo comando da menu o da barra, posizionarsi con il mouse nel punto in cui si desidera aggiungere il nodo e cliccare. Apparirà la scheda *Proprietà nodo a Q nota* automaticamente compilata, con i dati relativi al nodo da immettere. Se si desidera, tali dati possono essere variati. Premere 'Ok' per confermare, 'Annulla' per annullare l'operazione.

#### 3. Seleziona nodo



Dopo avere attivato questo comando da menu o da barra, selezionare con il mouse il nodo desiderato. Un doppio click sul nodo consente l'accesso diretto alla scheda *Proprietà Nodo* per eventuali modifiche.

#### 4. Modifica un nodo esistente

Per modificare un nodo selezionarlo con il comando precedentemente illustrato, cliccare due volte rapidamente. Apparirà la scheda *Proprietà nodo*. Eseguire le modifiche, quindi premere 'Modifica' per confermare, 'Chiudi' invece per annullare l'operazione. Alla scheda si può avere accesso ovviamente anche utilizzando, dopo aver selezionato il nodo, il pulsante 'Proprietà' nella barra di disegno oppure il comando 'Proprietà' dal menu *Modifica*.

#### 5. Cambia tipo di nodo

Questo comando può essere attivato solo dal menu Modifica. Consente di trasformare un nodo a carico piezometrico fissato (portata nota) in un nodo a portata nota (carico piezometrico fissato). Ovviamente dopo avere utilizzato questo comando occorre accedere alla scheda *Proprietà nodo* per assegnare correttamente la portata (il carico piezometrico).

#### 6. Sposta un nodo



Dopo avere attivato questo comando da menu o da barra, selezionare con il mouse il nodo che si intende spostare. Quindi trascinarlo nel punto desiderato.

## 7. Cancella un nodo

È possibile cancellare un nodo solo se non è collegato ad alcun tratto. Per cancellarlo è necessario pertanto cancellare prima i tratti ad esso collegati.

Dopo avere selezionato il nodo, utilizzare il comando “Cancella nodo” dal menu *Modifica*.

## 8. Aggiungi un tratto



Si ricorda che è possibile assegnare tratti soltanto se sono stati assegnati almeno due nodi.

Dopo avere selezionato questo comando da menu o da barra, posizionarsi con il mouse sul nodo che si desidera sia l'estremo iniziale del tratto e selezionarlo. Quindi cliccare sul nodo che si desidera sia l'estremo finale. Apparirà la scheda *Tratto*, con i dati relativi al tratto da immettere. Se si desidera tali dati possono essere variati. Premere ‘Ok’ per confermare, ‘Annulla’ per annullare l'operazione.

## 9. Seleziona Tratto



Dopo avere attivato questo comando da menu o da barra, selezionare con il mouse il tratto desiderato. Un doppio click sul tratto consente l'accesso diretto alla scheda *Tratto* per eventuali modifiche.

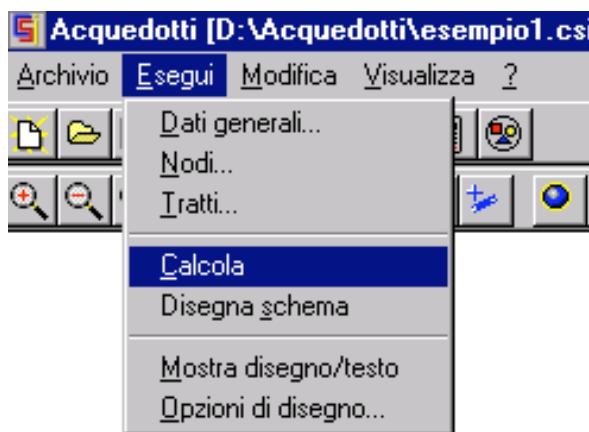
## 10. Modifica un tratto esistente

Per modificare un tratto selezionarlo con il comando precedentemente illustrato, cliccare due volte rapidamente. Apparirà la scheda *Tratto*. Eseguire le modifiche, quindi premere ‘Modifica’ per confermare, ‘Chiudi’ invece per annullare l'operazione. Alla scheda si può avere accesso ovviamente anche utilizzando, dopo aver selezionato il tratto, il pulsante ‘Proprietà’  nella barra di disegno oppure il comando ‘Proprietà’ dal menu ‘Modifica’.

## 11. Cancella un tratto

Dopo avere selezionato il tratto, utilizzare il comando “Cancella tratto” dal menu *Modifica*.

## Come si calcola



Una volta inseriti i dati cliccare sul comando 'Calcola' del menu *Eseguì* oppure sull'icona . Al termine dell'elaborazione verrà automaticamente attivato l'editor di testo con i risultati del calcolo.

L'editor consente l'utilizzo delle classiche funzioni di Copia, Taglia, Incolla, Cancella per parti del testo precedentemente selezionate. Tali comandi sono disponibili nel menu *Modifica*.

Altre opzioni di formato del testo (tipo e dimensioni del carattere, grassetto, sottolineato, corsivo, allineamento, ecc.) sono selezionabili da una barra di comandi che si rende visibile opportunamente.

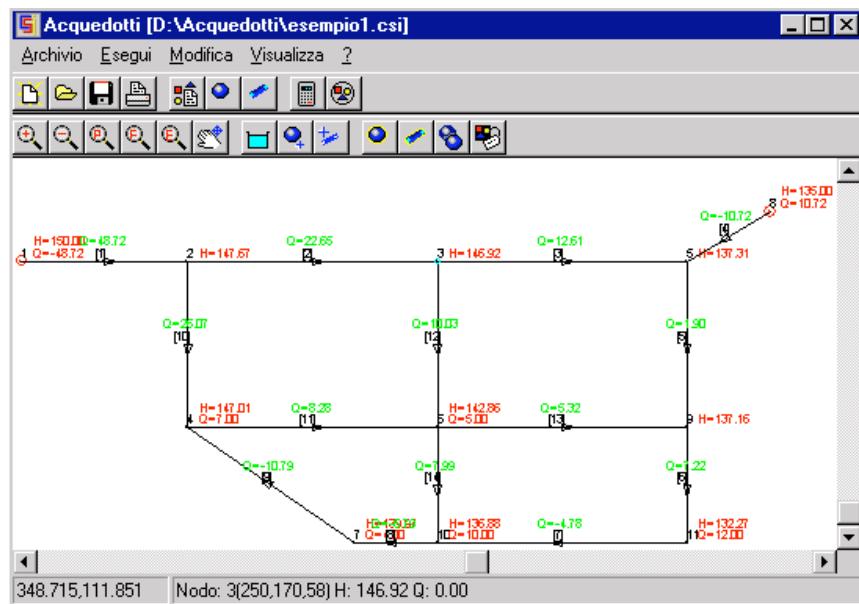
È possibile inoltre lanciare un editor esterno registrato in Windows per il formato rtf (ad es. Word 2000) utilizzando la voce "Editor esterno" nel menu *Modifica*.

Per le modalità di salvataggio leggere il paragrafo "Come si salva".

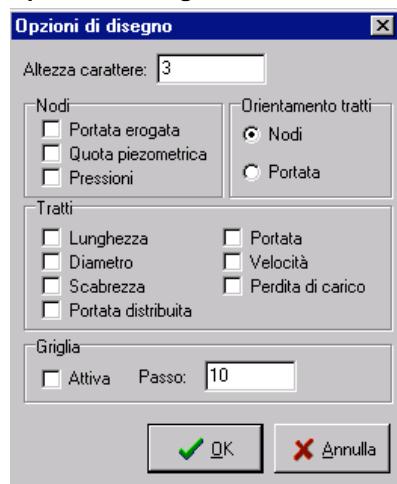
## Come si disegna

Una volta inseriti i dati cliccare sul comando "Disegna schema" del menu *Eseguì*; sarà possibile visualizzare il disegno dello schema della rete.

Selezionando un qualsiasi tratto si ha, nella barra di stato, che compare in basso a sinistra nella finestra grafica, la visualizzazione delle caratteristiche del tratto. Analogamente si possono conoscere le caratteristiche di un nodo qualsiasi.



## Opzioni di disegno



A questa scheda si accede selezionando dal menu *Esegui* il comando "Opzioni di disegno".

È possibile modificare l'altezza del carattere sui testi sul grafico.

Inoltre si può attivare sull'interfaccia grafica una griglia di passo definibile dall'utente.

Checkare sui dati o risultati che si intendono visualizzare sul disegno della rete.

Di ogni nodo sono visualizzabili: portata erogata/immersa, quota piezometrica e pressione.

Di ogni tratto: lunghezza, diametro, scabrezza, portata distribuita lungo il

tratto, ed i seguenti risultati: portata defluente, velocità, perdite di carico.

È possibile definire anche l'orientamento dei tratti; se si desidera che l'orientamento rappresenti il deflusso delle portate occorre checkare sull'opzione "Portata", se invece si desidera che l'orientamento rappresenti il verso dei tratti assegnato dall'utente (nodo iniziale - nodo finale del tratto) checkare sull'opzione "Nodi".

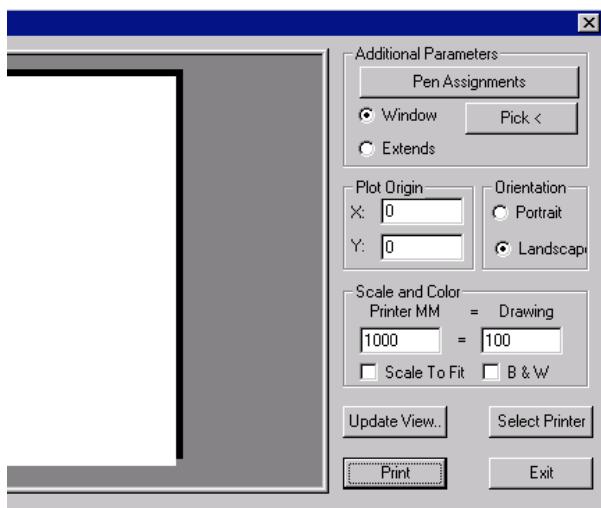
### Come si stampa

#### Stampa dei risultati



'Stampa'.

Dal menu *Archivio* selezionare il comando 'Imposta pagina' per definire le opzioni di stampa (orientamento del foglio, margini ecc.). Il pulsante "Stampante" invia alla scheda *Imposta stampante*. Per stampare utilizzare il comando

Stampa dei disegni

Cliccare sul comando 'Stampa'. Si aprirà la finestra *Dialog* in cui è possibile definire tutte le opzioni di stampa grafiche: scala, colore, orientamento, posizione, finestra di stampa o stampa totale del grafico, penne, ecc. Il pulsante 'Select Printer' invia alla scheda che imposta le proprietà di stampa. Dopo aver selezionato i comandi desiderati cliccare sul pulsante 'Update view' per visualizzarli. Per stampare pigiare sul pulsante 'Print'.

<i>Pen Assignments</i>	consente di associare a colori diversi nel disegno penne di differenti spessori
<i>Window</i>	serve a selezionare una finestra di stampa. Dopo aver cliccato su questo comando, utilizzare il tasto 'Pick' per definire il contorno della finestra
<i>Extends</i>	seleziona l'intero disegno per la stampa
<i>Plot origin</i>	definisce le coordinate dell'origine dell'area di stampa sul foglio
<i>Orientation</i>	orientamento della stampa su foglio (verticale o orizzontale)
<i>Scale</i>	definisce l'unità di scala (mm plottati = unità di disegno)

*Scale to fit*

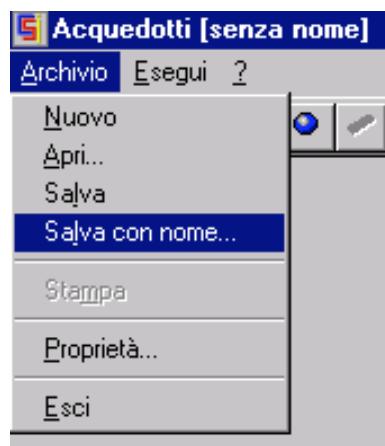
adatta la scala alle dimensioni del foglio

*B & W*

stampa in bianco e nero

Come tutti gli altri comandi anche la stampa può essere lanciata dalla barra acceleratrice di comandi utilizzando l'icona 

## Come si salva



Il programma salva i dati di calcolo in formato csi; è possibile inoltre salvare i risultati in diversi formati (rtf, txt): Per operare un salvataggio selezionare nella finestra 'Salva con nome' dal menu *Esegui* una delle seguenti opzioni:

- Archivi acquedotti (\*.csi)
- Relazione (\*.rtf)
- FileAscii (\*.txt)

È possibile inoltre salvare in formato dxf i disegni selezionando la voce:

- Disegno (\*.dxf)

