

CALCOLO RETI IDRICHE AD ANELLO

Programma in excel per il calcolo di reti chiuse secondo il metodo di HARDY CROSS

CALCOLO RETI IDRICHE
METODO HARDY CROSS

ITALIANO INGLESE

CALCOLO RETI IDRICHE AD ANELLO
METODO HARDY CROSS

PROGRAMMA DI CALCOLO IN EXCEL

A	B	C	D	E
4.5 DN 70	475.1 DN 70	1291.4 DN 70	1287.6 DN 70	-400.0 0.0
1	2	3	4	487.6 DN 70
589.7 DN 70	793.2 DN 70	1248.4 DN 70	1228.8 DN 70	-400.0 0.0
5	6	7	8	1248.8 DN 70
876.8 DN 115	2337.7 DN 115	2395.0 DN 115	1758.0 DN 115	1248.8 DN 70

TRATTO	DN	U	L	F	A	Q _{in} (l/s)	V	ΔH (m)
BD	0.115	1.0	15.0	376.00	0.01	0.1460	11.90	10.7

▶ METODO DI RISOLUZIONE ITERATIVO
 ▶ PERDITE DI PRESSIONE
 ▶ PRESSIONI RESIDUE

AE-SW SOFTWARE

AE-SW - © Tutti i diritti riservati

MANUALE D'USO

PREPARED AND PRESENTED BY
AE-SW SOFTWARE



AE-SW SOFTWARE

CALCOLO RETI IDRICHE AD ANELLO

METODO HARDY CROSS

MANUALE D'USO

AE-SW SOFTWARE

CALCOLO RETI IDRICHE AD ANELLO

METODO HARDY CROSS

© AE-SW - Tutti i diritti riservati
Vietata la riproduzione al di fuori dei termini di legge
I testi sono stati curati con la più scrupolosa attenzione
L'autore declina ogni responsabilità per eventuali involontari errori o inesattezze

AE-SW software

I^a Edizione - Finito di stampare nel mese di marzo 2026

AE-SW SOFTWARE

INDICE

CALCOLO RETI IDRICHE AD ANELLO

METODO HARDY CROSS

PREMESSA	pag. 2
1 DATI GENERALI	pag. 2
2 SCHEMA DI RETE CON PORTATE IPOTETICHE	pag. 5
3 SCHEMA DI RETE CON PORTATE EFFETTIVE	pag. 7
4 CALCOLO DELLE VELOCITA' E DELLE PERDITE DI CARICO	pag. 10
5 PRESSIONE RESIDUA AI NODI	pag. 12
6 RELAZIONE TECNICA ED ELABORATI DI CALCOLO (esempio)	pag. 14
ENGLISH VERSION OF MANUAL	pag. 26
BIBLIOGRAFIA	pag. 50

AE-SW SOFTWARE

MANUALE D'USO

CALCOLO RETI IDRICHE AD ANELLO

METODO HARDY CROSS

PREMESSA

Il Manuale illustra le funzionalità del programma in *formato Excel* per il calcolo di reti idriche chiuse mediante il metodo iterativo di Hardy Cross.

La rete considerata è costituita da n. 8 maglie chiuse, scalabile a numero di maglie inferiore mediante opportuni accorgimenti, alimentata da un tratto di condotta esterna di adduzione.

I nodi della rete possono essere nodi di prelievo o di immissione. L'input della portata di nodo di prelievo/immissione avviene direttamente sullo schema di rete, in corrispondenza di ciascun nodo. Il programma, ai fini del riequilibrio della rete effettua n. 15 iterazioni.

L'illustrazione delle funzionalità del programma è effettuata in riferimento a un esempio pratico i cui risultati sono riportati in apposita relazione finale di calcolo.

1 - DATI GENERALI

Tutti i dati sono inseribili unicamente in celle su sfondo di colore giallo a carattere di colore rosso; le uniche attive ed editabili. Le restanti sono celle di restituzione. Le celle vengono inputate nell'ordine di lettura verticale dei fogli di calcolo.

I dati generali sono:

- Il materiale costituente la superficie interna delle tubazioni (nell'esempio: acciaio zincato);

TUBAZIONI	C_UNI EN 12845	120	Acciaio zincato
-----------	----------------	-----	-----------------

- Lo scarto ΔQ_{lim} massimo tollerabile per la portata di maglia a conclusione delle reiteratezioni (nell'esempio: 0,10 l/s);

ΔQ_{lim} : SCARTO MAX PORTATA MAGLIA	l/s	0,100
--	-----	-------

- Le portate di prelievo o di immissione relativi ai nodi: vengono inputate direttamente sullo schema di rete in corrispondenza di ciascun nodo, nelle celle su sfondo giallo a carattere

rosso (vedi schema). Per il tratto di adduzione esterno (tratto RO) la portata è calcolata dal programma come differenza tra le portate di prelievo (negative) e quelle di immissione (positive). La portata del tratto RO si ipotizza attinta da una riserva idrica R ed immessa nella rete in corrispondenza del nodo O.



- Le portate di nodo sono riportate su un prospetto unitamente alle quote dei nodi, inutate rispetto al piano orizzontale passante per il nodo più basso; il tutto secondo la tabella di seguito riportata nella quale per il nodo della riserva è stata considerata una quota di 110 m mentre per tutti gli altri nodi una quota di 1,5 m. Nelle ultime due colonne sono presenti i valori delle portate di nodo come valori di riporto dallo schema di rete.

NODO	Z_quota m	Qnodo	
		l/min	m3/s
R	110,0	8.760,0	0,1460
A	1,5	0,0	0,0000
B	1,5	-300,0	-0,0050
C	1,5	-350,0	-0,0058
D	1,5	-400,0	-0,0067
E	1,5	-600,0	-0,0100
F	1,5	-900,0	-0,0150
G	1,5	0,0	0,0000
H	1,5	-440,0	-0,0073
I	1,5	-350,0	-0,0058
L	1,5	-450,0	-0,0075
M	1,5	-700,0	-0,0117
N	1,5	-300,0	-0,0050
O	1,5	-500,0	-0,0083
P	1,5	-470,0	-0,0078
Q	1,5	-3.000,0	-0,0500

- Il diametro nominale DN per ciascun tratto di ciascuna maglia;
- Il valore U (variabile da 1 a 2) esprime il grado di usura delle tubazioni di ciascun tratto di rete (1 = tubazioni nuove; 2 = tubazioni in opera da più di 20-25 anni);
- Il valore L(m) della lunghezza di ciascun tratto;
- Il valore Qhp delle portate ipotetiche transitanti nei tratti della rete, determinate in applicazione dell'equazione di continuità ai nodi espresse in l/min e m³/s.

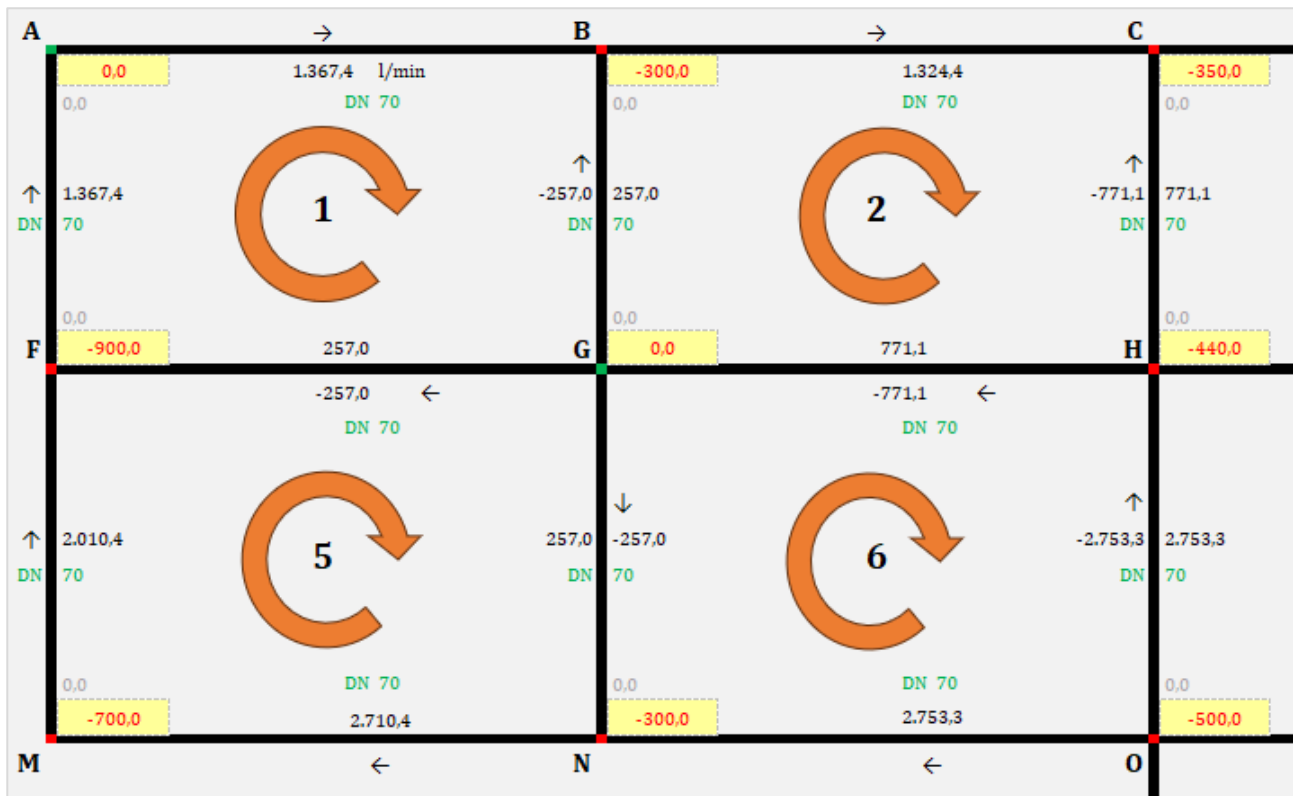
Il tutto secondo le seguenti tabelle di input:

MAGLIA	TRATTO	DN	DN	Usura	L	Qhp_tratto	
		mm	m			l/min	m ³ /s
1	AB	70	0,070	1,0	30,0	1.367,41	0,0228
	BG	70	0,070	1,0	20,0	-257,04	-0,0043
	GF	70	0,070	1,0	30,0	257,04	0,0043
	FA	70	0,070	1,0	20,0	1.367,41	0,0228
2	BC	70	0,070	1,0	30,0	1.324,44	0,0221
	CH	70	0,070	1,0	20,0	-771,11	-0,0129
	HG	70	0,070	1,0	30,0	771,11	0,0129
	GB	70	0,070	1,0	20	257,04	0,0043
3	CD	70	0,070	1,0	30,0	1.745,56	0,0291
	DI	70	0,070	1,0	20,0	-781,39	-0,0130
	IH	70	0,070	1,0	30,0	-771,11	-0,0129
	HC	70	0,070	1,0	20	771,11	0,0129
4	DE	70	0,070	1,0	30,0	2.126,94	0,0354
	EL	70	0,070	1,0	20,0	1.526,94	0,0254
	LI	70	0,070	1,0	30,0	-781,39	-0,0130
	ID	70	0,070	1,0	20,0	781,39	0,0130
5	FG	70	0,070	1,0	30,0	-257,04	-0,0043
	GN	70	0,070	1,0	20,0	257,04	0,0043
	NM	70	0,070	1,0	30,0	2.710,37	0,0452
	MF	70	0,070	1,0	20,0	2.010,37	0,0335
6	GH	70	0,070	1,0	30,0	-771,11	-0,0129
	HO	70	0,070	1,0	20,0	-2.753,33	-0,0459
	ON	70	0,070	1,0	30,0	2.753,33	0,0459
	NG	70	0,070	1,0	20,0	-257,04	-0,0043
7	HI	70	0,070	1,0	30,0	771,11	0,0129
	IP	70	0,070	1,0	20,0	-1.141,67	-0,0190
	PO	70	0,070	1,0	30,0	-2.753,33	-0,0459
	OH	70	0,070	1,0	20,0	2.753,33	0,0459
8	IL	70	0,070	1,0	30,0	781,39	0,0130
	LQ	70	0,070	1,0	20,0	1.858,33	0,0310
	QP	70	0,070	1,0	30,0	-1.141,67	-0,0190
	PI	70	0,070	1,0	20,0	1.141,67	0,0190

AE-SW SOFTWARE

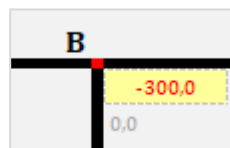
2 – SCHEMA DI RETE CON PORTATE IPOTETICHE

Sulla base dei dati inseriti, viene restituita dal programma lo schema di rete delle portate ipotetiche secondo lo stralcio di seguito riportato.



In esso sono visibili:

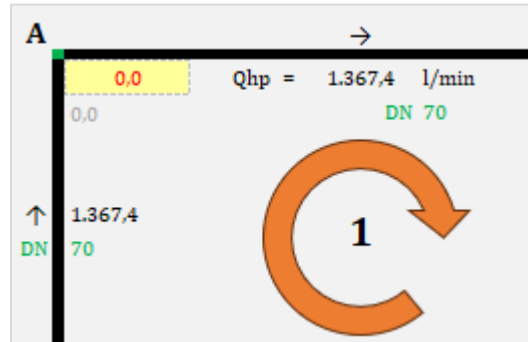
- Il colore del nodo: rosso quando di prelievo (la portata di nodo inputata nella cella gialla a carattere rosso ha valore negativo); verde quando di immissione (portata zero o maggiore di zero);



- Il verso positivo di percorrenza di maglia: assunto orario;
- Il riporto dei diametri di input DN (mm) per i tratti di tubazione, visibili in colore verde;
- Il risultato dell'applicazione dell'equazione di continuità a ciascun nodo: il risultato è espresso dal numero in colore grigio riportato su ciascun nodo; il valore zero indica il soddisfacimento dell'equazione di continuità;

n	Σ portate Qnodo
---	------------------------

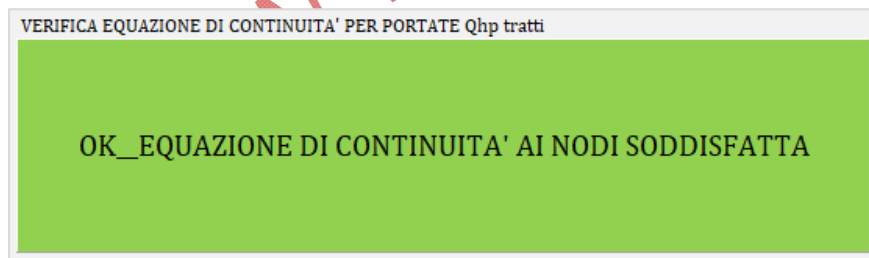
- Il valore della portata Q_{hp} (l/min) transitante in ciascun tratto dello schema di rete derivante dall'equilibrio delle portate di nodo (equazione di continuità di nodo); unitamente alle portate è riportato anche la freccia che indica il verso di percorrenza della portata nel tratto considerato (nel tratto AB la portata ipotetica è 1.367,4 l/min e si muove dall'estremo A all'estremo B).



A conclusione, in virtù del verificarsi dell'uguaglianza:

$$\Sigma Q_{\text{nodo}} = 0$$

per qualunque nodo, il programma restituisce esito positivo al check di verifica relativo al soddisfacimento dell'equazione di continuità in tutti i nodi:



3 - SCHEMA DI RETE CON PORTATE EFFETTIVE

Partendo dallo schema di rete delle portate ipotetiche, il programma effettua un certo numero di reiterazioni di calcolo fino a pervenire a uno scarto $\Delta Q \leq \Delta Q_{lim}$, ovvero a uno scarto di portata per ciascuna maglia, inferiore o uguale al limite prefissato.

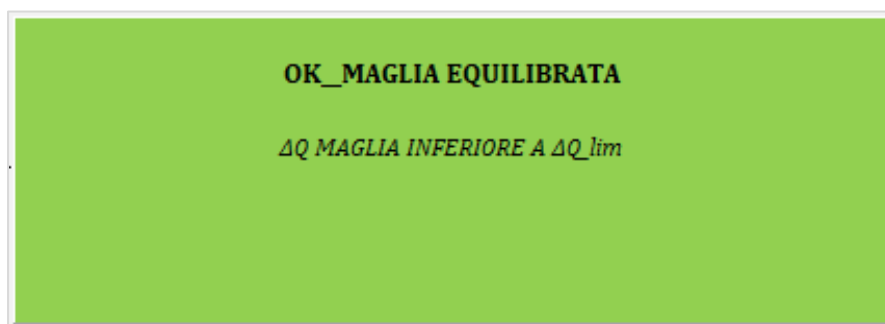
Il conseguimento del predetto risultato garantisce che per ciascuna maglia sono soddisfatte le equazioni di continuità ai nodi e inoltre uno scarto del carico di chiusura relativo a ciascuna maglia, prossimo allo zero. È stato osservato che solitamente il numero di reiterazioni a ciò necessario è poco superiore a 10; il programma esegue 15 reiterazioni.

A conclusione delle reiterazioni, per ciascuna maglia è riportato il prospetto finale recante per ciascuna maglia:

- Il valore dello scarto di maglia ΔQ (m³/s);
- Il valore della portata di maglia corretta Q_{corr} (m³/s);
- Lo scarto del carico di chiusura di maglia ΔY_{maglia} (m).

METODO HARDY CROSS: RIEQUILIBRIO PORTATE MAGLIE							
M.1	VALORI NOTI				ITERAZIONE - 15		
TRATTO	DN m	L m	r m/k	Qhp m ³ /s	ΔQ m ³ /s	Qcorr m ³ /s	ΔY_{maglia} m
AB	0,070	30	1,90E+04	0,0228	-0,0000	-0,0001	-7,71E-04
BG	0,070	20	1,26E+04	-0,0043	-0,0000	-0,0122	-3,65E+00
GF	0,070	30	1,90E+04	0,0043	-0,0000	0,0098	3,66E+00
FA	0,070	20	1,26E+04	0,0228	-0,0000	-0,0001	-5,14E-04
$k = Q^{1,85}$				$\Delta Q_{1/s}$	-0,0154	$\Delta \Sigma Y_m$	8,51E-03

Se la maglia risulta equilibrata (ovvero è soddisfatto il limite ΔQ_{lim} per la portata di maglia; è soddisfatta l'equazione di continuità ai nodi e quella di chiusura del carico di maglia), l'esito è restituito dal check finale.

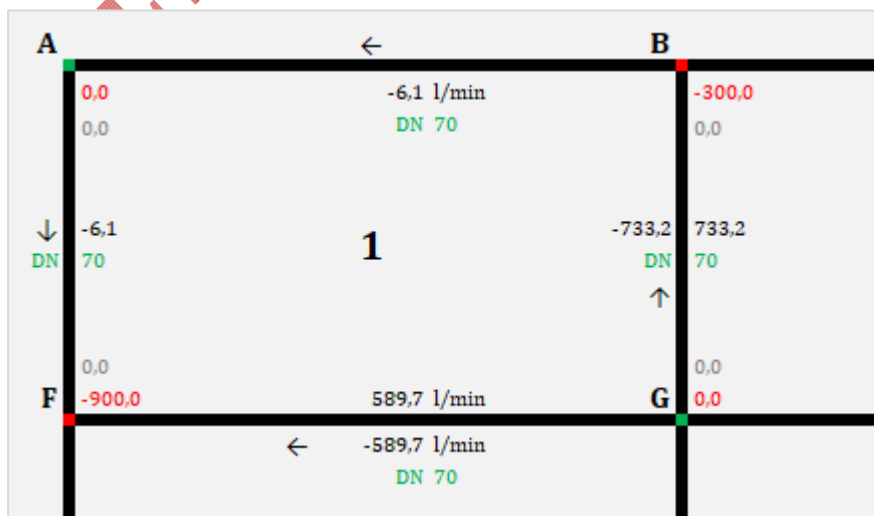


Il dato più importante è il valore della Q_{corr} calcolato per ciascun tratto della maglia e che rappresenta il valore della portata effettiva Q_{eff} circolante nel tratto di rete.

I calcoli e le verifiche illustrate per la maglia M.1, sono eseguite dal programma per tutte le maglie della rete. Alla fine pertanto, si giunge alla configurazione della Rete Equilibrata recante per ciascun tratto i valori della portata effettiva Q_{eff} (m³/s) e del suo verso; i valori del diametro nominale DN (mm) in verde; il valore delle portate di nodo (in rosso):

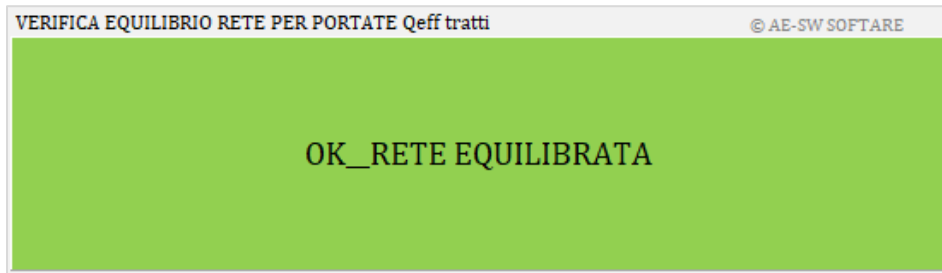


Dallo schema è facilmente verificabile che i numeri (in grigio) esprimenti l'equilibrio di nodo posti nelle vicinanze di ciascun nodo, sono tutti pari a zero (equazione di continuità di nodo soddisfatta).



È da notare che nelle tabelle recanti i tratti di maglia, le celle riportanti alcuni tratti di maglia recano colori diversi. Tratti aventi lo stesso colore sono rappresentativi di tratta di maglia in comune tra due maglie contigue; per detti tratti, ovviamente i valori di ΔQ sono uguali mentre quelli di Q_{corr} e ΔY_{maglia} uguali ed opposti.

La schermata sopra riportata costituisce, in definitiva, la soluzione della rete oggetto di calcolo. L'esito dell'avvenuto riequilibrio è dato dal check finale.



4 - CALCOLO DELLE VELOCITA' E DELLE PERDITE DI CARICO

Il calcolo delle velocità e delle perdite di carico per ciascun tratto della rete equilibrata avviene nel seguente prospetto di calcolo:

METODO HARDY CROSS:		PERDITE DI CARICO TRATTI RETE										© AE-SW SOFTWARE									
ADDUZ.	TRATTO	DN m	U -	L m	DISCONTINUITA'						Leq m	Lt m	A m ²	Q _{eff} _tratto			v m/s	J m/m	Ju* m/m	Y = Ju * Lt m	
					a	b	c	d	e	f				m ³ /s	l/min	l/s					
	RO	0,125	1,0	10,00	-	-	-	-	-	-	0,00	10,00	0,0123	0,1460	8.760,0	146,00	11,90	1,0E+00	1,0E+00	10,7	
	MAGLIA	DN m	U -	L m	DISCONTINUITA'						Leq m	Lt m	A m ²	Q			v m/s	J m/m	Ju m/m	Y = Ju * Lt m	
	M.1	AB	0,070	1,0	30,00	-	-	-	-	-	0,00	30,00	0,0038	-0,0001	-6,07	-0,10	-0,03	-3,0E-05	-3,0E-05	-0,0008	
		BG	0,070	1,0	20,00	-	-	-	-	-	0,00	20,00	0,0038	-0,0122	-733,17	-12,22	-3,18	-2,0E-01	-2,0E-01	-3,6548	
		GF	0,070	1,0	30,00	-	-	-	-	-	0,00	30,00	0,0038	0,0098	589,72	9,83	2,56	1,0E-01	1,0E-01	3,6646	
		FA	0,070	1,0	20,00	-	-	-	-	-	0,00	20,00	0,0038	-0,0001	-6,07	-0,10	-0,03	-3,0E-05	-3,0E-05	-0,0005	
		BC	0,070	1,0	30,00	-	-	-	-	-	0,00	30,00	0,0038	0,0071	427,10	7,12	1,85	7,0E-02	7,0E-02	2,0175	
	M.2	CH	0,070	1,0	20,00	-	-	-	-	-	0,00	20,00	0,0038	-0,0169	-1.014,31	-16,91	-4,39	-3,0E-01	-3,0E-01	-6,6628	
		HG	0,070	1,0	30,00	-	-	-	-	-	0,00	30,00	0,0038	0,0049	293,37	4,89	1,27	3,0E-02	3,0E-02	1,0071	
		GB	0,070	1,0	20,00	-	-	-	-	-	0,00	20,00	0,0038	0,0122	733,17	12,22	3,18	2,0E-01	2,0E-01	3,6548	
		CD	0,070	1,0	30,00	-	-	-	-	-	0,00	30,00	0,0038	0,0182	1.091,41	18,19	4,73	4,0E-01	4,0E-01	11,4449	
	M.3	DI	0,070	1,0	20,00	-	-	-	-	-	0,00	20,00	0,0038	-0,0066	-395,58	-6,59	-1,71	-6,0E-02	-6,0E-02	-1,1672	
		IH	0,070	1,0	30,00	-	-	-	-	-	0,00	30,00	0,0038	-0,0225	-1.348,61	-22,48	-5,84	-6,0E-01	-6,0E-01	-16,9286	
		HC	0,070	1,0	20,00	-	-	-	-	-	0,00	20,00	0,0038	0,0169	1.014,31	16,91	4,39	3,0E-01	3,0E-01	6,6628	
		DE	0,070	1,0	30,00	-	-	-	-	-	0,00	30,00	0,0038	0,0181	1.087,00	18,12	4,71	4,0E-01	4,0E-01	11,3594	
	M.4	EL	0,070	1,0	20,00	-	-	-	-	-	0,00	20,00	0,0038	0,0081	487,00	8,12	2,11	9,0E-02	9,0E-02	1,7146	
		LI	0,070	1,0	30,00	-	-	-	-	-	0,00	30,00	0,0038	-0,0205	-1.228,05	-20,47	-5,32	-5,0E-01	-5,0E-01	-14,2358	
		ID	0,070	1,0	20,00	-	-	-	-	-	0,00	20,00	0,0038	0,0066	395,58	6,59	1,71	6,0E-02	6,0E-02	1,1672	
		FG	0,070	1,0	30,00	-	-	-	-	-	0,00	30,00	0,0038	-0,0098	-589,72	-9,83	-2,56	-1,0E-01	-1,0E-01	-3,6646	
	M.5	GN	0,070	1,0	20,00	-	-	-	-	-	0,00	20,00	0,0038	-0,0172	-1.029,52	-17,16	-4,46	-3,0E-01	-3,0E-01	-6,8488	
		NM	0,070	1,0	30,00	-	-	-	-	-	0,00	30,00	0,0038	0,0167	1.004,21	16,74	4,35	3,0E-01	3,0E-01	9,8109	
		MF	0,070	1,0	20,00	-	-	-	-	-	0,00	20,00	0,0038	0,0051	304,21	5,07	1,32	4,0E-02	4,0E-02	0,7180	
		GH	0,070	1,0	30,00	-	-	-	-	-	0,00	30,00	0,0038	-0,0049	-293,37	-4,89	-1,27	-3,0E-02	-3,0E-02	-1,0071	
	M.6	HO	0,070	1,0	20,00	-	-	-	-	-	0,00	20,00	0,0038	-0,0516	-3.096,29	-51,60	-15,42	-3,0E+00	-3,0E+00	-52,5170	
		ON	0,070	1,0	30,00	-	-	-	-	-	0,00	30,00	0,0038	0,0389	2.333,73	38,90	10,11	2,0E+00	2,0E+00	46,6902	
		NC	0,070	1,0	20,00	-	-	-	-	-	0,00	20,00	0,0038	0,0172	1.029,52	17,16	4,46	3,0E-01	3,0E-01	6,8488	
		HI	0,070	1,0	30,00	-	-	-	-	-	0,00	30,00	0,0038	0,0225	1.348,61	22,48	5,84	6,0E-01	6,0E-01	16,9286	
	M.7	IP	0,070	1,0	20,00	-	-	-	-	-	0,00	20,00	0,0038	-0,0104	-625,03	-10,42	-2,71	-1,0E-01	-1,0E-01	-2,7205	
		PO	0,070	1,0	30,00	-	-	-	-	-	0,00	30,00	0,0038	-0,0472	-2.829,98	-47,17	-12,26	-2,0E+00	-2,0E+00	-66,7011	
		OH	0,070	1,0	20,00	-	-	-	-	-	0,00	20,00	0,0038	0,0516	3.096,29	51,60	13,42	3,0E+00	3,0E+00	52,5170	
		IL	0,070	1,0	30,00	-	-	-	-	-	0,00	30,00	0,0038	0,0205	1.228,05	20,47	5,32	5,0E-01	5,0E-01	14,2358	
	M.8	LQ	0,070	1,0	20,00	-	-	-	-	-	0,00	20,00	0,0038	0,0211	1.265,05	21,08	5,48	5,0E-01	5,0E-01	10,0263	
		QP	0,070	1,0	30,00	-	-	-	-	-	0,00	30,00	0,0038	-0,0289	-1.734,95	-28,92	-7,52	-9,0E-01	-9,0E-01	-16,9784	
		PI	0,070	1,0	20,00	-	-	-	-	-	0,00	20,00	0,0038	0,0104	625,03	10,42	2,71	1,0E-01	1,0E-01	2,7205	

La parte in alto è relativa al tratto di adduzione RO che collega la riserva alla rete; la parte sottostante ai diversi tratti della rete chiusa.

Per ciascun tratto sono preliminarmente riportati i valori del diametro nominale DN (m); del grado di usura U e della lunghezza geometrica L (m).

MAGLIA	TRATTO	DN m	U -	L m
M.1	AB	0,070	1,0	30,00
	BG	0,070	1,0	20,00
	GF	0,070	1,0	30,00
	FA	0,070	1,0	20,00
	BC	0,070	1,0	30,00

A seguire è riportato il prospetto relativo alle discontinuità accidentali, selezionabili da elenchi a discesa:

DISCONTINUITA'					
a	b	c	d	e	f
-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-

L'ultima parte del prospetto reca i valori scaturenti dal calcolo. Essi riguardano:

- La lunghezza equivalente Le (m);
- La lunghezza totale Lt (m);
- L'area A (m^2) della sezione della tubazione;
- La portata effettiva Q_{eff} come valore di riporto ed espressa in m^3/s ; l/min ; l/s ;
- La velocità v (m/s) dell'acqua nel tratto;
- La perdita di carico unitaria J (m/m) calcolata al netto delle perdite per usura;
- La perdita di carico unitaria J_u (m/m) inclusiva delle perdite per usura;
- La perdita di carico totale del tratto $Y = J_u * Lt$ (m).

Leq m	Lt m	A m ²	Q _{eff} _tratto			v m/s	J m/m	J _u m/m	Y = J _u * Lt m
			m ³ /s	l/min	l/s				
0,00	30,00	0,0038	-0,0001	-6,07	-0,10	-0,03	-3,E-05	-3,E-05	-0,0008
0,00	20,00	0,0038	-0,0122	-733,17	-12,22	-3,18	-2,E-01	-2,E-01	-3,6548
0,00	30,00	0,0038	0,0098	589,72	9,83	2,56	1,E-01	1,E-01	3,6646
0,00	20,00	0,0038	-0,0001	-6,07	-0,10	-0,03	-3,E-05	-3,E-05	-0,0005
0,00	30,00	0,0038	0,0071	427,10	7,12	1,85	7,E-02	7,E-02	2,0175
0,00	20,00	0,0038	-0,0169	-1.014,31	-16,91	-4,39	-3,E-01	-3,E-01	-6,6628
0,00	30,00	0,0038	0,0049	293,37	4,89	1,27	3,E-02	3,E-02	1,0071
0,00	20,00	0,0038	0,0122	733,17	12,22	3,18	2,E-01	2,E-01	3,6548

La sommatoria ΣY relativa a tutti i tratti della rete costituisce lo scarto del carico di chiusura della rete:

SCARTO_CARICO DI CHIUSURA RETE	m	0,10
--------------------------------	---	------

5 - PRESSIONE RESIDUA AI NODI

La pressione residua di un generico nodo della rete è data dalla differenza tra il carico geodetico di nodo e la somma delle perdite di carico (distribuite e concentrate) che si verificano nelle tubazioni colleganti la sorgente R e il nodo.

Il programma riporta le pressioni residue nel prospetto di calcolo seguente:

METODO HARDY CROSS:		PRESSIONE RESIDUA AI NODI															
NODO	R	A	B	C	D	E	F	G	H	I	L	M	N	O	P	Q	
ZN																	
quota nodo [m]	110,0	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	
$\Delta Z = ZR - ZN$																	
carico geodetico [m]	0,0	108,5	108,5	108,5	108,5	108,5	108,5	108,5	108,5	108,5	108,5	108,5	108,5	108,5	108,5	108,5	
RO																	
ΔP da R \rightarrow O [m]	0,0	10,7	10,7	10,7	10,7	10,7	10,7	10,7	10,7	10,7	10,7	10,7	10,7	10,7	10,7	10,7	
ΔRN																	
ΔP da O al nodo [m]	0,0	57,22	57,22	59,2	70,68	82,04	57,22	53,55	52,6	69,51	83,75	56,50	46,69	0,10	66,80	93,78	
$Yr = \Delta Z - RO - \Delta RN$																	
P residua al nodo [m]	110,00	40,58	40,58	38,57	27,12	15,76	40,58	44,25	45,23	28,29	14,05	41,30	51,11	97,70	31,00	4,02	
P residua al nodo [bar]	10,791	3,98	3,98	3,78	2,66	1,55	3,98	4,34	4,44	2,78	1,38	4,05	5,01	9,58	3,04	0,39	

Le componenti della sommatoria delle pressioni dunque comprendono:

- $\Delta Z = ZR - ZN$: differenza di quota (m) tra la sorgente R e il nodo generico N (termine positivo);
- RO: perdita di carico (m) per attrito (distribuita e accidentale) nella condotta di adduzione che collega la sorgente R con nodo O della rete (termine da portare in detrazione rispetto a ΔZ);
- ΔRN : perdita di carico (m) per attrito (distribuita e accidentale) nei tratti della rete che collegano il nodo O col nodo generico N della rete (termine da portare in detrazione rispetto a ΔZ).

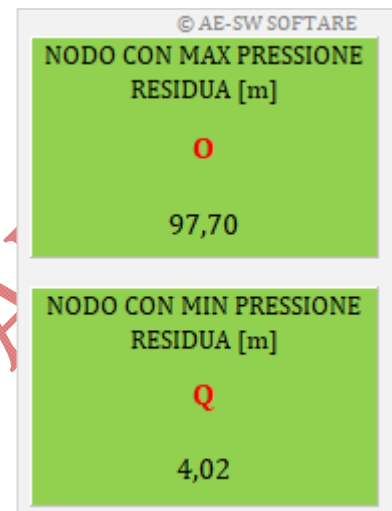
METODO HARDY CROSS:		PRESSIONE RESIDUA AI NODI					
NODO	R	A	B	C	D	E	
ZN							
quota nodo [m]	110,0	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	
$\Delta Z = ZR - ZN$							
carico geodetico [m]	0,0	108,5	108,5	108,5	108,5	108,5	
RO							
ΔP da R \rightarrow O [m]	0,0	10,7	10,7	10,7	10,7	10,7	
ΔRN							
ΔP da O al nodo [m]	0,0	57,22	57,22	59,2	70,68	82,04	
$Yr = \Delta Z - RO - \Delta RN$							
P residua al nodo [m]	110,00	40,58	40,58	38,57	27,12	15,76	
P residua al nodo [bar]	10,791	3,98	3,98	3,78	2,66	1,55	

In termini analitici la pressione residua Yr (m) è data dalla seguente espressione:

$$Y_r = \Delta Z - R_O - \Delta R_N \quad (\text{m})$$

Nell'esempio svolto, il programma indica, sulla base dei predetti calcoli che il nodo con maggiore pressione residua è il nodo "O" ($Y_{res} = 97,70 \text{ m}$) come facilmente intuibile visto che i nodi hanno la stessa quota geodetica e il nodo O è il nodo più prossimo alla riserva R.

Il nodo con minore pressione residua è invece, il nodo "Q" ($Y_{res} = 4,02 \text{ m}$) in quanto è il nodo in cui avviene il maggiore prelievo d'acqua ($Q_{nodo} = -3.000 \text{ l/min}$).



© AE-SW SOFTWARE

NODO CON MAX PRESSIONE RESIDUA [m]
O
97,70
NODO CON MIN PRESSIONE RESIDUA [m]
Q
4,02

AE-SW SOFTWARE

RELAZIONE TECNICA ED ELABORATI DI CALCOLO

© AE-SW SOFTWARE



RELAZIONE TECNICA



CALCOLO RETE IDRICA METODO HARDY CROSS

COMMITTENTE	TZIO Angelo
COD. FISCALE/P. IVA	ABC DEF 77H60 G005H
LOCALITA'	Roma (RM)
INDIRIZZO	Via dei Paschi di Siena, 20
ZONA URBANISTICA	B
FOGLIO DI MAPPA	97
PARTICELLA CATASTALE	25
SUBALTERNO	6

PROGETTISTA	Ing. Alvaro BIANCHI
Albo	Ingegneri di Napoli, n. XXXX
Studiotecnico	Massa di Somma_NA Via G. Falcone n. 53

DIRETTORE DEI LAVORI	Ing. Aldo ROSSI
Albo	Ingegneri di Napoli, n. XXXX
Studiotecnico	Massa di Somma_NA Via P. Borsellino n. 44

COLLAUDATORE	Ing. Filippo VERDI
Albo	Ingegneri di Napoli, n. XXXX
Studiotecnico	Massa di Somma_NA Via R. Chinnici n. 64

Studio associato di ingegneria - via Napoleone III - Massa di Somma - (NA)

AE SW - © Tutti i diritti riservati

© AE-SW SOFTWARE

RELAZIONE TECNICA**DATI GENERALI**

La relazione tecnica ha per oggetto il calcolo di rete idrica chiusa, ad anello, costituita da n. 8 maglie ed alimentata da riserva idrica. Il metodo di risoluzione della rete è quello iterativo di Hardy Cross.

Sono assegnati i seguenti dati:

- ▶ Tubazioni Acciaio zincato
- ▶ ΔQ_{lim} : scarto max portata di maglia 0,10 m^3/s
- ▶ Dati di nodo:

NODO	Z_quota m	Q_nodo	
		l/min	m ³ /s
R	110,0	8760	0,146
A	1,5	0	0,000
B	1,5	-300	-0,005
C	1,5	-350	-0,0058
D	1,5	-400	-0,0067
E	1,5	-600	-0,01
F	1,5	-900	-0,015
G	1,5	0	0,000
H	1,5	-440	-0,0073
I	1,5	-350	-0,0058
L	1,5	-450	-0,0075
M	1,5	-700	-0,0117
N	1,5	-300	-0,005
O	1,5	-500	-0,0083
P	1,5	-470	-0,0078
Q	1,5	-3000	-0,05

- ▶ Dati di maglia:

MAGLIA	TRATTO	DN	DN	Usura	L	Qhp	
		mm	m			l/min	m ³ /s
1	AB	70	0,07	1	30	1367,41	0,0228
	BG	70	0,07	1	20	-257,04	-0,0043
	GF	70	0,07	1	30	257,04	0,0043
	FA	70	0,07	1	20	1367,41	0,0228
2	BC	70	0,07	1	30	1324,44	0,0221
	CH	70	0,07	1	20	-771,11	-0,0129
	HG	70	0,07	1	30	771,11	0,0129
	GB	70	0,07	1	20	257,04	0,0043
3	CD	70	0,07	1	30	1745,56	0,0291
	DI	70	0,07	1	20	-781,39	-0,0130
	BH	70	0,07	1	30	-771,11	-0,0129
	HC	70	0,07	1	20	771,11	0,0129
4	DE	70	0,07	1	30	2126,94	0,0354
	EL	70	0,07	1	20	1526,94	0,0254
	LI	70	0,07	1	30	-781,39	-0,0130
	ID	70	0,07	1	20	781,39	0,0130

© AE-SW SOFTWARE

5	FG	70	0,07	1	30	-257,04	-0,0043
	GN	70	0,07	1	20	257,04	0,0043
	NM	70	0,07	1	30	2710,37	0,0452
	MF	70	0,07	1	20	2010,37	0,0335
6	GH	70	0,07	1	30	-771,11	-0,0129
	HO	70	0,07	1	20	-2753,33	-0,0459
	ON	70	0,07	1	30	2753,33	0,0459
	NG	70	0,07	1	20	-257,04	-0,0043
7	HI	70	0,07	1	30	771,11	0,0129
	IP	70	0,07	1	20	-1141,67	-0,0190
	PO	70	0,07	1	30	-2753,33	-0,0459
	OH	70	0,07	1	20	2753,33	0,0459
8	IL	70	0,07	1	30	781,39	0,0130
	LQ	70	0,07	1	20	1858,33	0,0310
	QP	70	0,07	1	30	-1141,67	-0,0190
	PI	70	0,07	1	20	1141,67	0,0190

RISOLUZIONE RETE E PORTATE EFFETTIVE CONDOTTE

In applicazione del metodo Hardy Cross, sono reperite le portate corrette, rappresentanti le portate effettive circolanti nei tratti della rete. Di seguito sono riportati i prospetti di calcolo della rete dopo n. 15 reiterazioni che riconducono lo scarto ΔQ di maglia entro il limite stabilito ΔQ_{lim} . I valori delle portate corrette Q_{corr} e, quindi, effettive dei tratti della rete sono evidenziati.

Posto:

$$r = 10,626 * (L / C^{1,85} * D^{4,867}) \quad [\text{metri/k}]$$

$$k = Q^{1,85}$$

M.1	VALORI NOTI				ITERAZIONE - 15			
TRATTO	DN m	L m	r m/k	Qhp m ³ /s	ΔQ m ³ /s	Qcorr m ³ /s	ΔY_{maglia} m	
AB	0,07	30,0	1,9E+04	0,0228	1,544E 05	0,0001	0,0008	
BC	0,07	20,0	1,3E+04	0,004	1,544E 05	0,0122	3,6548	
CF	0,07	30,0	1,9E+04	0,0043	1,544E 05	0,0098	3,6646	
FA	0,07	20,0	1,3E+04	0,023	1,544E 05	0,0001	0,0005	
$\Delta Q_{l/s}$					-0,0154	ΔY_{m}	8,5E 03	
M.2	BC	0,07	30,0	1,9E+04	0,0221	8,023E 06	0,0071	2,0175
CH	0,07	20,0	1,3E+04	0,013	8,023E 06	0,0169	6,6628	
HG	0,07	30,0	1,9E+04	0,0129	8,023E 06	0,0049	1,0071	
GB	0,07	20,0	1,3E+04	0,004	8,023E 06	0,0122	3,6548	
$\Delta Q_{l/s}$					-0,0080	ΔY_{m}	1,7E 02	
M.3	CD	0,07	30,0	1,9E+04	0,0291	7,607E 06	0,0182	11,4449
DI	0,07	20,0	1,3E+04	0,013	7,607E 06	0,0066	1,1672	
IH	0,07	30,0	1,9E+04	0,0129	7,607E 06	0,0225	-16,9286	
HC	0,07	20,0	1,3E+04	0,013	7,607E 06	0,0169	6,6628	
$\Delta Q_{l/s}$					-0,0076	ΔY_{m}	1,2E 02	
M.4	DE	0,07	30,0	1,9E+04	0,0354	1,758E 06	0,0181	11,3594

© AE-SW SOFTWARE

EL	0,07	20,0	1,3E+04	0,025	1,758E 06	0,0081	1,7146	
LI	0,07	30,0	1,9E+04	0,0130	1,758E 06	0,0205	14,2358	
ID	0,07	20,0	1,3E+04	0,013	1,758E 06	0,0066	1,1672	
					$\Delta Q_{l/s}$	-0,0018	ΔY_m	5,3E 03
M.5								
FG	0,07	30,0	1,9E+04	0,0043	5,925E 06	0,0098	3,6646	
GN	0,07	20,0	1,3E+04	0,004	5,925E 06	0,0172	6,8488	
NM	0,07	30,0	1,9E+04	0,0452	5,925E 06	0,0167	9,8109	
MF	0,07	20,0	1,3E+04	0,034	5,925E 06	0,0051	0,7180	
					$\Delta Q_{l/s}$	-0,0059	ΔY_m	1,5E 02
M.6								
GH	0,07	30,0	1,9E+04	0,0129	6,557E 06	0,0049	1,0071	
HO	0,07	20,0	1,3E+04	0,046	6,557E 06	0,0516	52,5170	
ON	0,07	30,0	1,9E+04	0,0459	6,557E 06	0,0389	46,6902	
NG	0,07	20,0	1,3E+04	0,004	6,557E 06	0,0172	6,8488	
					$\Delta Q_{l/s}$	-0,0066	ΔY_m	1,5E 02
M.7								
HI	0,07	30,0	1,9E+04	0,0129	3,959E 06	0,0225	16,9286	
IP	0,07	20,0	1,3E+04	0,019	3,959E 06	0,0104	2,7205	
PO	0,07	30,0	1,9E+04	0,0459	3,959E 06	0,0472	66,7011	
OH	0,07	20,0	1,3E+04	0,046	3,959E 06	0,0516	52,5170	
					$\Delta Q_{l/s}$	0,0040	ΔY_m	2,4E 02
M.8								
IL	0,07	30,0	1,9E+04	0,0130	2,222E 06	0,0205	14,2358	
LQ	0,07	20,0	1,3E+04	0,031	2,222E 06	0,0211	10,0263	
QP	0,07	30,0	1,9E+04	0,0190	2,222E 06	0,0289	26,9784	
PI	0,07	20,0	1,3E+04	0,019	2,222E 06	0,0104	2,7205	
					$\Delta Q_{l/s}$	-0,0022	ΔY_m	4,2E 03

CALCOLO PARAMETRI IDRAULICI E PERDITE DI PRESSIONE

Di seguito sono riportati i calcoli relativi alla determinazione dei parametri idraulici dei tratti della rete e delle perdite di pressione totali (distribuite e concentrate) tenuto conto del grado di usura delle tubazioni. Il calcolo è anche riferito al tratto RO di adduzione che collega la riserva al nodo O della rete. Il valore J è la perdita di carico per unità di lunghezza totale L_t (lunghezza geometrica + lunghezza equivalente relativa alla presenza di discontinuità) al netto dell'usura delle tubazioni; J_u è la medesima perdita unitaria comprendente la componente usura. Sono calcolate le velocità nei tratti della rete; la perdita di pressione Y (m) è riportata nell'ultima colonna.

	TRATTO	DN m	U -	L_t m	Q_{eff} m ³ /s	v m/s	J m/m	J_u m/m	$Y=J_u \cdot L_t$ m
ADDUZ.	RO	0,125	1,0	10,00	0,1460	11,90	1,1E+00	1,1E+00	10,7
M.1	AB	0,07	1,0	30,00	0,0001	0,03	2,6E 05	2,6E 05	0,0008
	BG	0,07	1,0	20,00	0,0122	3,18	1,8E 01	1,8E 01	3,6548
	GF	0,07	1,0	30,00	0,0098	2,56	1,2E 01	1,2E 01	3,6646
	FA	0,07	1,0	20,00	0,0001	0,03	2,6E 05	2,6E 05	0,0005
M.2	BC	0,07	1,0	30,00	0,0071	1,85	6,7E 02	6,7E 02	2,0175
	CH	0,07	1,0	20,00	0,0169	4,39	3,3E 01	3,3E 01	6,6628
	HG	0,07	1,0	30,00	0,0049	1,27	3,4E 02	3,4E 02	1,0071

© AE-SW SOFTWARE

M.3	GB	0,07	1,0	20,00	0,0122	3,18	1,8E 01	1,8E 01	3,6548
	CD	0,07	1,0	30,00	0,0182	4,73	3,8E 01	3,8E 01	11,4449
	DI	0,07	1,0	20,00	0,0066	1,71	5,8E 02	-5,8E 02	-1,1672
	IH	0,07	1,0	30,00	0,0225	5,84	5,6E 01	-5,6E 01	16,9286
	HC	0,07	1,0	20,00	0,0169	4,39	3,3E 01	3,3E 01	6,6628
M.4	DE	0,07	1,0	30,00	0,0181	4,71	3,8E 01	3,8E 01	11,3594
	EL	0,07	1,0	20,00	0,0081	2,11	8,6E 02	8,6E 02	1,7146
	LI	0,07	1,0	30,00	0,0205	5,32	4,7E 01	-4,7E 01	-14,2358
M.5	ID	0,07	1,0	20,00	0,0066	1,71	5,8E 02	5,8E 02	1,1672
	FG	0,07	1,0	30,00	0,0098	2,56	1,2E 01	-1,2E 01	3,6646
	GN	0,07	1,0	20,00	0,0172	4,46	3,4E 01	-3,4E 01	6,8488
	NM	0,07	1,0	30,00	0,0167	4,35	3,3E 01	3,3E 01	9,8109
M.6	MF	0,07	1,0	20,00	0,0051	1,32	3,6E 02	3,6E 02	0,7180
	GH	0,07	1,0	30,00	0,0049	1,27	3,4E 02	-3,4E 02	-1,0071
	HO	0,07	1,0	20,00	0,0516	13,42	2,6E+00	2,6E+00	52,5170
	ON	0,07	1,0	30,00	0,0389	10,11	1,6E+00	1,6E+00	46,6902
M.7	NG	0,07	1,0	20,00	0,0172	4,46	3,4E 01	3,4E 01	6,8488
	HI	0,07	1,0	30,00	0,0225	5,84	5,6E 01	5,6E 01	16,9286
	IP	0,07	1,0	20,00	0,0104	2,71	1,4E 01	-1,4E 01	2,7205
	PO	0,07	1,0	30,00	0,0472	12,26	2,2E+00	2,2E+00	66,7011
M.8	OH	0,07	1,0	20,00	0,0516	13,42	2,6E+00	2,6E+00	52,5170
	IL	0,07	1,0	30,00	0,0205	5,32	4,7E 01	4,7E 01	14,2358
	LQ	0,07	1,0	20,00	0,0211	5,48	5,0E 01	5,0E 01	10,0263
	QP	0,07	1,0	30,00	0,0289	7,52	9,0E 01	-9,0E 01	26,9784
	PI	0,07	1,0	20,00	0,0104	2,71	1,4E 01	1,4E 01	2,7205

CALCOLO PRESSIONI RESIDUE AI NODI

La pressione residua di un generico nodo della rete è data dalla differenza tra il carico geodetico di nodo e la somma delle perdite di carico (distribuite e concentrate) che si verificano nelle tubazioni colleganti la sorgente R e il nodo.

Le componenti della sommatoria delle pressioni dunque comprendono:

- $\Delta Z = Z_R - Z_N$ differenza di quota (m) tra la sorgente R e il nodo generico N (termine positivo);
- RO perdita di carico (m) per attrito (distribuita e accidentale) nella condotta di adduzione che collega la sorgente R con nodo O della rete (termine da portare in detrazione rispetto a ΔZ);
- ΔRN perdita di carico (m) per attrito (distribuita e accidentale) nei tratti della rete che collegano il nodo O col nodo generico N della rete (termine da portare in detrazione rispetto a ΔZ).

Di seguito è riportato il prospetto recante per ogni nodo il valore delle grandezze sopra evidenziate e il valore della pressione residua di nodo Yres.

NODO	R	A	B	C	D	E	F
ZN quota nodo (m)	110	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
$\Delta Z = Z_R - Z_N$ carico geodetico (m)	0	108,50	108,50	108,50	108,50	108,50	108,50

© AE-SW SOFTWARE

RO	0	10,70	10,70	10,70	10,70	10,70	10,70
ΔP da R \rightarrow O [m]							
ΔRN	0	57,22	57,22	59,24	70,68	82,04	57,22
ΔP da O al nodo [m]							
$Yr = \Delta Z - RO - \Delta RN$	110	40,58	40,58	38,57	27,12	15,76	40,58
P residua al nodo [m]							
P residua al nodo [bar]	10,79	3,98	3,98	3,78	2,66	1,55	3,98

NODO	G	H	I	L	M	N	O
ZN	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
quota nodo [m]							
$\Delta Z = ZR - ZN$	108,50	108,50	108,50	108,50	108,50	108,50	108,50
carico geodetico [m]							
RO	10,70	10,70	10,70	10,70	10,70	10,70	10,70
ΔP da R \rightarrow O [m]							
ΔRN	53,55	52,57	69,51	83,75	56,50	46,69	0,10
ΔP da O al nodo [m]							
$Yr = \Delta Z - RO - \Delta RN$	44,25	45,23	28,29	14,05	41,30	51,11	97,70
P residua al nodo [m]							
P residua al nodo [bar]	4,34	4,44	2,78	1,38	4,05	5,01	9,58

NODO	P	Q
ZN	1,5	1,5
quota nodo [m]		
$\Delta Z = ZR - ZN$	108,50	108,50
carico geodetico [m]		
RO	10,70	10,70
ΔP da R \rightarrow O [m]		
ΔRN	66,80	93,78
ΔP da O al nodo [m]		
$Yr = \Delta Z - RO - \Delta RN$	31,00	4,02
P residua al nodo [m]		
P residua al nodo [bar]	3,04	0,39

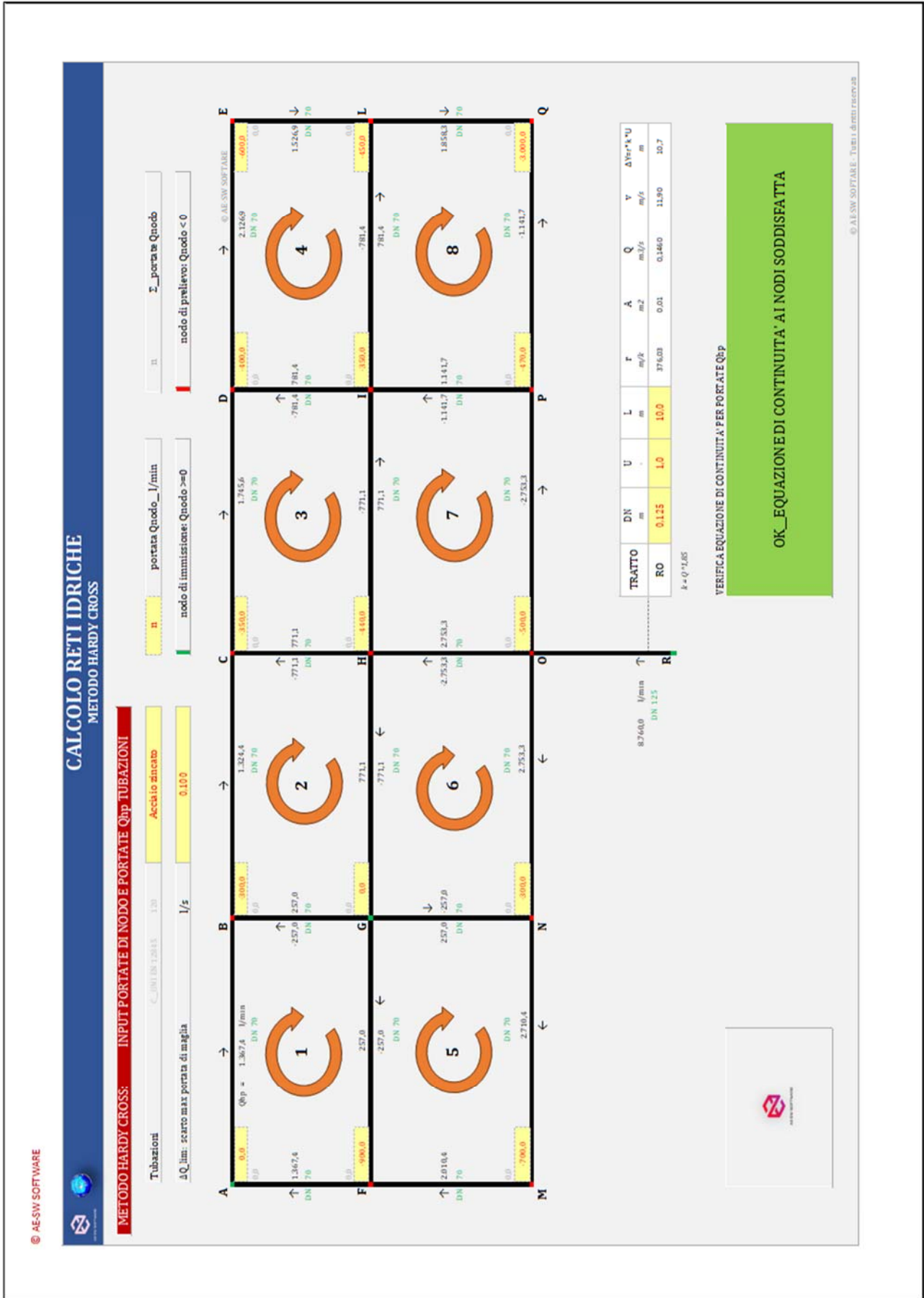
- Nodo con max pressione residua [m] **O** Pres = 97,70 m 9,58 bar
- Nodo con min pressione residua [m] **Q** Pres = 4,02 m 0,39 bar

Allegati:

- Elaborati di calcolo

Il Progettista
Ing. Alvaro BIANCHI

ELABORATI DI CALCOLO





CALCOLO RETI IDRICHE
METODO HARDY CROSS

METODO HARDY CROSS: INPUT QUOTA NODI - DN TUBAZIONI - USURA - LUNGHEZZE

NODO	Z _{quota} m	Q _{nodo} m ³ /s	f/m	Q _{bp} m ³ /s	L	Usura	DN	DN	TRATTO	DN	DN	Usura	L	f/m	Q _{bp} m ³ /s
R	110.0	8.760.0	0.1460		30.0	1.0	0.070	70	FG	70	0.070	1.0	30.0	1.367.41	0.0228
A	1.5	0.0	0.0000		30.0	1.0	0.070	70	BG	70	0.070	1.0	30.0	-257.04	-0.0043
B	1.5	-350.0	-0.0050		30.0	1.0	0.070	70	GF	70	0.070	1.0	30.0	257.04	0.0043
C	1.5	-350.0	-0.0058		30.0	1.0	0.070	70	FA	70	0.070	1.0	30.0	1.367.41	0.0228
D	1.5	-400.0	-0.0067		30.0	1.0	0.070	70	BC	70	0.070	1.0	30.0	1.324.44	0.0221
E	1.5	-600.0	-0.0100		30.0	1.0	0.070	70	CH	70	0.070	1.0	30.0	-771.11	-0.0129
F	1.5	-900.0	-0.0150		30.0	1.0	0.070	70	HG	70	0.070	1.0	30.0	771.11	0.0129
G	1.5	0.0	0.0000		20	2.0	0.070	70	GB	70	0.070	1.0	20	257.04	0.0043
H	1.5	-40.0	-0.0073		30.0	1.0	0.070	70	CD	70	0.070	1.0	30.0	1.745.56	0.0291
I	1.5	-350.0	-0.0058		30.0	1.0	0.070	70	DI	70	0.070	1.0	30.0	-781.39	-0.0130
L	1.5	-450.0	-0.0075		30.0	1.0	0.070	70	HI	70	0.070	1.0	30.0	-771.11	-0.0129
M	1.5	-700.0	-0.0117		20	2.0	0.070	70	IP	70	0.070	1.0	20	771.11	0.0129
N	1.5	-300.0	-0.0050		30.0	1.0	0.070	70	PO	70	0.070	1.0	30.0	-2.753.33	-0.0459
O	1.5	-500.0	-0.0083		30.0	1.0	0.070	70	OH	70	0.070	1.0	30.0	2.753.33	0.0459
P	1.5	-470.0	-0.0078		30.0	1.0	0.070	70	IL	70	0.070	1.0	30.0	781.39	0.0130
Q	1.5	-3.000.0	-0.0500		30.0	1.0	0.070	70	LQ	70	0.070	1.0	30.0	1.858.33	0.0310
					30.0	1.0	0.070	70	QP	70	0.070	1.0	30.0	-1.141.67	-0.0190
					20.0	2.0	0.070	70	FI	70	0.070	1.0	20.0	1.141.67	0.0190

© AE-SW SOFTWARE

METODO HARDY CROSS: RIEQUILIBRIO PORTATE MAGLIE

VALORI NOTI										ITERAZIONE - 15	
TRATTO	DN	L	r	Q _{bp}	ΔQ	Q _{corr}	ΔV	maglia	ΔT _{maglia}	ΔQ	ΔT _{maglia}
AB	0.070	30	1.901e+04	0.0228	-0.01000	0.0001	7.71E-04	0.0001	7.71E-04		
BG	0.070	20	1.281e+04	0.0043	-0.01000	-0.0322	1.651e+00	-0.0322	1.651e+00		
GF	0.070	30	1.901e+04	0.0043	-0.01000	0.0098	1.664e+00	0.0098	1.664e+00		
FA	0.070	20	1.281e+04	0.0228	-0.01000	0.0001	3.14E-04	0.0001	3.14E-04		
										ΔQ _{Q_{bp}} /s	ΔT _{maglia}
										-0.01154	0.511E-03
VALORI NOTI										ITERAZIONE - 15	
TRATTO	DN	L	r	Q _{bp}	ΔQ	Q _{corr}	ΔV	maglia	ΔT _{maglia}	ΔQ	ΔT _{maglia}
BC	0.070	30	1.901e+04	0.0221	-0.01000	0.0071	2.02E+00	0.0071	2.02E+00		
CH	0.070	20	1.281e+04	0.0129	-0.01000	0.0119	6.661e+00	0.0119	6.661e+00		
HG	0.070	30	1.901e+04	0.0129	-0.01000	0.0049	1.01E+00	0.0049	1.01E+00		
GB	0.070	20	1.281e+04	0.0043	-0.01000	0.0022	3.28E+00	0.0022	3.28E+00		
										ΔQ _{Q_{bp}} /s	ΔT _{maglia}
										-0.01080	1.66E-02
VALORI NOTI										ITERAZIONE - 15	
TRATTO	DN	L	r	Q _{bp}	ΔQ	Q _{corr}	ΔV	maglia	ΔT _{maglia}	ΔQ	ΔT _{maglia}
CD	0.070	30	1.901e+04	0.0291	-0.01000	0.0382	1.14E+01	0.0382	1.14E+01		
DI	0.070	20	1.281e+04	0.0130	-0.01000	0.0066	1.17E+00	0.0066	1.17E+00		
IH	0.070	30	1.901e+04	0.0129	-0.01000	0.0222	1.39E+00	0.0222	1.39E+00		
HC	0.070	20	1.281e+04	0.0129	-0.01000	0.0069	6.56E+00	0.0069	6.56E+00		
										ΔQ _{Q_{bp}} /s	ΔT _{maglia}
										-0.00076	1.19E-02

OK_MAGLIA EQUILIBRATA
ΔQ MAGLIA INFERIORE A ΔQ_{lim}

OK_MAGLIA EQUILIBRATA
ΔQ MAGLIA INFERIORE A ΔQ_{lim}

OK_MAGLIA EQUILIBRATA
ΔQ MAGLIA INFERIORE A ΔQ_{lim}

© AE-SW SOFTWARE - Tutti i diritti riservati



CALCOLO RETI IDRICHE
METODO HARDY CROSS

METODO HARDY CROSS: RIEQUILIBRIO PORTATE MAGLIE

M.4

TRATTO	VALORI NOTI				ITERAZIONE - 15			
	DN m	L m	r m/k	Qhp m ³ /s	ΔQ m ³ /s	Qcorr m ³ /s	ΔV_maglia m	ΔΣY_m
DE	0.070	30	1.901E+04	0.0254	-0.0000	0.0281	1.14E+01	
EL	0.070	20	1.261E+04	0.0224	-0.0000	0.0081	1.71E+00	
LJ	0.070	30	1.901E+04	0.0310	-0.0000	0.0205	1.42E+01	
ID	0.070	20	1.261E+04	0.0180	-0.0000	0.0066	1.17E+00	
k = 0.7185 ΔQ_m ³ /s ΔΣY_m 5.15E-03								

OK_MAGLIA EQUILIBRATA
ΔQ MAGLIA INFERIORE ΔQ_lim

M.5

TRATTO	VALORI NOTI				ITERAZIONE - 15			
	DN m	L m	r m/k	Qhp m ³ /s	ΔQ m ³ /s	Qcorr m ³ /s	ΔV_maglia m	ΔΣY_m
FG	0.070	30	1.901E+04	0.0043	-0.0000	0.0098	3.66E+00	
GN	0.070	20	1.261E+04	0.0043	-0.0000	0.0172	6.81E+00	
NM	0.070	30	1.901E+04	0.0452	-0.0000	0.0167	9.81E+00	
MF	0.070	20	1.261E+04	0.0185	-0.0000	0.0051	7.18E-01	
k = 0.7185 ΔQ_m ³ /s ΔΣY_m 1.55E-02								

OK_MAGLIA EQUILIBRATA
ΔQ MAGLIA INFERIORE ΔQ_lim

M.6

TRATTO	VALORI NOTI				ITERAZIONE - 15			
	DN m	L m	r m/k	Qhp m ³ /s	ΔQ m ³ /s	Qcorr m ³ /s	ΔV_maglia m	ΔΣY_m
GH	0.070	30	1.901E+04	0.0129	-0.0000	0.0049	1.01E+00	
HO	0.070	20	1.261E+04	0.0459	-0.0000	0.0016	5.26E+01	
ON	0.070	30	1.901E+04	0.0459	-0.0000	0.0389	4.67E+01	
NG	0.070	20	1.261E+04	0.0043	-0.0000	0.0172	6.88E+00	
k = 0.7185 ΔQ_m ³ /s ΔΣY_m 1.49E-02								

OK_MAGLIA EQUILIBRATA
ΔQ MAGLIA INFERIORE ΔQ_lim

M.7

TRATTO	VALORI NOTI				ITERAZIONE - 15			
	DN m	L m	r m/k	Qhp m ³ /s	ΔQ m ³ /s	Qcorr m ³ /s	ΔV_maglia m	ΔΣY_m
HI	0.070	30	1.901E+04	0.0229	-0.0000	0.0223	3.09E+01	
IP	0.070	20	1.261E+04	0.0390	-0.0000	0.0104	2.72E+00	
PO	0.070	30	1.901E+04	0.0459	-0.0000	0.0472	6.67E+01	
OH	0.070	20	1.261E+04	0.0459	-0.0000	0.0016	5.26E+01	
k = 0.7185 ΔQ_m ³ /s ΔΣY_m 2.60E-02								

OK_MAGLIA EQUILIBRATA
ΔQ MAGLIA INFERIORE ΔQ_lim

M.8

TRATTO	VALORI NOTI				ITERAZIONE - 15			
	DN m	L m	r m/k	Qhp m ³ /s	ΔQ m ³ /s	Qcorr m ³ /s	ΔV_maglia m	ΔΣY_m
IL	0.070	30	1.901E+04	0.0180	-0.0000	0.0205	1.42E+01	
LQ	0.070	20	1.261E+04	0.0310	-0.0000	0.0211	1.06E+01	
QP	0.070	30	1.901E+04	0.0390	-0.0000	0.0289	2.70E+01	
PI	0.070	20	1.261E+04	0.0180	-0.0000	0.0164	2.72E+00	
k = 0.7185 ΔQ_m ³ /s ΔΣY_m 6.17E-03								

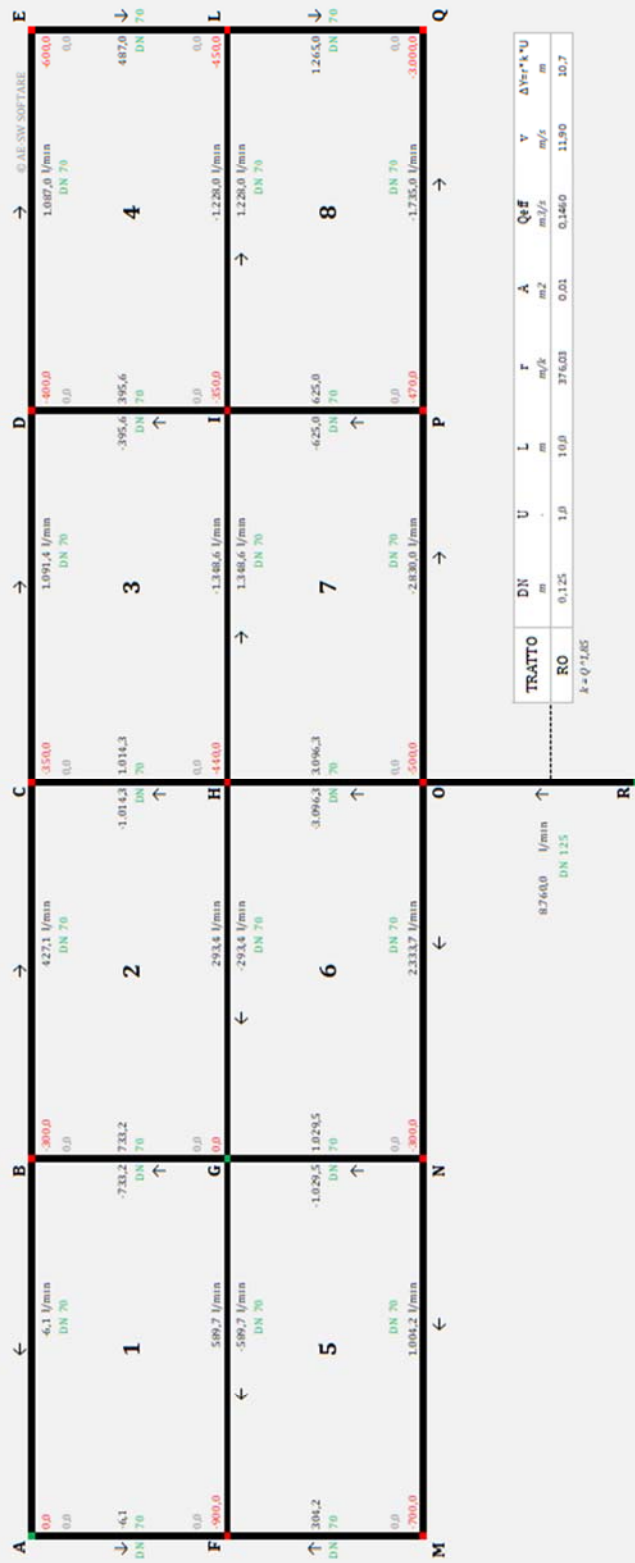
OK_MAGLIA EQUILIBRATA
ΔQ MAGLIA INFERIORE ΔQ_lim



CALCOLO RETI IDRICHE
METODO HARDY CROSS

RETE EQUILIBRATA

H portata Quodo ≥ 0 / E_pportata Quodo
 nodo di immissione: Quodo ≥ 0 / nodo di prelievo: Quodo < 0



TRATTO	DN	U	L	F	A	Q _{eff}	V	$\Delta Ver \cdot k \cdot U$
	m	.	m	m ²	m ²	m ³ /s	m/s	m
RO	0,125	1,0	10,0	376,03	0,01	0,1460	11,90	10,7

$K = 0,7485$

VERIFICA EQUILIBRIO RETE PER PORTATE Q_{eff}

OK_RETE EQUILIBRATA



CALCOLO RETI IDRICHE
METODO HARDY CROSS

METODO HARDY CROSS: PERDITE DI CARICO TRATTI RETE

ADDUZ.	DISCONTINUITA'										Qeff	V	J	Ju*	Y = Ju * Lt
	DN	U	L	a	b	c	d	e	f	Leq					
TRATTO	DN	U	L	a	b	c	d	e	f	Leq	Qeff	V	J	Ju*	Y = Ju * Lt
RO	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	l/min	m ³ /s	m/m	m ³ /m	m
M1	0.070	1.0	30.00	-	-	-	-	-	-	0.00	8.760.0	11.90	1.1e-03	1.1e-03	10.7
M2	0.070	1.0	30.00	-	-	-	-	-	-	0.00	8.760.0	11.90	1.1e-03	1.1e-03	10.7
M3	0.070	1.0	30.00	-	-	-	-	-	-	0.00	8.760.0	11.90	1.1e-03	1.1e-03	10.7
M4	0.070	1.0	30.00	-	-	-	-	-	-	0.00	8.760.0	11.90	1.1e-03	1.1e-03	10.7
M5	0.070	1.0	30.00	-	-	-	-	-	-	0.00	8.760.0	11.90	1.1e-03	1.1e-03	10.7
M6	0.070	1.0	30.00	-	-	-	-	-	-	0.00	8.760.0	11.90	1.1e-03	1.1e-03	10.7
M7	0.070	1.0	30.00	-	-	-	-	-	-	0.00	8.760.0	11.90	1.1e-03	1.1e-03	10.7
M8	0.070	1.0	30.00	-	-	-	-	-	-	0.00	8.760.0	11.90	1.1e-03	1.1e-03	10.7

METODO HARDY CROSS: PRESSIONE RESIDUA AI NODI

NODO	R	A	B	C	D	E	F	G	H	I	L	M	N	O	P	Q
ZK quota nodo [m]	110.0	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
ΔZ = ZR - ZN carico geodetico [m]	0.0	100.5	100.5	100.5	100.5	100.5	100.5	100.5	100.5	100.5	100.5	100.5	100.5	100.5	100.5	100.5
ΔP da R - O [m]	0.0	10.7	10.7	10.7	10.7	10.7	10.7	10.7	10.7	10.7	10.7	10.7	10.7	10.7	10.7	10.7
ΔP da O al nodo [m]	0.0	57.22	57.22	59.2	70.68	82.04	57.22	53.55	52.6	69.51	83.75	56.50	46.69	66.80	93.78	4.02
Yr = ΔZ - ΔR - ΔRN Pressione al nodo [m]	110.00	40.58	40.58	38.57	27.12	15.76	40.58	44.25	45.21	26.29	14.05	41.30	51.11	97.70	31.00	4.02
P residua al nodo [bar]	10.791	3.98	3.98	3.78	2.66	1.55	3.98	4.34	4.44	2.78	1.38	4.05	5.01	9.58	3.04	0.39

SCARTO, CARICO DI CHIUSURA RETE

SCARTO	Carico	di chiusura	rete
0.10			

© AE-SW SOFTWARE

Nodo con max pressione residua [m]
0

Nodo con min pressione residua [m]
Q
4.02

AE-SW SOFTWARE

USER MANUAL

CALCULATION OF RING WATER NETWORKS

HARDY CROSS METHOD

PREMISE

The Handbook illustrates the functionality of the program in *Excel format* for the calculation of closed water networks using the iterative Hardy Cross method.

The network in question consists of 8 closed meshes, which can be scaled to a lower number of meshes by means of appropriate measures, fed by a section of external adduction pipe.

The nodes in the network can be either withdrawal or input nodes. The input of the pick-up/input node capacity takes place directly on the network diagram, at each node. The program, for the purpose of rebalancing the network, carries out 15 iterations.

The illustration of the program's functionalities is carried out with reference to a practical example, the results of which are reported in a specific final calculation report.

1 - GENERAL DATA

All data can only be entered in cells on a yellow background with a red character; the only ones that are active and editable. The rest are return cells. The cells are entered in the vertical reading order of the spreadsheets.

The general data are:

- The material that makes up the internal surface of the pipes (in the example: galvanized steel);

Piping	C_UNI EN 12845	120	Acciaio zincato
--------	----------------	-----	-----------------

- The maximum tolerable deviation ΔQ_{lim} for the mesh flow rate at the end of the repeats (in the example: 0.10 l/s);

ΔQ_{lim} : maximum deviation for mesh flow rate	l/s	0,100
---	-----	-------

- The withdrawal or input flow rates relating to the nodes: they are entered directly on the network diagram at each node, in the cells on a yellow background in red character (see

diagram). For the external supply section (RO section), the flow rate is calculated by the program as the difference between the withdrawal (negative) and input (positive) flow rates. The flow rate of the RO section is assumed to be drawn from a water reserve R and fed into the network at node O.



- The node capacities are shown on a table together with the dimensions of the nodes, input with respect to the horizontal plane passing through the lowest node; All according to the table below in which a height of 110 m was considered for the Reserve node while for all the other nodes a height of 1.5 m. In the last two columns, there are the values of the node capacities as carryover values from the network schema.

NODE	Z_elev.	Qnode	
	m	l/min	m ³ /s
R	110,0	8.760,0	0,1460
A	1,5	0,0	0,0000
B	1,5	-300,0	-0,0050
C	1,5	-350,0	-0,0058
D	1,5	-400,0	-0,0067
E	1,5	-600,0	-0,0100
F	1,5	-900,0	-0,0150
G	1,5	0,0	0,0000
H	1,5	-440,0	-0,0073
I	1,5	-350,0	-0,0058
L	1,5	-450,0	-0,0075
M	1,5	-700,0	-0,0117
N	1,5	-300,0	-0,0050
O	1,5	-500,0	-0,0083
P	1,5	-470,0	-0,0078
Q	1,5	-3.000,0	-0,0500

- The nominal diameter DN for each section of each mesh;
- The U-value (variable from 1 to 2) expresses the degree of wear of the pipes in each section of the network (1 = new pipes; 2 = pipes in place for more than 20-25 years);
- The L(m) value of the length of each stroke;
- The Qhp value of the hypothetical flow rates passing through the sections of the network, determined by applying the continuity equation to the nodes expressed in l/min and m³/s.

All according to the following input tables:

MESH	TRAIT	DN	DN	Usury	L	Qhp		MESH	TRAIT	DN	DN	Usury	L	Qhp	
		mm	m			l/min	m ³ /s			mm	m			l/min	m ³ /s
1	AB	70	0,070	1,0	30,0	1.367,41	0,0228	5	FG	70	0,070	1,0	30,0	-257,04	-0,0043
	BG	70	0,070	1,0	20,0	-257,04	-0,0043		GN	70	0,070	1,0	20,0	257,04	0,0043
	GF	70	0,070	1,0	30,0	257,04	0,0043		NM	70	0,070	1,0	30,0	2.710,37	0,0452
	FA	70	0,070	1,0	20,0	1.367,41	0,0228		MF	70	0,070	1,0	20,0	2.010,37	0,0335
2	BC	70	0,070	1,0	30,0	1.324,44	0,0221	6	GH	70	0,070	1,0	30,0	-771,11	-0,0129
	CH	70	0,070	1,0	20,0	-771,11	-0,0129		HO	70	0,070	1,0	20,0	-2.753,33	-0,0459
	HG	70	0,070	1,0	30,0	771,11	0,0129		ON	70	0,070	1,0	30,0	2.753,33	0,0459
	GB	70	0,070	1,0	20	257,04	0,0043		NG	70	0,070	1,0	20,0	-257,04	-0,0043
3	CD	70	0,070	1,0	30,0	1.745,56	0,0291	7	HI	70	0,070	1,0	30,0	771,11	0,0129
	DI	70	0,070	1,0	20,0	-781,39	-0,0130		IP	70	0,070	1,0	20,0	-1.141,67	-0,0190
	IH	70	0,070	1,0	30,0	-771,11	-0,0129		PO	70	0,070	1,0	30,0	-2.753,33	-0,0459
	HC	70	0,070	1,0	20	771,11	0,0129		OH	70	0,070	1,0	20,0	2.753,33	0,0459
4	DE	70	0,070	1,0	30,0	2.126,94	0,0354	8	IL	70	0,070	1,0	30,0	781,39	0,0130
	EL	70	0,070	1,0	20,0	1.526,94	0,0254		LQ	70	0,070	1,0	20,0	1.858,33	0,0310
	LI	70	0,070	1,0	30,0	-781,39	-0,0130		QP	70	0,070	1,0	30,0	-1.141,67	-0,0190
	ID	70	0,070	1,0	20,0	781,39	0,0130		PI	70	0,070	1,0	20,0	1.141,67	0,0190

AE-SW SOFTWARE

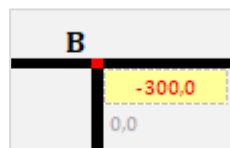
2 - NETWORK DIAGRAM WITH HYPOTHETICAL FLOW RATES

On the basis of the data entered, the program returns the network diagram of the hypothetical flow rates according to the excerpt below.



In it are visible:

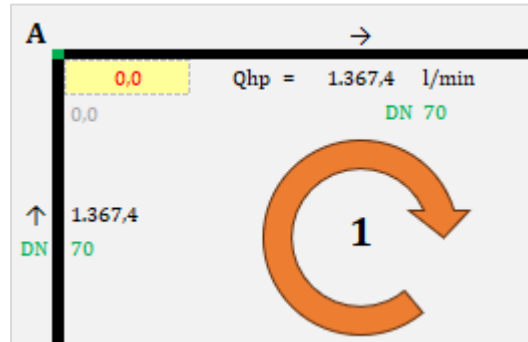
- The color of the node: red when picking (the node flow rate entered in the yellow cell in red character has a negative value); green when of injection (zero flow rate or greater than zero);



- The positive direction of knitting: assumed hourly;
- The report of the DN input diameters (mm) for the pipe sections, visible in green;
- The result of the application of the continuity equation to each node: the result is expressed by the gray number shown on each node; a value of zero indicates the satisfaction of the continuity equation;

n	Σ _flow rates Qnode
---	----------------------------

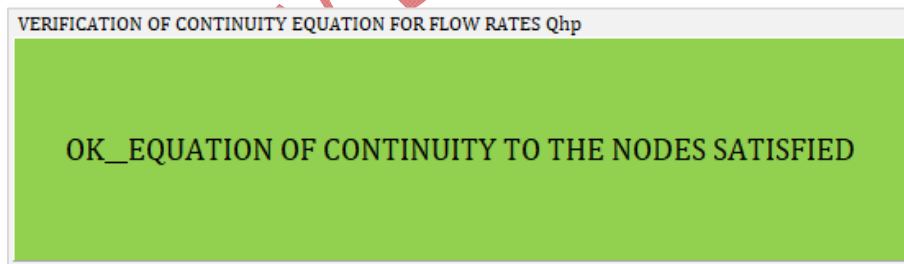
- The value of the flow rate Q_{hp} (l/min) passing through each section of the network scheme deriving from the balance of the node flow rates (node continuity equation); together with the flow rates, there is also an arrow indicating the direction of travel of the flow rate in the section considered (in section AB the hypothetical flow rate is 1,367.4 l/min and moves from extreme A to extreme B).



In conclusion, by virtue of the occurrence of equality:

$$\Sigma Q_{node} = 0$$

For any node, the program returns a positive result at the verification check relating to the satisfaction of the continuity equation in all nodes:



3 - NETWORK DIAGRAM WITH ACTUAL FLOW RATES

Starting from the network diagram of the hypothetical flow rates, the program carries out a certain number of calculation reiterations until it reaches a deviation $\Delta Q \leq \Delta Q_{lim}$, i.e. a flow deviation for each mesh, less than or equal to the predetermined limit.

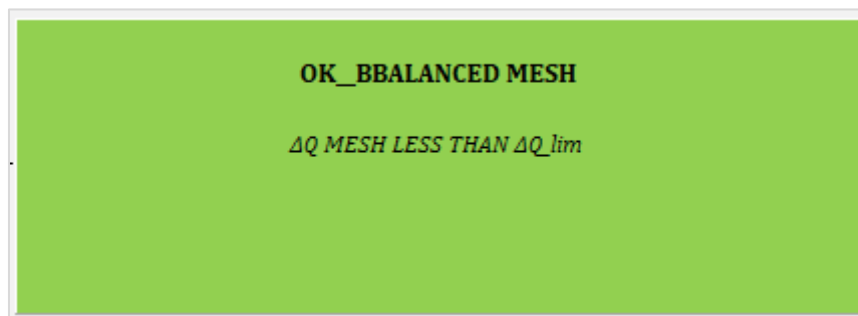
The achievement of the aforementioned result guarantees that for each mesh the continuity equations at the nodes are satisfied and also a deviation of the closing load relative to each mesh, close to zero. It has been observed that usually the number of repetitions necessary for this is just over 10; The program performs 15 iterations.

At the end of the reiterations, for each mesh the final table is shown showing for each mesh:

- The value of the mesh deviation ΔQ (m³/s);
- The value of the corrected mesh capacity Q_{corr} (m³/s);
- The deviation of the closing load of the mesh ΔY_{mesh} (m).

HARDY CROSS METHOD: REBALANCING OF MESH FLOW RATES							
M.1	KNOWN VALUES				ITERATION - 15		
TRAIT	DN	L	r	Qhp	ΔQ	Q_{corr}	ΔY_{mesh}
	m	m	m/k	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m
AB	0,070	30	1,90E+04	0,0228	-0,0000	-0,0001	-7,71E-04
BG	0,070	20	1,26E+04	-0,0043	-0,0000	-0,0122	-3,65E+00
GF	0,070	30	1,90E+04	0,0043	-0,0000	0,0098	3,66E+00
FA	0,070	20	1,26E+04	0,0228	-0,0000	-0,0001	-5,14E-04
$k = Q^{1,85}$				$\Delta Q_{1/s}$	-0,0154	$\Delta \Sigma Y_m$	8,51E-03

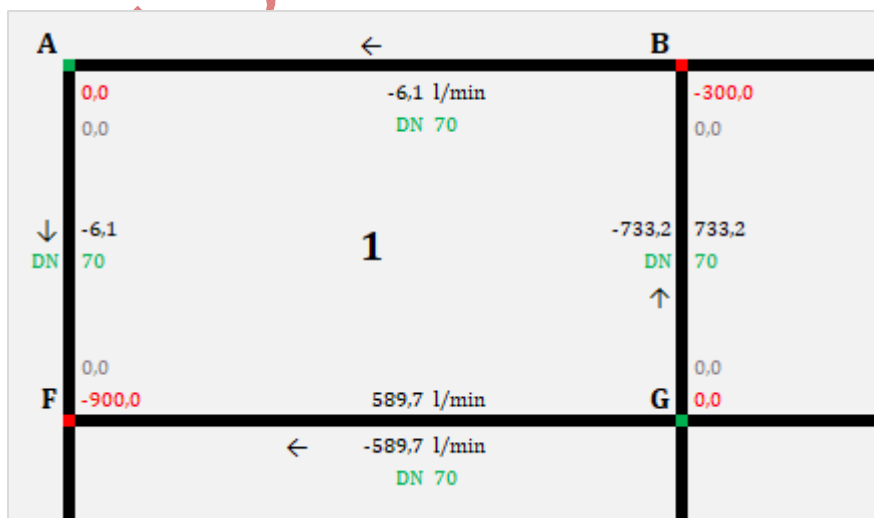
If the mesh is balanced (i.e. the limit ΔQ_{lim} for the mesh capacity is satisfied; the equation of continuity at the nodes and that of closing the mesh load is satisfied), the result is returned by the final check.



The most important data is the value of the Q_{corr} calculated for each section of the mesh and which represents the value of the effective Q_{eff} flow circulating in the section of the network. The calculations and checks illustrated for the M.1 mesh are carried out by the program for all the meshes of the net. In the end, therefore, the configuration of the Balanced Network is reached, bearing for each section the values of the effective flow rate Q_{eff} (m³/s) and its direction; the nominal diameter values DN (mm) in green; the value of the node flow rates (in red):



From the diagram it is easy to verify that the numbers (in gray) expressing the node equilibrium placed in the vicinity of each node are all equal to zero (node continuity equation satisfied).

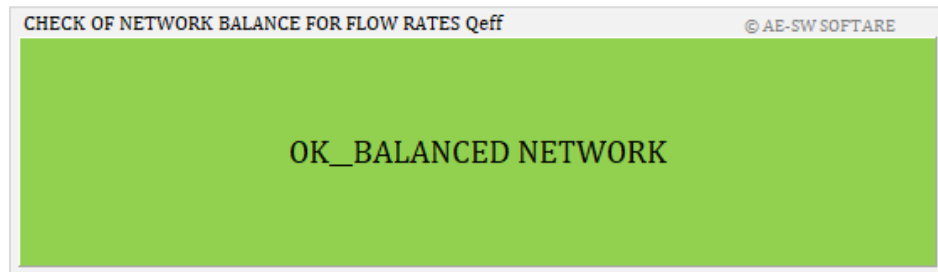


It should be noted that in the tables showing the knitted strokes, the cells showing some knitted strokes bear different colors. Strokes having the same colour are representative of a common

mesh between two contiguous meshes; for these traits, obviously the values of ΔQ are equal while those of Q_{corr} and ΔY_{maglia} equal and opposite.

The screenshot above is, ultimately, the solution of the network being calculated.

The outcome of the rebalancing is given by the final check.



4 – CALCULATION OF SPEEDS AND PRESSURE DROPS

The calculation of the speeds and pressure drops for each section of the balanced network is carried out in the following calculation table:

HARDY CROSS METHOD: PRESSURE DROPS OF NETWORK SECTIONS																	© AE-SW SOFTWARE			
ADDUCT.	TRAIT	DN m	U -	L m	DISCONTINUITY						Leq m	Lt m	A m ²	Qeff m ³ /s l/min		v m/s	J m/m	Ju* m/m	Y = Ju * Lt m	
					a	b	c	d	e	f										
RO		0,125	1,0	10,00	-	-	-	-	-	-	0,00	10,00	0,0123	0,1460	8,760,0	146,00	11,90	1,4E+00	1,4E+00	10,7
MESH	TRAIT	DN m	U -	L m	DISCONTINUITY						Leq m	Lt m	A m ²	Qeff m ³ /s l/min		v m/s	J m/m	Ju* m/m	Y = Ju * Lt m	
M.1	AB	0,070	1,0	30,00	-	-	-	-	-	-	0,00	30,00	0,0038	-0,0001	-6,07	-0,10	-0,03	-3,E-05	-3,E-05	-0,0008
	BC	0,070	1,0	20,00	-	-	-	-	-	-	0,00	20,00	0,0038	-0,0122	-733,17	-12,22	-3,18	-2,E-01	-2,E-01	-3,6548
	GF	0,070	1,0	30,00	-	-	-	-	-	-	0,00	30,00	0,0038	0,0098	589,72	9,83	2,56	1,E-01	1,E-01	3,6646
	FA	0,070	1,0	20,00	-	-	-	-	-	-	0,00	20,00	0,0038	-0,0001	-6,07	-0,10	-0,03	-3,E-05	-3,E-05	-0,0005
	BC	0,070	1,0	30,00	-	-	-	-	-	-	0,00	30,00	0,0038	0,0071	427,10	7,12	1,85	7,E-02	7,E-02	2,0175
M.2	CH	0,070	1,0	20,00	-	-	-	-	-	-	0,00	20,00	0,0038	-0,0169	-1.014,31	-16,91	-4,39	-3,E-01	-3,E-01	-6,6628
	HG	0,070	1,0	30,00	-	-	-	-	-	-	0,00	30,00	0,0038	0,0049	293,37	4,89	1,27	3,E-02	3,E-02	1,0071
	CD	0,070	1,0	20,00	-	-	-	-	-	-	0,00	20,00	0,0038	0,0182	1.091,41	18,12	3,18	2,E-01	2,E-01	3,6548
	DI	0,070	1,0	20,00	-	-	-	-	-	-	0,00	20,00	0,0038	-0,0066	-395,58	-6,59	-1,71	-4,E-01	-4,E-01	11,4449
	DI	0,070	1,0	20,00	-	-	-	-	-	-	0,00	20,00	0,0038	-0,0066	-395,58	-6,59	-1,71	-4,E-01	-4,E-01	11,4449
	DI	0,070	1,0	20,00	-	-	-	-	-	-	0,00	20,00	0,0038	-0,0066	-395,58	-6,59	-1,71	-4,E-01	-4,E-01	11,4449
	DI	0,070	1,0	20,00	-	-	-	-	-	-	0,00	20,00	0,0038	-0,0066	-395,58	-6,59	-1,71	-4,E-01	-4,E-01	11,4449
	DI	0,070	1,0	20,00	-	-	-	-	-	-	0,00	20,00	0,0038	-0,0066	-395,58	-6,59	-1,71	-4,E-01	-4,E-01	11,4449
	DI	0,070	1,0	20,00	-	-	-	-	-	-	0,00	20,00	0,0038	-0,0066	-395,58	-6,59	-1,71	-4,E-01	-4,E-01	11,4449
	DI	0,070	1,0	20,00	-	-	-	-	-	-	0,00	20,00	0,0038	-0,0066	-395,58	-6,59	-1,71	-4,E-01	-4,E-01	11,4449
	DI	0,070	1,0	20,00	-	-	-	-	-	-	0,00	20,00	0,0038	-0,0066	-395,58	-6,59	-1,71	-4,E-01	-4,E-01	11,4449
	DI	0,070	1,0	20,00	-	-	-	-	-	-	0,00	20,00	0,0038	-0,0066	-395,58	-6,59	-1,71	-4,E-01	-4,E-01	11,4449
	DI	0,070	1,0	20,00	-	-	-	-	-	-	0,00	20,00	0,0038	-0,0066	-395,58	-6,59	-1,71	-4,E-01	-4,E-01	11,4449
	DI	0,070	1,0	20,00	-	-	-	-	-	-	0,00	20,00	0,0038	-0,0066	-395,58	-6,59	-1,71	-4,E-01	-4,E-01	11,4449
	DI	0,070	1,0	20,00	-	-	-	-	-	-	0,00	20,00	0,0038	-0,0066	-395,58	-6,59	-1,71	-4,E-01	-4,E-01	11,4449
	DI	0,070	1,0	20,00	-	-	-	-	-	-	0,00	20,00	0,0038	-0,0066	-395,58	-6,59	-1,71	-4,E-01	-4,E-01	11,4449
	DI	0,070	1,0	20,00	-	-	-	-	-	-	0,00	20,00	0,0038	-0,0066	-395,58	-6,59	-1,71	-4,E-01	-4,E-01	11,4449
	DI	0,070	1,0	20,00	-	-	-	-	-	-	0,00	20,00	0,0038	-0,0066	-395,58	-6,59	-1,71	-4,E-01	-4,E-01	11,4449
	DI	0,070	1,0	20,00	-	-	-	-	-	-	0,00	20,00	0,0038	-0,0066	-395,58	-6,59	-1,71	-4,E-01	-4,E-01	11,4449
	DI	0,070	1,0	20,00	-	-	-	-	-	-	0,00	20,00	0,0038	-0,0066	-395,58	-6,59	-1,71	-4,E-01	-4,E-01	11,4449
	DI	0,070	1,0	20,00	-	-	-	-	-	-	0,00	20,00	0,0038	-0,0066	-395,58	-6,59	-1,71	-4,E-01	-4,E-01	11,4449
	DI	0,070	1,0	20,00	-	-	-	-	-	-	0,00	20,00	0,0038	-0,0066	-395,58	-6,59	-1,71	-4,E-01	-4,E-01	11,4449
	DI	0,070	1,0	20,00	-	-	-	-	-	-	0,00	20,00	0,0038	-0,0066	-395,58	-6,59	-1,71	-4,E-01	-4,E-01	11,4449
	DI	0,070	1,0	20,00	-	-	-	-	-	-	0,00	20,00	0,0038	-0,0066	-395,58	-6,59	-1,71	-4,E-01	-4,E-01	11,4449
	DI	0,070	1,0	20,00	-	-	-	-	-	-	0,00	20,00	0,0038	-0,0066	-395,58	-6,59	-1,71	-4,E-01	-4,E-01	11,4449
	DI	0,070	1,0	20,00	-	-	-	-	-	-	0,00	20,00	0,0038	-0,0066	-395,58	-6,59	-1,71	-4,E-01	-4,E-01	11,4449
	DI	0,070	1,0	20,00	-	-	-	-	-	-	0,00	20,00	0,0038	-0,0066	-395,58	-6,59	-1,71	-4,E-01	-4,E-01	11,4449
	DI	0,070	1,0	20,00	-	-	-	-	-	-	0,00	20,00	0,0038	-0,0066	-395,58	-6,59	-1,71	-4,E-01	-4,E-01	11,4449
	DI	0,070	1,0	20,00	-	-	-	-	-	-	0,00	20,00	0,0038	-0,0066	-395,58	-6,59	-1,71	-4,E-01	-4,E-01	11,4449
	DI	0,070	1,0	20,00	-	-	-	-	-	-	0,00	20,00	0,0038	-0,0066	-395,58	-6,59	-1,71	-4,E-01	-4,E-01	11,4449
	DI	0,070	1,0	20,00	-	-	-	-	-	-	0,00	20,00	0,0038	-0,0066	-395,58	-6,59	-1,71	-4,E-01	-4,E-01	11,4449
	DI	0,070	1,0	20,00	-	-	-	-	-	-	0,00	20,00	0,0038	-0,0066	-395,58	-6,59	-1,71	-4,E-01	-4,E-01	11,4449
	DI	0,070	1,0	20,00	-	-	-	-	-	-	0,00	20,00	0,0038	-0,0066	-395,58	-6,59	-1,71	-4,E-01	-4,E-01	11,4449
	DI	0,070	1,0	20,00	-	-	-	-	-	-	0,00	20,00	0,0038	-0,0066	-395,58	-6,59	-1,71	-4,E-01	-4,E-01	11,4449
	DI	0,070	1,0	20,00	-	-	-	-	-	-	0,00	20,00	0,0038	-0,0066	-395,58	-6,59	-1,71	-4,E-01	-4,E-01	11,4449
	DI	0,070	1,0	20,00	-	-	-	-	-	-	0,00	20,00	0,0038	-0,0066	-395,58	-6,59	-1,71	-4,E-01	-4,E-01	11,4449
	DI	0,070	1,0	20,00	-	-	-	-	-	-	0,00	20,00	0,0038	-0,0066	-395,58	-6,59	-1,71	-4,E-01	-4,E-01	11,4449
	DI	0,070	1,0	20,00	-	-	-	-	-	-	0,00	20,00	0,0038	-0,0066	-395,58	-6,59	-1,71	-4,E-01	-4,E-01	11,4449
	DI	0,070	1,0	20,00	-	-	-	-	-	-	0,00	20,00	0,0038	-0,0066	-395,58	-6,59	-1,71	-4,E-01	-4,E-01	11,4449
	DI	0,070	1,0	20,00	-	-	-	-	-	-	0,00	20,00	0,0038	-0,0066	-395,58	-6,59	-1,71	-4,E-01	-4,E-01	11,4449
	DI	0,070	1,0	20,00	-	-	-	-	-	-	0,00	20,00	0,0038	-0,0066	-395,58	-6,59	-1,71	-4,E-01	-4,E-01	11,4449
	DI	0,070	1,0	20,00	-	-	-	-	-	-	0,00	20,00	0,0038	-0,0066	-395,58	-6,59	-1,71	-4,E-01	-4,E-01	11,4449
	DI	0,070	1,0	20,00	-	-	-	-	-	-	0,00	20,00	0,0038	-0,0066	-395,58	-6,59	-1,71	-4,E-01	-4,E-01	11,4449
	DI	0,070	1,0	20,00	-	-	-	-	-	-	0,00	20,00	0,0038	-0,0066	-395,58	-6,59	-1,71	-4,E-01	-4,E-01	11,4449
	DI	0,070	1,0	20,00	-	-	-	-	-	-	0,00	20,00	0,0038	-0,0066	-395,58	-6,59	-1,71	-4,E-01	-4,E-01	11,4449
	DI	0,070	1,0	20,00	-	-	-	-	-	-	0,00	20,00	0,0038	-0,0066	-395,58	-6,59	-1,71	-4,E-01	-4,E-01	11,4449
	DI	0,070	1,0	20,00	-	-	-	-	-	-	0,00	20,00	0,0038	-0,0066	-395,58	-6,59	-1,71	-4,E-01	-4,E-01	11,4449
	DI	0,070	1,0	20,00	-	-	-	-	-	-	0,00	20,00	0,0038	-0,0066	-395,58	-6,59	-1,71	-4,E-01	-4,E-01	11,4449
	DI	0,070	1,0	20,00	-	-	-	-	-	-	0,00	20,00	0,0038	-0,0066	-395,58	-6,59	-1,71	-4,E-01	-4,E-01	11,4449
	DI	0,070	1,0	20,00	-	-	-	-	-	-	0,00	20,00	0,0038	-0,0066	-395,58	-6,59	-1,71	-4,E-01	-4,E-01	11,4449
	DI	0,070	1,0	20,00	-	-	-	-	-	-	0,00	20,00	0,0038	-0,0066	-395,58	-6,59	-1,71	-4,E-01	-4,E-01	11,4449
	DI	0,070	1,0	20,00	-	-	-	-	-	-	0,00	20,00	0,0038	-0,0066	-395,58	-6,59	-1,71	-4,E-01	-4,E-01	11,4449
	DI	0,070	1,0	20,00	-	-	-	-	-	-	0,00	20,00	0,0038	-0,0066	-395,58	-6,59	-1,71	-4,E-01	-4,E-01	11,444

The last part of the table shows the values resulting from the calculation. They concern:

- The equivalent length L_e (m);
- The total length L_t (m);
- Area A (m²) of the pipe section;
- The effective flow rate Q_{eff} as a fill value is expressed in m³/s; l/min; l/s;
- The velocity v (m/s) of the water in the section;
- The unit pressure drop J (m/m) calculated net of wear losses;
- The unit pressure drop J_u (m/m) including wear losses;
- The total pressure drop of the section $Y = J_u * L_t$ (m).

Leq m	Lt m	A m ²	Q _{eff}			v m/s	J m/m	J _u m/m	Y = J _u * Lt m
			m ³ /s	l/min	l/s				
0,00	30,00	0,0038	-0,0001	-6,07	-0,10	-0,03	-3,E-05	-3,E-05	-0,0008
0,00	20,00	0,0038	-0,0122	-733,17	-12,22	-3,18	-2,E-01	-2,E-01	-3,6548
0,00	30,00	0,0038	0,0098	589,72	9,83	2,56	1,E-01	1,E-01	3,6646
0,00	20,00	0,0038	-0,0001	-6,07	-0,10	-0,03	-3,E-05	-3,E-05	-0,0005
0,00	30,00	0,0038	0,0071	427,10	7,12	1,85	7,E-02	7,E-02	2,0175
0,00	20,00	0,0038	-0,0169	-1.014,31	-16,91	-4,39	-3,E-01	-3,E-01	-6,6628
0,00	30,00	0,0038	0,0049	293,37	4,89	1,27	3,E-02	3,E-02	1,0071
0,00	20,00	0,0038	0,0122	733,17	12,22	3,18	2,E-01	2,E-01	3,6548

The sum ΣY for all sections of the network constitutes the deviation of the closing load of the network:

DEVIATION_CLOSURE NETWORK PRESSURE	m	0,10
------------------------------------	---	------

5 - RESIDUAL PRESSURE AT THE NODES

The residual pressure of a generic node of the network is given by the difference between the geodetic load of the node and the sum of the pressure drops (distributed and concentrated) that occur in the pipes connecting the source R and the node.

The program shows the residual pressures in the following table of calculations:

HARDY CROSS METHOD:		RESIDUAL PRESSURE AT NODES														
NODE	R	A	B	C	D	E	F	G	H	I	L	M	N	O	P	Q
ZN																
node height [m]	110,0	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
$\Delta Z = ZR - ZN$	0,0	108,5	108,5	108,5	108,5	108,5	108,5	108,5	108,5	108,5	108,5	108,5	108,5	108,5	108,5	108,5
geodetic load [m]																
RO																
ΔP from R \rightarrow O [m]	0,0	10,7	10,7	10,7	10,7	10,7	10,7	10,7	10,7	10,7	10,7	10,7	10,7	10,7	10,7	10,7
ΔRN																
ΔP from O to node [m]	0,0	57,22	57,22	59,2	70,68	82,04	57,22	53,55	52,6	69,51	83,75	56,50	46,69	0,10	66,80	93,78
$Yr = \Delta Z - RO - \Delta RN$	110,00	40,58	40,58	38,57	27,12	15,76	40,58	44,25	45,23	28,29	14,05	41,30	51,11	97,70	31,00	4,02
residual P to node [m]																
residual P to node [bar]	10,791	3,98	3,98	3,78	2,66	1,55	3,98	4,34	4,44	2,78	1,38	4,05	5,01	9,58	3,04	0,39

The components of the summation of pressures therefore include:

- $\Delta Z = ZR - ZN$: difference in height (m) between the source R and the generic node N (positive term);
- RO: pressure drop (m) due to friction (distributed and accidental) in the supply pipe connecting the source R with node O of the network (term to be deducted with respect to ΔZ);
- ΔRN : pressure drop (m) due to friction (distributed and accidental) in the sections of the network connecting node O with the generic node N of the network (term to be deducted from ΔZ).

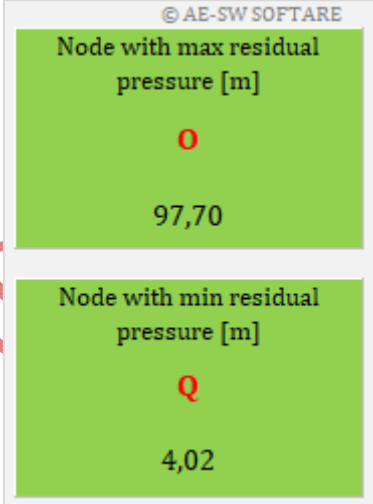
HARDY CROSS METHOD:		RESIDUAL PRESSURE AT				
NODE	R	A	B	C	D	E
ZN						
node height [m]	110,0	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
$\Delta Z = ZR - ZN$	0,0	108,5	108,5	108,5	108,5	108,5
geodetic load [m]						
RO						
ΔP from R \rightarrow O [m]	0,0	10,7	10,7	10,7	10,7	10,7
ΔRN						
ΔP from O to node [m]	0,0	57,22	57,22	59,2	70,68	82,04
$Yr = \Delta Z - RO - \Delta RN$	110,00	40,58	40,58	38,57	27,12	15,76
residual P to node [m]						
residual P to node [bar]	10,791	3,98	3,98	3,78	2,66	1,55

In analytical terms, the residual pressure Yr (m) is given by the following expression:

$$Yr = \Delta Z - RO - \Delta RN \quad (\text{m})$$

In the example carried out, the program indicates, on the basis of the above calculations, that the node with the highest residual pressure is node "O" ($Y_{res} = 97.70$ m) as can be easily guessed since the nodes have the same geodetic altitude and node O is the node closest to the reserve R.

The node with the lowest residual pressure is the "Q" node ($Y_{res} = 4.02$ m) as it is the node where the greatest water withdrawal takes place ($Q_{node} = -3,000$ l/min).



© AE-SW SOFTWARE

Node with max residual pressure [m]
O
97,70
Node with min residual pressure [m]
Q
4,02

A large diagonal watermark reading "AE-SW SOFTWARE" is overlaid on the page.

TECHNICAL REPORT AND CALCULATION TABLES

AE-SW SOFTWARE



TECHNICAL REPORT



WATER NETWORK CALCULATION HARDY CROSS METHOD

CLIENT	TZIO Angelo
TAX CODE/VAT NUMBER	ABC DEF 77H60 G005H
LOCATION	Roma (RM)
ADDRESS	Via dei Paschi di Siena, 20
URBAN ZONE	B
CADASTRAL SHEET	97
CADASTRAL PARCEL	25
CADASTRAL SUBORDINATE	6

TECHNICAL DESIGNER	Ing. Alvaro BIANCHI
Register	Ingegneri di Napoli, n. XXXX
Technical office	Massa di Somma_NA Via G. Falcone n. 53

CONSTRUCTION MANAGER	Ing. Aldo ROSSI
Register	Ingegneri di Napoli, n. XXXX
Technical office	Massa di Somma_NA Via P. Borsellino n. 44

TEST PILOT	Ing. Filippo VERDI
Register	Ingegneri di Napoli, n. XXXX
Technical office	Massa di Somma_NA Via R. Chinnici n. 64

Studia associata di ingegneria - via Napoleone III - Massa di Somma - (NA)

AE-SW - © Tutti i diritti riservati

© AE-SW SOFTWARE

TECHNICAL REPORT

GENERAL DATA

The technical report concerns the calculation of a closed, ring-shaped water network, consisting of 8 meshes and fed by a water reserve. The network resolution method is the iterative Hardy Cross method.

The following data are assigned:

- ▶ Piping Galvanized steel
- ▶ ΔQ_{lim} : maximum deviation for mesh flow rate 0,10 m^3/s
- ▶ Node data:

NODE	Z_elev. m	Qnode	
		l/min	m ³ /s
R	110,0	8760	0,146
A	1,5	0	0,000
B	1,5	-300	-0,005
C	1,5	-350	-0,0058
D	1,5	-400	-0,0067
E	1,5	-600	-0,01
F	1,5	-900	-0,015
G	1,5	0	0,000
H	1,5	-440	-0,0073
I	1,5	-350	-0,0058
L	1,5	-450	-0,0075
M	1,5	-700	-0,0117
N	1,5	-300	-0,005
O	1,5	-500	-0,0083
P	1,5	-470	-0,0078
Q	1,5	-3000	-0,05

▶ Mesh Data:

MESH	TRAIT	DN	DN	Usury	L	Qhp	
		mm	m			l/min	m ³ /s
1	AB	70	0,07	1	30	1367,41	0,0228
	BG	70	0,07	1	20	-257,04	-0,0043
	GF	70	0,07	1	30	257,04	0,0043
	FA	70	0,07	1	20	1367,41	0,0228
2	BC	70	0,07	1	30	1324,44	0,0221
	CH	70	0,07	1	20	-771,11	-0,0129
	HG	70	0,07	1	30	771,11	0,0129
	GB	70	0,07	1	20	257,04	0,0043
3	CD	70	0,07	1	30	1745,56	0,0291
	DI	70	0,07	1	20	-781,39	-0,0130
	IH	70	0,07	1	30	771,11	-0,0129
	HC	70	0,07	1	20	771,11	0,0129
4	DE	70	0,07	1	30	2126,94	0,0354
	EL	70	0,07	1	20	1526,94	0,0254
	LI	70	0,07	1	30	-781,39	-0,0130
	ID	70	0,07	1	20	781,39	0,0130

© AE-SW SOFTWARE

5	FG	70	0,07	1	30	-257,04	-0,0043
	GN	70	0,07	1	20	257,04	0,0043
	NM	70	0,07	1	30	2710,37	0,0452
	MF	70	0,07	1	20	2010,37	0,0335
6	GH	70	0,07	1	30	-771,11	-0,0129
	HO	70	0,07	1	20	-2753,33	-0,0459
	ON	70	0,07	1	30	2753,33	0,0459
	NG	70	0,07	1	20	-257,04	-0,0043
7	HI	70	0,07	1	30	771,11	0,0129
	IP	70	0,07	1	20	-1141,67	-0,0190
	PO	70	0,07	1	30	-2753,33	-0,0459
	OH	70	0,07	1	20	2753,33	0,0459
8	IL	70	0,07	1	30	781,39	0,0130
	LQ	70	0,07	1	20	1858,33	0,0310
	QP	70	0,07	1	30	-1141,67	-0,0190
	PI	70	0,07	1	20	1141,67	0,0190

NETWORK RESOLUTION AND REAL CONDUCTED FLOW RATES

In application of the Hardy Cross method, the correct flow rates are found, representing the actual flow rates circulating in the sections of the network. The table below shows the network calculation tables after 15 iterations that bring the ΔQ mesh deviation within the established limit ΔQ_{lim} . The values of the correct Q_{corr} and, therefore, effective flow rates of the sections of the network are highlighted.

Posto:

$$r = 10,626 * (L / C^{1,85} * D^{4,867}) \quad [\text{metri/k}]$$

$$k = Q^{1,85}$$

M.1	KNOWN VALUES				ITERATION - 15		
TRAIT	DN m	L m	r m/k	Qhp m ³ /s	ΔQ m ³ /s	Qcorr m ³ /s	ΔY_{mesh} m
AB	0,07	30,0	1,9E+04	0,0228	1,544E 05	0,0001	0,0008
BC	0,07	20,0	1,3E+04	0,004	1,544E 05	0,0122	3,6548
GF	0,07	30,0	1,9E+04	0,0043	1,544E 05	0,0098	3,6546
FA	0,07	20,0	1,3E+04	0,023	1,544E 05	0,0001	0,0005
				$\Delta Q_{l/s}$	0,0154	ΔY_m	8,5E 03
M.2							
BC	0,07	30,0	1,9E+04	0,0221	8,023E 06	0,0071	2,0175
CH	0,07	20,0	1,3E+04	0,013	8,023E 06	0,0169	6,6628
HC	0,07	30,0	1,9E+04	0,0129	8,023E 06	0,0049	1,0071
GE	0,07	20,0	1,3E+04	0,004	8,023E 06	0,0122	3,6548
				$\Delta Q_{l/s}$	0,0080	ΔY_m	1,7E 02
M.3							
CD	0,07	30,0	1,9E+04	0,0291	7,607E 06	0,0182	11,4449
DI	0,07	20,0	1,3E+04	0,013	7,607E 06	0,0066	1,1672
IH	0,07	30,0	1,9E+04	0,0129	7,607E 06	0,0225	16,9286
HC	0,07	20,0	1,3E+04	0,013	7,607E 06	0,0169	6,6628
				$\Delta Q_{l/s}$	0,0076	ΔY_m	1,2E 02
M.4							
DE	0,07	30,0	1,9E+04	0,0354	1,758E 06	0,0181	11,3594

© AE-SW SOFTWARE

EL	0,07	20,0	1,3E+04	0,025	1,758E 06	0,008 1	1,7146	
LI	0,07	30,0	1,9E+04	0,0130	1,758E 06	-0,0205	14,2358	
ID	0,07	20,0	1,3E+04	0,013	1,758E 06	0,006 6	1,1672	
					$\Delta Q_l/s$	0,0018	$\Delta \Sigma Y_m$	5,3E 03
M.5								
FG	0,07	30,0	1,9E+04	0,0043	5,925E 06	-0,0098	3,6646	
GN	0,07	20,0	1,3E+04	0,004	5,925E 06	-0,0172	6,8488	
NM	0,07	30,0	1,9E+04	0,0452	5,925E 06	0,0167	9,8109	
MF	0,07	20,0	1,3E+04	0,034	5,925E 06	0,005 1	0,7180	
					$\Delta Q_l/s$	0,0059	$\Delta \Sigma Y_m$	1,5E 02
M.6								
GH	0,07	30,0	1,9E+04	0,0129	6,557E 06	0,0049	1,0071	
HO	0,07	20,0	1,3E+04	0,046	6,557E 06	-0,0516	52,5170	
ON	0,07	30,0	1,9E+04	0,0459	6,557E 06	0,0389	46,6902	
NG	0,07	20,0	1,3E+04	0,004	6,557E 06	0,0172	6,8488	
					$\Delta Q_l/s$	0,0066	$\Delta \Sigma Y_m$	1,5E 02
M.7								
HI	0,07	30,0	1,9E+04	0,0129	3,959E 06	0,0225	16,9286	
IP	0,07	20,0	1,3E+04	0,019	3,959E 06	0,0104	2,7205	
PO	0,07	30,0	1,9E+04	0,0459	3,959E 06	-0,0472	66,7011	
OH	0,07	20,0	1,3E+04	0,046	3,959E 06	0,0516	52,5170	
					$\Delta Q_l/s$	0,0040	$\Delta \Sigma Y_m$	2,4E 02
M.8								
IL	0,07	30,0	1,9E+04	0,0130	2,222E 06	0,0205	14,2358	
LQ	0,07	20,0	1,3E+04	0,031	2,222E 06	0,0211	10,0263	
QP	0,07	30,0	1,9E+04	0,0190	2,222E 06	-0,0289	26,9784	
PI	0,07	20,0	1,3E+04	0,019	2,222E 06	0,0104	2,7205	
					$\Delta Q_l/s$	0,0022	$\Delta \Sigma Y_m$	4,2E 03

CALCULATION OF HYDRAULIC PARAMETERS AND PRESSURE LOSSES

The following are the calculations relating to the determination of the hydraulic parameters of the sections of the network and the total pressure losses (distributed and concentrated) taking into account the degree of wear of the pipes. The calculation also refers to the adduction RO section that connects the reserve to node O of the network. The J value is the pressure drop per unit of total length Lt (geometric length + equivalent length relative to the presence of discontinuities) net of pipe wear; Ju is the same unit loss including the wear component. The speeds in the sections of the network are calculated; the pressure loss Y (m) is shown in the last column.

	TRAIT	DN m	U -	Lt m	Q _{eff} m ³ /s	v m/s	J m/m	Ju* m/m	Y=ju * Lt m
ADDUCT.	RO	0,125	1,0	10,00	0,1460	11,90	1,1E+00	1,1E+00	10,7
M.1	AB	0,07	1,0	30,00	0,0001	0,03	-2,6E 05	2,6E 05	0,0008
	BG	0,07	1,0	20,00	0,0122	3,18	-1,8E 01	1,8E 01	3,6548
	GF	0,07	1,0	30,00	0,0098	2,56	1,2E 01	1,2E 01	3,6646
	FA	0,07	1,0	20,00	0,0001	0,03	-2,6E 05	2,6E 05	0,0005
M.2	BC	0,07	1,0	30,00	0,0071	1,85	6,7E 02	6,7E 02	2,0175
	CH	0,07	1,0	20,00	0,0169	4,39	-3,3E 01	3,3E 01	6,6628
	HG	0,07	1,0	30,00	0,0049	1,27	3,4E 02	3,4E 02	1,0071

© AE-SW SOFTWARE

M.3	GB	0,07	1,0	20,00	0,0122	3,18	1,8E 01	1,8E 01	3,6548
	CD	0,07	1,0	30,00	0,0182	4,73	3,8E 01	3,8E 01	11,4449
	DI	0,07	1,0	20,00	0,0066	1,71	5,8E 02	5,8E 02	-1,1672
	IH	0,07	1,0	30,00	0,0225	5,84	5,6E 01	5,6E 01	16,9286
	HC	0,07	1,0	20,00	0,0169	4,39	3,3E 01	3,3E 01	6,6628
M.4	DE	0,07	1,0	30,00	0,0181	4,71	3,8E 01	3,8E 01	11,3594
	EL	0,07	1,0	20,00	0,0081	2,11	8,6E 02	8,6E 02	1,7146
	LI	0,07	1,0	30,00	0,0205	5,32	4,7E 01	4,7E 01	14,2358
M.5	ID	0,07	1,0	20,00	0,0066	1,71	5,8E 02	5,8E 02	1,1672
	FG	0,07	1,0	30,00	0,0098	2,56	1,2E 01	1,2E 01	3,6646
	GN	0,07	1,0	20,00	0,0172	4,46	3,4E 01	3,4E 01	6,8488
	NM	0,07	1,0	30,00	0,0167	4,35	3,3E 01	3,3E 01	9,8109
M.6	MF	0,07	1,0	20,00	0,0051	1,32	3,6E 02	3,6E 02	0,7180
	GH	0,07	1,0	30,00	0,0049	1,27	3,4E 02	3,4E 02	1,0071
	HO	0,07	1,0	20,00	0,0516	13,42	2,6E+00	2,6E+00	52,5170
	ON	0,07	1,0	30,00	0,0389	10,11	1,6E+00	1,6E+00	46,6902
M.7	NG	0,07	1,0	20,00	0,0172	4,46	3,4E 01	3,4E 01	6,8488
	HI	0,07	1,0	30,00	0,0225	5,84	5,6E 01	5,6E 01	16,9286
	IP	0,07	1,0	20,00	0,0104	2,71	1,4E 01	1,4E 01	2,7205
	PO	0,07	1,0	30,00	0,0472	12,26	2,2E+00	2,2E+00	66,7011
M.8	OH	0,07	1,0	20,00	0,0516	13,42	2,6E+00	2,6E+00	52,5170
	IL	0,07	1,0	30,00	0,0205	5,32	4,7E 01	4,7E 01	14,2358
	LQ	0,07	1,0	20,00	0,0211	5,48	5,0E 01	5,0E 01	10,0263
	QP	0,07	1,0	30,00	0,0289	7,52	9,0E 01	9,0E 01	26,9784
	PI	0,07	1,0	20,00	0,0104	2,71	1,4E 01	1,4E 01	2,7205

CALCULATION OF RESIDUAL PRESSURES AT THE NODES

The residual pressure of a generic node of the network is given by the difference between the geodetic load of the node and the sum of the pressure drops (distributed and concentrated) that occur in the pipes connecting the source R and the node.

The components of the summation of pressures therefore include:

- $\Delta Z = Z_R - Z_N$ difference in height (m) between the source R and the generic node N (positive term);
- RO pressure drop (m) due to friction (distributed and accidental) in the adduction pipe that connects the source R with node O of the network (term to be deducted with respect to ΔZ);
- ΔRN pressure drop (m) due to friction (distributed and accidental) in the sections of the network that connect node O with the generic node N of the network (term to be deducted with respect to ΔZ).

Below is the table showing for each node the value of the quantities highlighted above and the value of the residual node pressure Y_{res} .

NODE	R	A	B	C	D	E	F
ZN node height [m]	110	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
$\Delta Z = Z_R - Z_N$ geodetic load [m]	0	108,50	108,50	108,50	108,50	108,50	108,50

© AE-SW SOFTWARE

RO	0	10,70	10,70	10,70	10,70	10,70	10,70
ΔP from R \rightarrow O [m]							
ΔRN	0	57,22	57,22	59,24	70,68	82,04	57,22
ΔP from O to node [m]							
$Yr = \Delta Z - RO - \Delta RN$	110	40,58	40,58	38,57	27,12	15,76	40,58
residual P to node [m]							
residual P to node [bar]	10,79	3,98	3,98	3,78	2,66	1,55	3,98

NODE	G	H	I	L	M	N	O
ZN	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
node height [m]							
$\Delta Z = ZR - ZN$	108,50	108,50	108,50	108,50	108,50	108,50	108,50
geodetic load [m]							
RO	10,70	10,70	10,70	10,70	10,70	10,70	10,70
ΔP from R \rightarrow O [m]							
ΔRN	53,55	52,57	69,51	83,75	56,50	46,69	0,10
ΔP from O to node [m]							
$Yr = \Delta Z - RO - \Delta RN$	44,25	45,23	28,29	14,05	41,30	51,11	97,70
residual P to node [m]							
residual P to node [bar]	4,34	4,44	2,78	1,38	4,05	5,01	9,58

NODE	P	Q
ZN	1,5	1,5
node height [m]		
$\Delta Z = ZR - ZN$	108,50	108,50
geodetic load [m]		
RO	10,70	10,70
ΔP from R \rightarrow O [m]		
ΔRN	66,80	93,78
ΔP from O to node [m]		
$Yr = \Delta Z - RO - \Delta RN$	31,00	4,02
residual P to node [m]		
residual P to node [bar]	3,04	0,39

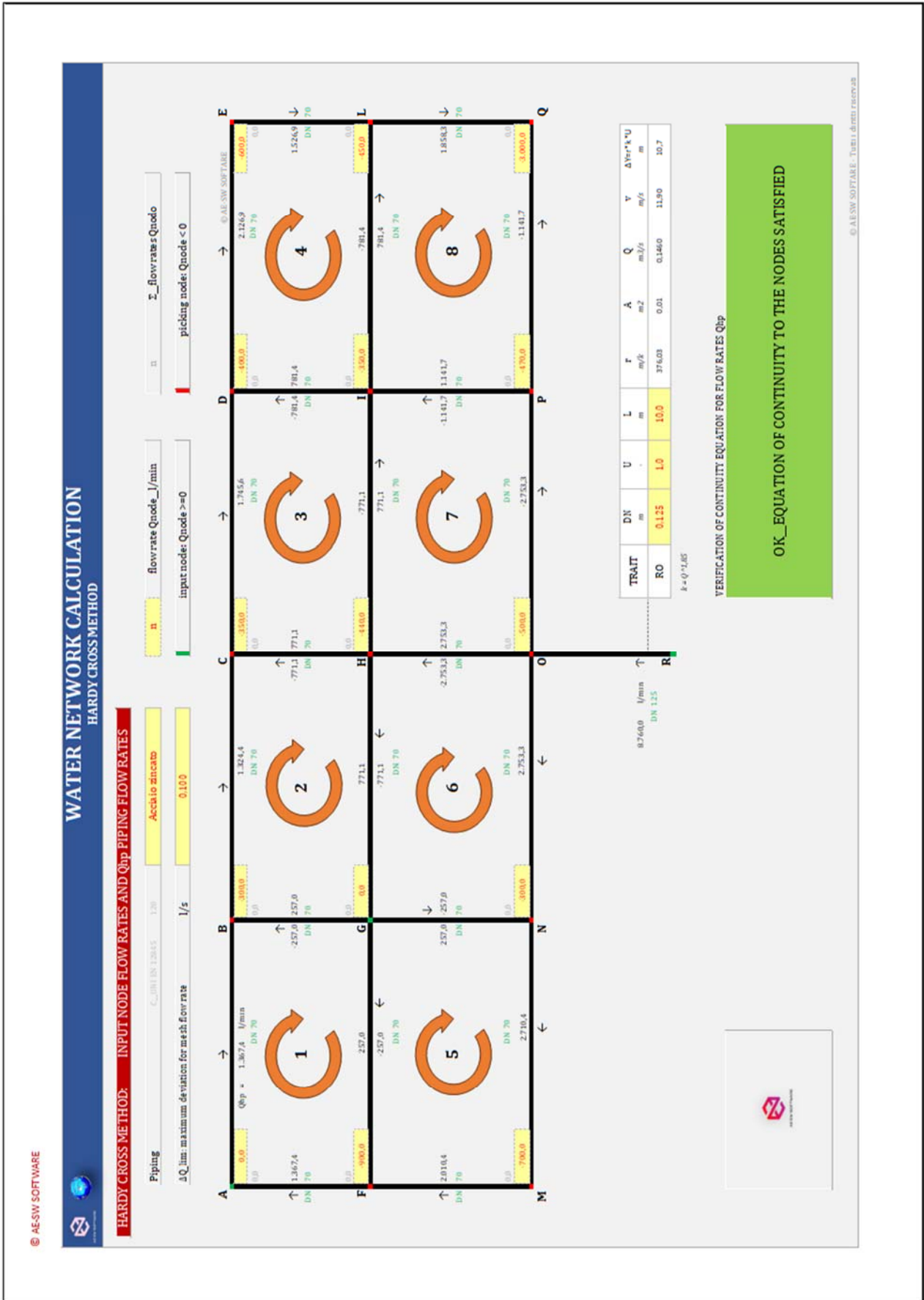
- Node with max residual pressure [m] **O** Pres = 97,70 m 9,58 bar
- Node with min residual pressure [m] **Q** Pres = 4,02 m 0,39 bar

Attachments:

- Calculation reports

The technical designer
Ing. Alvaro BIANCHI

CALCULATION TABLES





WATER NETWORK CALCULATION
HARDY CROSS METHOD

HARDY CROSS METHOD: NODE DIMENSION INPUT - DN PIPES - USURY - LENGTHS

NODE	Z _{elev.} m	Q _{node} l/min	Q _{node} m ³ /s	MESH	TRAIT	DN mm	DN m	Usury	L m	Q _{bp} l/min	Q _{bp} m ³ /s
R	110.0	8.760,0	0.1460	1	AB	70	0.070	1.0	30.0	1.367,41	0.0228
A	1.5	0.0	0.0000	1	BG	70	0.070	1.0	20.0	-257,04	-0.0043
B	1.5	-300.0	-0.0050	1	GF	70	0.070	1.0	30.0	257,04	0.0043
C	1.5	-350.0	-0.0058	1	FA	70	0.070	1.0	20.0	1.367,41	0.0228
D	1.5	-800.0	-0.0067	2	BC	70	0.070	1.0	30.0	1.324,44	0.0221
E	1.5	-900.0	-0.0100	2	CH	70	0.070	1.0	20.0	-771,11	-0.0129
F	1.5	-900.0	-0.0150	2	HG	70	0.070	1.0	30.0	771,11	0.0129
G	1.5	0.0	0.0000	2	GB	70	0.070	1.0	20	257,04	0.0043
H	1.5	-840.0	-0.0073	3	CD	70	0.070	1.0	30.0	1.745,56	0.0291
I	1.5	-350.0	-0.0058	3	DI	70	0.070	1.0	20.0	-781,39	-0.0130
L	1.5	-850.0	-0.0075	3	HI	70	0.070	1.0	30.0	771,11	-0.0129
M	1.5	-700.0	-0.0117	3	HC	70	0.070	1.0	20	771,11	0.0129
N	1.5	-300.0	-0.0050	4	DE	70	0.070	1.0	30.0	2.126,84	0.0354
O	1.5	-500.0	-0.0083	4	EL	70	0.070	1.0	20.0	1.526,84	0.0254
P	1.5	-870.0	-0.0078	4	LI	70	0.070	1.0	30.0	-781,39	-0.0130
Q	1.5	-3.000,0	-0.0500	4	ID	70	0.070	1.0	20.0	781,39	0.0130

MESH	TRAIT	DN mm	DN m	Usury	L m	Q _{bp} l/min	Q _{bp} m ³ /s
5	FG	70	0.070	1.0	30.0	-257,04	-0.0043
5	GN	70	0.070	1.0	20.0	257,04	0.0043
5	NM	70	0.070	1.0	30.0	2.710,37	0.0452
5	MF	70	0.070	1.0	20.0	2.010,37	0.0335
6	GH	70	0.070	1.0	30.0	-771,11	-0.0129
6	HO	70	0.070	1.0	20.0	-2.753,33	-0.0459
6	ON	70	0.070	1.0	30.0	2.753,33	0.0459
6	NG	70	0.070	1.0	20.0	-257,04	-0.0043
7	IP	70	0.070	1.0	30.0	771,11	0.0129
7	PO	70	0.070	1.0	20.0	-1.141,67	-0.0190
7	OH	70	0.070	1.0	30.0	-2.753,33	-0.0459
8	LQ	70	0.070	1.0	20.0	781,39	0.0130
8	IL	70	0.070	1.0	30.0	1.858,33	0.0310
8	QP	70	0.070	1.0	30.0	-1.141,67	-0.0190
8	PI	70	0.070	1.0	20.0	1.141,67	0.0190

HARDY CROSS METHOD: REBALANCING OF MESH FLOW RATES

M.1 KNOWN VALUES

TRAIT	DN m	L m	r m/k	Q _{bp} m ³ /s	ΔQ m ³ /s	Q _{corr} m ³ /s	ΔY _{mesh} m
AB	0.070	30	1.901+04	0.0228	-0.0000	0.0001	7.21E-04
BG	0.070	20	1.261+04	0.0043	-0.0000	0.0012	3.05E+00
GF	0.070	30	1.901+04	0.0043	-0.0000	0.0098	3.64E+00
FA	0.070	20	1.261+04	0.0228	-0.0000	0.0001	5.14E-04

k = 0.7185 ΔQ₁/s = 0.0154 ΔY₁m = 0.511E-01

M.2 KNOWN VALUES

TRAIT	DN m	L m	r m/k	Q _{bp} m ³ /s	ΔQ m ³ /s	Q _{corr} m ³ /s	ΔY _{mesh} m
BC	0.070	30	1.901+04	0.0221	-0.0000	0.0071	2.02E+00
CH	0.070	20	1.261+04	0.0129	-0.0000	0.0169	6.66E+00
HG	0.070	30	1.901+04	0.0129	-0.0000	0.0049	1.01E+00
GB	0.070	20	1.261+04	0.0043	-0.0000	0.0012	3.65E+00

k = 0.7185 ΔQ₂/s = 0.0000 ΔY₂m = 1.66E-02

M.3 KNOWN VALUES

TRAIT	DN m	L m	r m/k	Q _{bp} m ³ /s	ΔQ m ³ /s	Q _{corr} m ³ /s	ΔY _{mesh} m
CD	0.070	30	1.901+04	0.0291	-0.0000	0.0182	1.14E+01
DI	0.070	20	1.261+04	0.0130	-0.0000	0.0056	1.17E+00
HI	0.070	30	1.901+04	0.0129	-0.0000	0.0215	1.09E+01
HC	0.070	20	1.261+04	0.0129	-0.0000	0.0059	6.66E+00

k = 0.7185 ΔQ₃/s = 0.0076 ΔY₃m = 1.19E+01

OK_BBALANCED MESH
ΔQ MESH LESS THAN ΔQ_{lim}

OK_BBALANCED MESH
ΔQ MESH LESS THAN ΔQ_{lim}

OK_BBALANCED MESH
ΔQ MESH LESS THAN ΔQ_{lim}



WATER NETWORK CALCULATION
HARDY CROSS METHOD

HARDY CROSS METHOD: REBALANCING OF MESH FLOW RATES

M.4

KNOWN VALUES				ITERATION - 15			
TRAIT	DN	L	r	Q _{bp}	ΔQ	Q _{corr}	ΔT _{mesh}
	m	m	m/k	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m
DE	0.070	30	1.901E+04	0.0054	-0.0100	0.0181	1.14E+01
EL	0.070	20	1.261E+04	0.0254	-0.0100	0.0081	1.71E+00
LI	0.070	30	1.901E+04	0.0310	-0.0100	0.0205	1.42E+01
ID	0.070	20	1.261E+04	0.0130	-0.0100	0.0066	2.17E+00

ΔQ₁/s: -0.0018 ΔT₁_m: 5.35E-0.3

OK_BBALANCED MESH
ΔQ MESH LESS THAN ΔQ_lim

M.5

KNOWN VALUES				ITERATION - 15			
TRAIT	DN	L	r	Q _{bp}	ΔQ	Q _{corr}	ΔT _{mesh}
	m	m	m/k	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m
FG	0.070	30	1.901E+04	0.0043	-0.0100	0.0098	3.66E+00
CN	0.070	20	1.261E+04	0.0043	-0.0100	0.0172	6.51E+00
NM	0.070	30	1.901E+04	0.0452	-0.0100	0.0467	9.81E+00
MF	0.070	20	1.261E+04	0.0335	-0.0100	0.0051	7.18E-01

ΔQ₁/s: -0.0059 ΔT₁_m: 1.55E-0.2

OK_BBALANCED MESH
ΔQ MESH LESS THAN ΔQ_lim

M.6

KNOWN VALUES				ITERATION - 15			
TRAIT	DN	L	r	Q _{bp}	ΔQ	Q _{corr}	ΔT _{mesh}
	m	m	m/k	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m
GH	0.070	30	1.901E+04	0.0129	-0.0100	0.0049	1.01E+00
HO	0.070	20	1.261E+04	0.0459	-0.0100	0.0516	3.25E+01
CN	0.070	30	1.901E+04	0.0459	-0.0100	0.0389	4.67E+01
NG	0.070	20	1.261E+04	0.0043	-0.0100	0.0172	6.50E+00

ΔQ₁/s: -0.0066 ΔT₁_m: 1.49E-0.2

OK_BBALANCED MESH
ΔQ MESH LESS THAN ΔQ_lim

M.7

KNOWN VALUES				ITERATION - 15			
TRAIT	DN	L	r	Q _{bp}	ΔQ	Q _{corr}	ΔT _{mesh}
	m	m	m/k	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m
IL	0.070	30	1.901E+04	0.0129	0.0000	0.0243	1.36E+00
P	0.070	20	1.261E+04	0.0190	-0.0100	0.0164	2.21E+00
PO	0.070	30	1.901E+04	0.0459	-0.0100	0.0472	6.07E+01
OH	0.070	20	1.261E+04	0.0459	-0.0100	0.0016	5.22E+01

ΔQ₁/s: -0.0040 ΔT₁_m: 2.40E-0.2

OK_BBALANCED MESH
ΔQ MESH LESS THAN ΔQ_lim

M.8

KNOWN VALUES				ITERATION - 15			
TRAIT	DN	L	r	Q _{bp}	ΔQ	Q _{corr}	ΔT _{mesh}
	m	m	m/k	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m
IL	0.070	30	1.901E+04	0.0130	-0.0100	0.0005	1.42E+01
LQ	0.070	20	1.261E+04	0.0310	-0.0100	0.0211	1.00E+01
QP	0.070	30	1.901E+04	0.0190	-0.0100	0.0189	2.70E+01
PI	0.070	20	1.261E+04	0.0130	-0.0100	0.0064	2.23E+00

ΔQ₁/s: -0.0022 ΔT₁_m: 4.17E-0.3

OK_BBALANCED MESH
ΔQ MESH LESS THAN ΔQ_lim



WATER NETWORK CALCULATION

HARDY CROSS METHOD

HARDY CROSS METHOD: BALANCED NETWORK

flowrate Qnode_l/min



TRAIT	DN	U	L	r	A	Q _{eff}	V	ΔVert*k*U
	m	m	m	m/k	m ²	m ³ /s	m/s	m
RO	0.125	1.0	10.0	376.03	0.01	0.1460	11.90	10.7

$k = 0^{-2.85}$

CHECK OF NETWORK BALANCE FOR FLOW RATES Q_{eff}



WATER NETWORK CALCULATION
HARDY CROSS METHOD

© AE-SW SOFTWARE

HARDY CROSS METHOD: PRESSURE DROPS OF NETWORK SECTIONS

ADDUCT.	TRAIT	DN m	DISCONTINUITY						Leq m	A m ²	Qeff l/min	V m/s	J m/m	Ju* m/m	Y = Ju * Lt m		
			a	b	c	d	e	f									
	RO	0.125	1.0	30.00				0.00	0.0123	8.760.0	14.600	11.90	1E+00	1E+00	10.7		
	MESH	DN	U	L	a	b	c	d	e	f	Leq	A	Qeff	V	J	Ju	Y = Ju * Lt
	AB	0.070	1.0	30.00					0.00	0.0038	0.0001	0.0001	6.07	0.10	0.03	3.E-05	0.0008
M1	BG	0.070	1.0	20.00					0.00	0.0038	0.0122	7.3317	12.22	3.18	2.E-01	2.E-01	3.6548
	GF	0.070	1.0	30.00					0.00	0.0038	0.0098	5.8972	9.83	2.56	1.E-01	1.E-01	3.6646
	FA	0.070	1.0	20.00					0.00	0.0038	0.0001	6.07	0.10	0.03	3.E-05	0.0005	
	BC	0.070	1.0	30.00					0.00	0.0038	0.0071	4.2710	7.12	1.85	7.E-02	7.E-02	2.0175
M2	CH	0.070	1.0	20.00					0.00	0.0038	0.0169	1.01431	16.91	4.39	3.E-01	3.E-01	6.6628
	HG	0.070	1.0	30.00					0.00	0.0038	0.0049	2.9137	4.89	1.27	3.E-02	3.E-02	1.0071
	GB	0.070	1.0	20.00					0.00	0.0038	0.0122	7.3317	12.22	3.18	2.E-01	2.E-01	3.6548
M3	DI	0.070	1.0	30.00					0.00	0.0038	0.0182	1.09141	18.19	4.73	4.E-01	4.E-01	11.4449
	GH	0.070	1.0	20.00					0.00	0.0038	0.0066	3.9538	6.59	1.71	6.E-02	6.E-02	1.1972
	IH	0.070	1.0	30.00					0.00	0.0038	0.0225	1.14863	22.48	5.84	6.E-01	6.E-01	16.9336
	HC	0.070	1.0	20.00					0.00	0.0038	0.0169	1.01431	16.91	4.39	3.E-01	3.E-01	6.6628
M4	DE	0.070	1.0	30.00					0.00	0.0038	0.0181	1.08120	18.12	4.71	4.E-01	4.E-01	11.3954
	EL	0.070	1.0	20.00					0.00	0.0038	0.0081	4.8720	8.12	2.11	9.E-02	9.E-02	1.7146
	LI	0.070	1.0	30.00					0.00	0.0038	0.0205	1.28205	20.47	5.32	5.E-01	5.E-01	14.2338
	ID	0.070	1.0	20.00					0.00	0.0038	0.0066	3.9538	6.59	1.71	6.E-02	6.E-02	1.1972
M5	FG	0.070	1.0	30.00					0.00	0.0038	0.0098	5.8972	9.83	2.56	1.E-01	1.E-01	3.6646
	GN	0.070	1.0	20.00					0.00	0.0038	0.0172	1.02952	17.16	4.46	3.E-01	3.E-01	6.8488
	NM	0.070	1.0	30.00					0.00	0.0038	0.0167	1.00421	16.74	4.35	3.E-01	3.E-01	9.2109
	MF	0.070	1.0	20.00					0.00	0.0038	0.0051	3.0421	5.07	1.32	4.E-02	4.E-02	0.7180
M6	GH	0.070	1.0	30.00					0.00	0.0038	0.0049	2.9137	4.89	1.27	3.E-02	3.E-02	1.0071
	HO	0.070	1.0	20.00					0.00	0.0038	0.0316	3.09629	51.60	13.42	3.E+00	3.E+00	52.3170
	ON	0.070	1.0	30.00					0.00	0.0038	0.0389	2.13173	35.90	10.11	2.E+00	2.E+00	46.9902
	NG	0.070	1.0	20.00					0.00	0.0038	0.0172	1.02952	17.16	4.46	3.E-01	3.E-01	6.8488
M7	HI	0.070	1.0	30.00					0.00	0.0038	0.0225	1.14863	22.48	5.84	6.E-01	6.E-01	16.9336
	IP	0.070	1.0	20.00					0.00	0.0038	0.0104	42.033	10.42	2.71	1.E-01	1.E-01	2.7295
	PO	0.070	1.0	30.00					0.00	0.0038	0.0472	2.82938	47.17	12.26	2.E+00	2.E+00	66.7011
	OH	0.070	1.0	20.00					0.00	0.0038	0.0516	3.09629	51.60	13.42	3.E+00	3.E+00	52.3170
M8	IL	0.070	1.0	30.00					0.00	0.0038	0.0205	1.28205	20.47	5.32	5.E-01	5.E-01	14.2338
	LQ	0.070	1.0	20.00					0.00	0.0038	0.0211	1.28205	21.08	5.48	5.E-01	5.E-01	10.0283
	OP	0.070	1.0	30.00					0.00	0.0038	0.0289	1.73459	28.92	7.52	9.E-01	9.E-01	24.9784
	PI	0.070	1.0	20.00					0.00	0.0038	0.0104	42.033	10.42	2.71	1.E-01	1.E-01	2.7295

© AE-SW SOFTWARE

HARDY CROSS METHOD: RESIDUAL PRESSURE AT NODES

NODE	DEVIATION_CLOSURE NETWORK PRESSURE															
	R	A	B	C	D	E	F	G	H	I	L	M	N	O	P	Q
ZN node height [m]	110.0	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
AZ = ZR - ZN geodesic head [m]	0.0	108.5	108.5	108.5	108.5	108.5	108.5	108.5	108.5	108.5	108.5	108.5	108.5	108.5	108.5	108.5
ΔP from R - 0 [m]	0.0	10.7	10.7	10.7	10.7	10.7	10.7	10.7	10.7	10.7	10.7	10.7	10.7	10.7	10.7	10.7
ΔP from 0 to node [m]	0.0	57.22	57.22	59.2	70.68	82.04	57.22	53.55	52.6	69.51	83.75	56.50	46.69	0.10	66.80	93.78
YF = AZ - RO - JRV residual P to node [m]	110.00	405.8	405.8	392.7	271.2	153.76	405.8	442.5	45.23	282.9	14.05	41.30	51.31	97.70	31.00	4.02
residual P to node [bar]	10.791	3.98	3.98	3.78	2.66	1.55	3.98	4.34	4.44	2.78	1.38	4.05	5.01	9.58	3.04	0.39

Node with max residual pressure [m]
0

Node with min residual pressure [m]
97.70

Node with max residual pressure [m]
0

Node with min residual pressure [m]
97.70

Node with max residual pressure [m]
0

Node with min residual pressure [m]
97.70

Node with max residual pressure [m]
0

Node with min residual pressure [m]
97.70

Node with max residual pressure [m]
0

Node with min residual pressure [m]
97.70

Node with max residual pressure [m]
0

Node with min residual pressure [m]
97.70

Node with max residual pressure [m]
0

Node with min residual pressure [m]
97.70

AE-SW SOFTWARE

BIBLIOGRAFIA

Lezioni di idraulica - Edoardo Orabona
Adriatica editrice, 1970, Bari

Lezioni di idraulica - Duilio Citrini, Giorgio Nosedà
Casa editrice Ambrosiana, 1987, Milano

Impianti sanitari - Angelo Gallizio
Hoepli editore, ottobre 1994, Milano

Lezioni di acquedotti e fognature - Giuseppe Frega
Liguori editore, gennaio 2002, Napoli

Impianti tecnici dell'edilizia - Vito Giorgio Colaianni
Franco Angeli editore, aprile 2008, Milano

Fondamenti di costruzioni idrauliche - G. Becciu, A. Paoletti
Utet editore, giugno 2010, Milano

Acquedotti. Guida alla progettazione - Valerio Milano
Hoepli editore, giugno 2012, Milano

AE-SW SOFTWARE

AE-SW SOFTWARE

CALCOLO RETI IDRICHE AD ANELLO

Programma in excel per il calcolo di reti chiuse secondo il metodo di HARDY CROSS

Il Manuale illustra le funzionalità del programma in formato Excel per il calcolo di reti idriche chiuse mediante il metodo iterativo di Hardy Cross.

La rete considerata è costituita da n. 8 maglie chiuse, adattabile a numero di maglie inferiore, alimentata da un tratto di condotta esterna di adduzione con prelievo da riserva idrica.

I nodi della rete possono essere nodi di prelievo o di immissione. L'input della portata di nodo di prelievo/immissione avviene direttamente sullo schema di rete, in corrispondenza di ciascun nodo. Il programma, ai fini del riequilibrio della rete effettua n. 15 iterazioni.

L'illustrazione delle funzionalità del programma è effettuata in riferimento a un esempio pratico i cui risultati sono riportati in apposita relazione tecnica finale con allegati gli elaborati di calcolo.

La stampa è in formato pdf stampabile su carta.

Il software e il manuale d'uso sono in lingua italiana e inglese.

MANUALE D'USO

PREPARED AND PRESENTED BY
AE-SW SOFTWARE