

Portfolio tecnico

Sistema idrico integrato

Acquedotto, sollevamento e fognatura urbana
come un unico sistema tecnico

3

sottosistemi

20,1 l/s

portata pozzo

$T_r = 5$

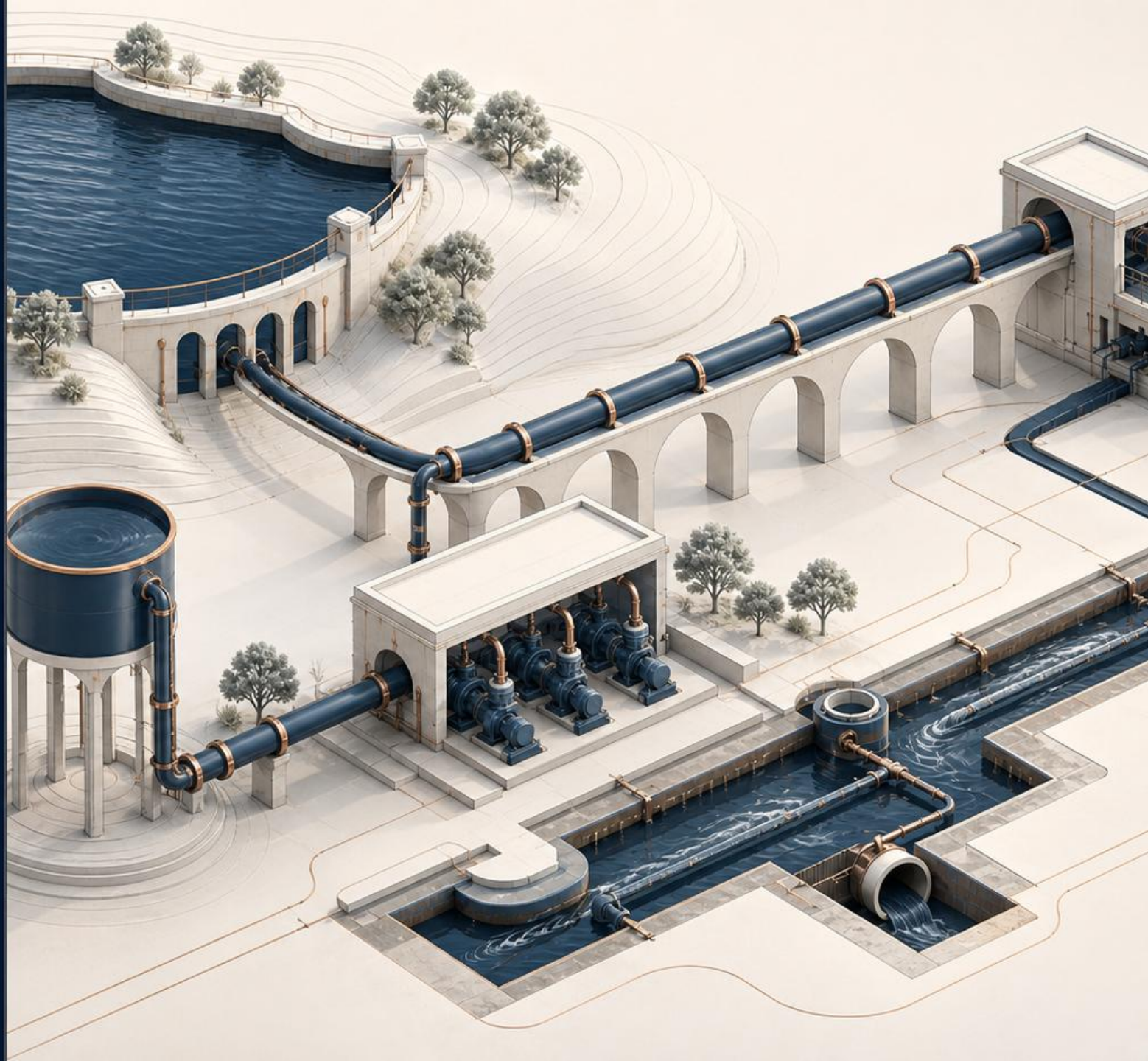
anni rete bianca

Zangari Francesco

CIVIL & HYDRAULIC ENGINEERING

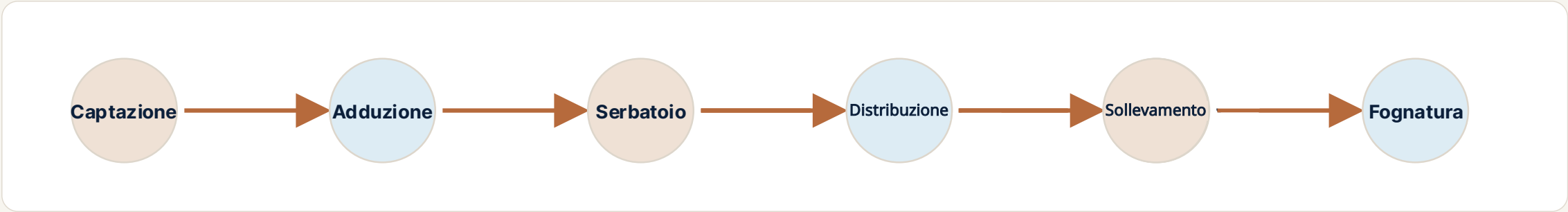


POLITECNICO
MILANO 1863



La filiera idraulica è solida quando ogni sottosistema riduce un rischio diverso

Adduzione, distribuzione, sollevamento e fognatura vengono letti come una sequenza di decisioni tecniche collegate.



3

blocchi funzionali

20,1 l/s

portata erogata dal pozzo

10

bacini fognari separati

1.036,10 m³

volume totale serbatoio

0,4–4 m/s

range velocità fognatura

Messaggio chiave

Il valore del progetto non sta nei singoli calcoli, ma nella coerenza fra tracciato, serbatoio, macchina idraulica e drenaggio urbano.

La piramide progettuale parte dal servizio e scende fino alle verifiche di dettaglio

Ogni scelta nasce da una domanda operativa: garantire pressione, governare energia, smaltire portate e controllare i picchi.

Servizio idrico continuo

pressione, portata, qualità

Scelte di sistema

tracciato, rete, serbatoio, pompe

Verifiche idrauliche

diametri, velocità, carichi, transitori

Misure di resilienza

emergenza, antincendio, laminazione



Perché questa struttura funziona

Rende leggibile il progetto anche a un lettore esterno: prima l'insight, poi il metodo, infine il dato verificato.

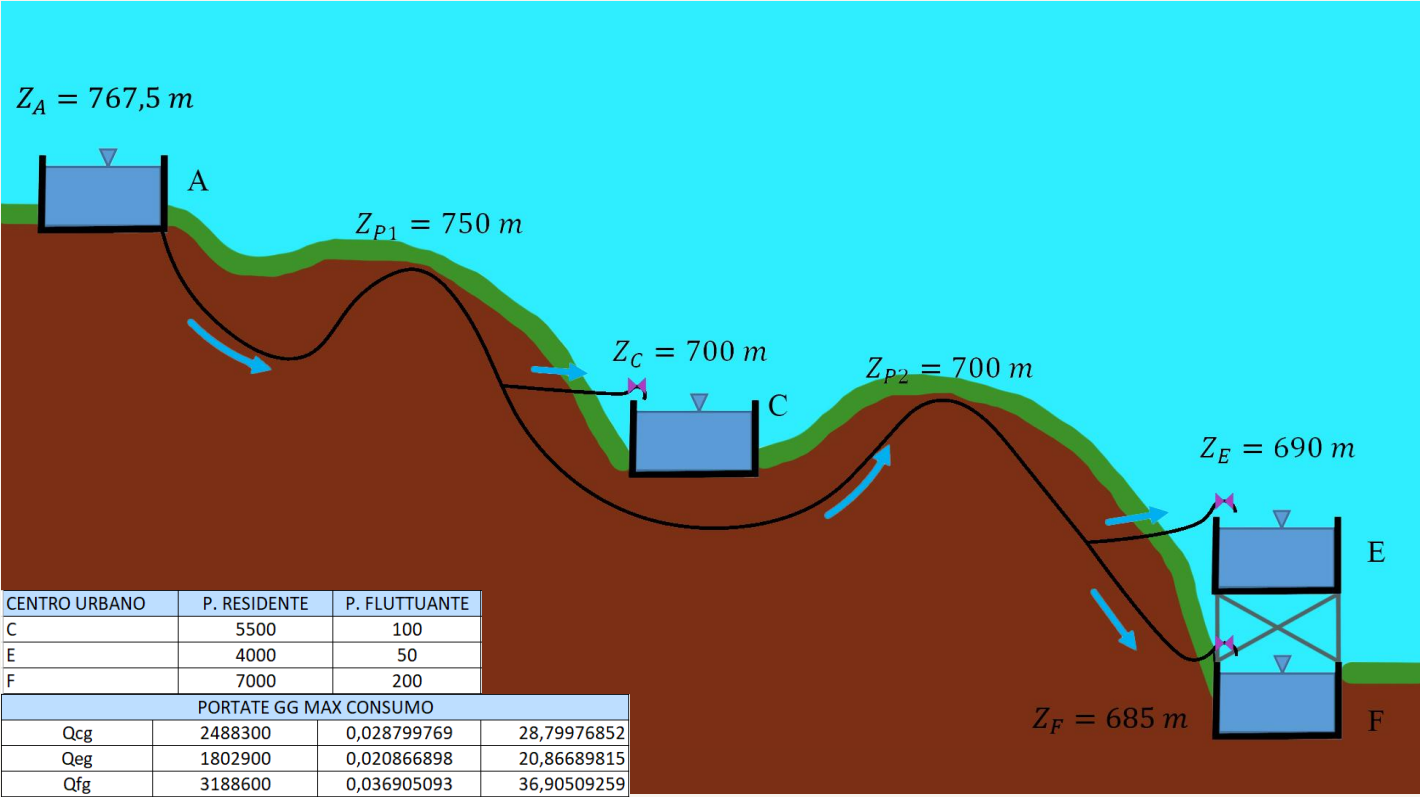


Cosa è stato utilizzato

Codice per diametri, mappe e bacini, controlli sui colmi, velocità, piezometriche, vasche e confronto metodi.

Il tracciato è il primo filtro progettuale perché trasforma le quote in vincoli di pressione

Dal profilo plano-altimetrico derivano diametri, carichi ai colmi, dissipazioni e linee piezometriche da verificare.



Colmi senza sfiati

Si impone un carico residuo sui picchi non inferiore a -6 m .



Velocità in condotta

La fascia di controllo resta $0,5 \leq v \leq 2,0\text{ m/s}$.



Dissipazione mirata

Le valvole si usano dove il carico eccede e deve essere ricondotto entro controllo.

Acquedotto

Adduzione, distribuzione e serbatoio letti come un unico controllo di carico e continuità.

Sezione

progetto idraulico integrato



Il sistema risolvante definisce i diametri teorici prima della scelta commerciale

La parte analitica fornisce la soluzione continua; la progettazione reale impone poi il passaggio al diametro di catalogo.

Sequenza di calcolo

- 1 equazioni di energia e continuità
- 2 perdite distribuite sui tronchi
- 3 diametri teorici ricavati dal sistema
- 4 controllo successivo su colmi e velocità

$$\left\{ \begin{array}{l} (Z_A - H_B) = J_{AB} \cdot (L_{A-P1} + L_{P1-B}) \\ (H_B - Z_C) = J_{BC} \cdot L_{BC} \\ (H_D - Z_E) = J_{DE} \cdot L_{DE} \\ (H_D - H_B) = J_{BD} \cdot (L_{B-P2} + L_{P2-D}) \\ (H_D - Z_F) = J_{DF} \cdot L_{DF} \\ \left(\frac{D_{AB}}{Q_{AB}^2} \right)^{\frac{16}{3}+\beta} = \left(\frac{D_{BD}}{Q_{BD}^2} \right)^{\frac{16}{3}+\beta} + \left(\frac{D_{BC}}{Q_{BC}^2} \right)^{\frac{16}{3}+\beta} \\ \left(\frac{D_{BD}}{Q_{BD}^2} \right)^{\frac{16}{3}+\beta} = \left(\frac{D_{DF}}{Q_{DF}^2} \right)^{\frac{16}{3}+\beta} + \left(\frac{D_{DE}}{Q_{DE}^2} \right)^{\frac{16}{3}+\beta} \end{array} \right. \quad \text{con} \quad J_{hk} = \frac{10,29 \cdot Q_{hk}^2}{k_s^2 \cdot D_{hk}^{\frac{16}{3}}}$$

Formula guida

Il sistema non sceglie ancora il componente: restituisce il diametro idraulico necessario al funzionamento.

Insight progettuale

La parte numerica è spiegata meglio nei manuali, discutiamo insieme i risultati che otteniamo da sistema

D teorico → DN commerciale → verifica finale

Il codice automatizza il passaggio dai diametri teorici ai commerciali

La funzione in C seleziona il primo diametro di catalogo maggiore o uguale al valore teorico, riducendo l'arbitrarietà della scelta.



Controllo tecnico

Il criterio “diametro catalogo ≥ diametro teorico” produce una scelta cautelativa e replicabile, ma deve essere verificata su velocità e carichi.

CONDOTTA	Diam. Teorici [m]
Dab	0,259815431
Dbc'	0,130925432
Dbd	0,225783186
Dde'	0,12735887
Ddf'	0,158109342

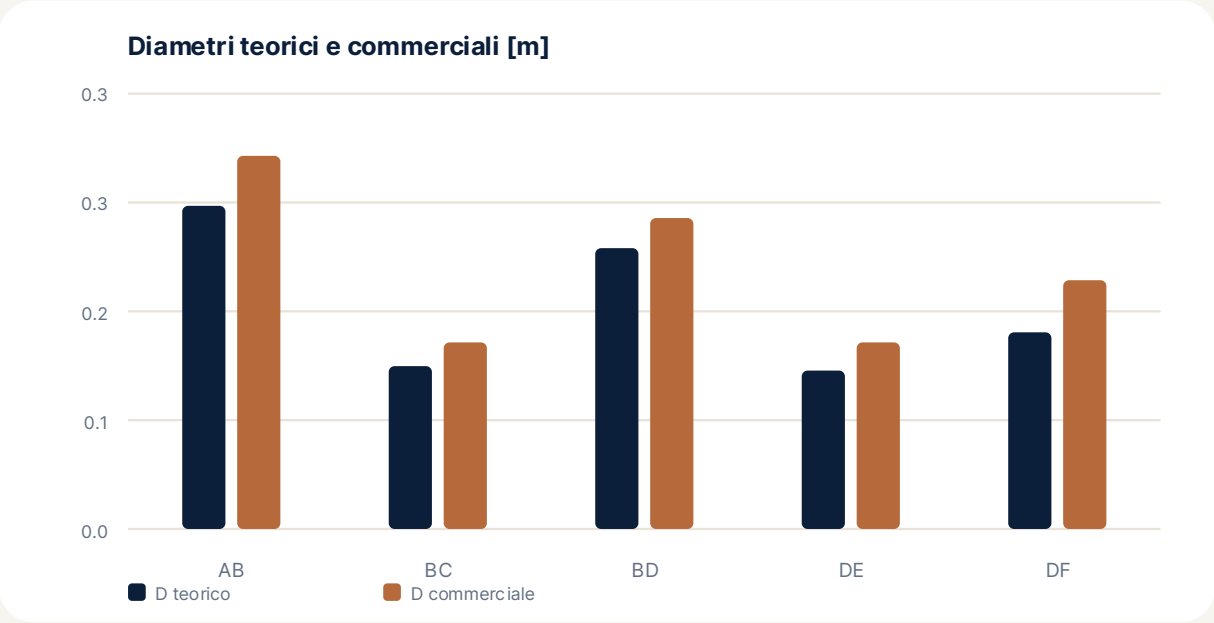


```
76 void calcola_diametri_commerciali(float *diametri_catalogo,
77 {
78     // calcola diametri commerciali restituendo
79     // Dabcom, Dbccom, Dbdcom, Ddecom, Ddfcom
80     for (int i = 0; i < n_diametri; i++)
81     {
82         if (diametri_catalogo[i] >= *Dabteo)
83         {
84             *Dabcom = diametri_catalogo[i];
85             break;
86         }
87     }
88     for (int i = 0; i < n_diametri; i++)
89     {
90         if (diametri_catalogo[i] >= *Dbcteo)
91         {
92             *Dbccom = diametri_catalogo[i];
93             break;
94         }
95     }
96     for (int i = 0; i < n_diametri; i++)
97     {
98         if (diametri_catalogo[i] >= *Dbdteo)
99         {
100             *Dbdcom = diametri_catalogo[i];
101             break;
102         }
103     }
104     for (int i = 0; i < n_diametri; i++)
105     {
106         if (diametri_catalogo[i] >= *Ddteo)
107         {
108             *Ddecom = diametri_catalogo[i];
109             break;
110         }
111     }
112     for (int i = 0; i < n_diametri; i++)
113     {
114         if (diametri_catalogo[i] >= *Ddfteo)
115         {
116             *Ddfcom = diametri_catalogo[i];
117             break;
118         }
119     }
```

Estratto codice C utilizzato per la scelta dei diametri

La scelta commerciale aumenta i diametri dove serve senza perdere coerenza idraulica

Il confronto tra valori teorici e diametri commerciali rende visibile l'effetto della discretizzazione di catalogo.



Esito principale

AB passa a 0,30 m, BC e DE a 0,15 m, BD a 0,25 m, DF a 0,20 m.



Nota di rigore

La slide usa i valori riportati nell'elaborato originario per evitare ricostruzioni arbitrarie.

```
PROBLEMS  OUTPUT  DEBUG CONSOLE  TERMINAL  PORTS

francesco@DESKTOP-HJFQDQH:~/costruzioni idrauliche$ gcc assegnatorediametricomm.c
francesco@DESKTOP-HJFQDQH:~/costruzioni idrauliche$ ./a.out
Inserisci il codice del gruppo:
1
0
5
8

Il codice del gruppo inserito è: 1058

I diametri teorici inseriti saranno salvati nel file 'diametrитеорici.txt'.

Inserisci i diametri teorici:
Inserire il diametro della condotta AB teorico: 0.251366025
Inserire il diametro della condotta BC teorico: 0.133513053
Inserire il diametro della condotta BD teorico: 0.216838667
Inserire il diametro della condotta DE teorico: 0.140450721
Inserire il diametro della condotta DF teorico: 0.171080265

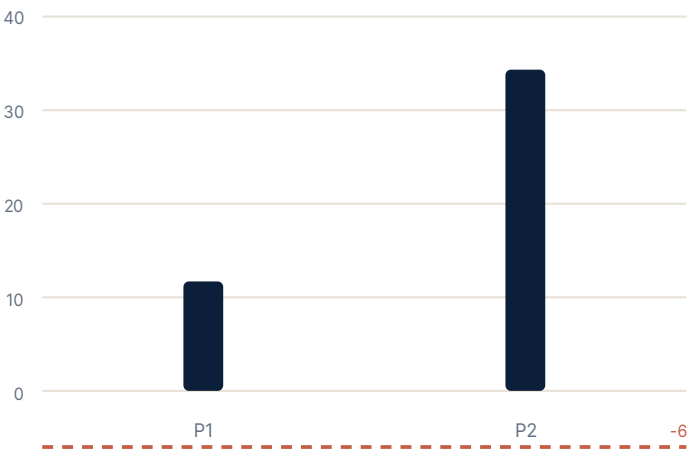
il diametro commerciale del tratto AB e': 0.300000 m
il diametro commerciale del tratto BC e': 0.150000 m
il diametro commerciale del tratto BD e': 0.250000 m
il diametro commerciale del tratto DE e': 0.150000 m
il diametro commerciale del tratto DF e': 0.200000 m
francesco@DESKTOP-HJFQDQH:~/costruzioni idrauliche$
```

Output terminale con DN commerciali AB-DF

Le verifiche sui colmi e sulle velocità confermano la compatibilità dell’adduzione

Le condizioni più semplici da leggere sono anche quelle più decisive: carico residuo sui picchi e velocità entro range.

Carico residuo sui colmi [m]



$$H_{P1} = Z_A - \frac{10.29 \cdot Q_{AB}^2}{k_s^2 \cdot D_{COMM\ AB}^{\frac{16}{3}}} \cdot (L_{A-P1})$$

$$H_{P2} = H_B - \frac{10.29 \cdot Q_{BD}^2}{k_s^2 \cdot D_{COMM\ BD}^{\frac{16}{3}}} \cdot (L_{B-P2})$$

Formule carichi sui colmi

VERIFICA DEI PICCHI

HP1	761,6949004	m	HP1 - ZP1	11,69490044	VERIFICATA
HP2	734,3295747	m	HP2 - ZP2	34,32957469	VERIFICATA

Tabella originale carichi sui colmi

100%

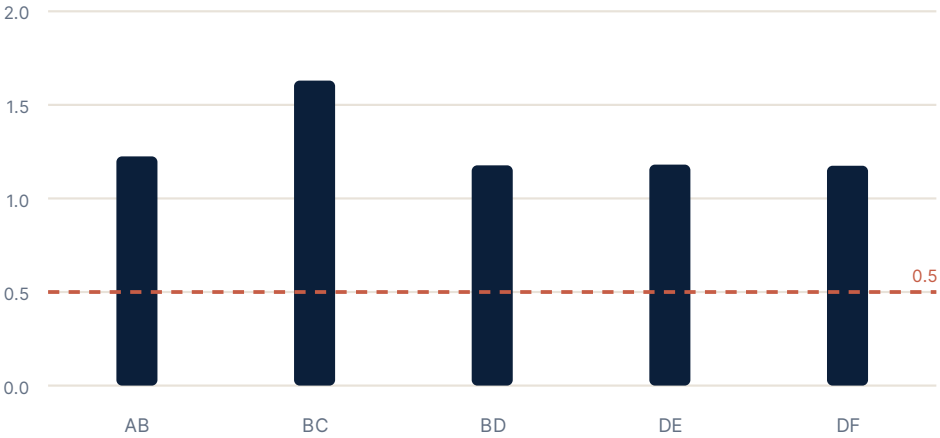
verifiche
positive



Le verifiche sui colmi e sulle velocità confermano la compatibilità dell’adduzione

Le condizioni più semplici da leggere sono anche quelle più decisive: carico residuo sui picchi e velocità entro range.

Velocità nei tronchi [m/s]



$$V_i = \frac{4 \cdot Q_i^2}{\pi \cdot D_{COMM}^5}$$

velocità maggiori di 0,5 m/s e non superiori a 2m/s

Formule verifica velocità

VERIFICA DELLE VELOCITA'		
Vab	1,224739859	VERIFICATA
Vbc'	1,629733518	VERIFICATA
Vbd	1,176921331	VERIFICATA
Vde'	1,180824884	VERIFICATA
Vdf'	1,174725582	VERIFICATA

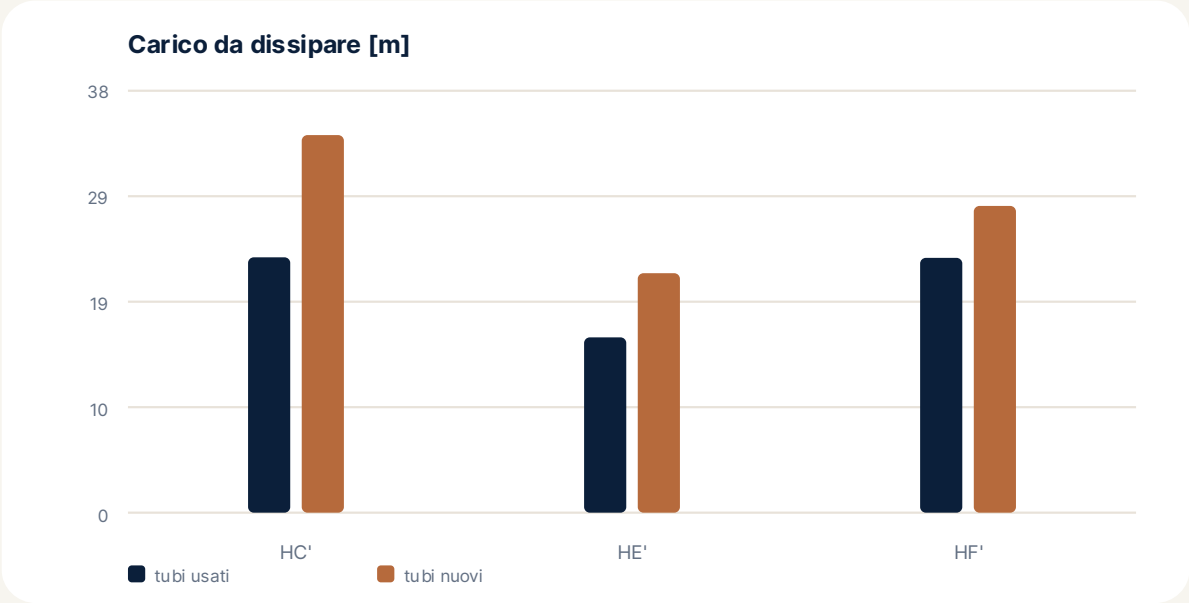
100%

verifiche positive



Le valvole di dissipazione trasformano l'eccesso di carico in margine controllabile

Il confronto tra tubi usati e tubi nuovi mostra dove il salto energetico deve essere governato.

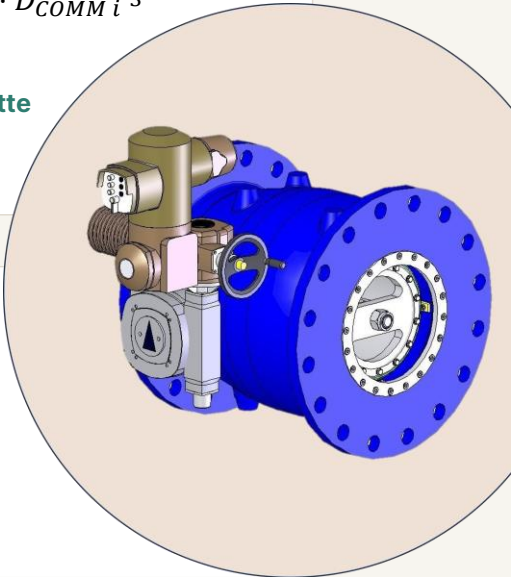


Criterio operativo

La dissipazione viene dimensionata come differenza di carico da assorbire, mantenendo la rete dentro condizioni gestibili anche quando cambiano scabrezza e tubazioni.

$$J_{old} = \frac{10.29 \cdot Q_i^2}{k_{su}^2 \cdot D_{COMMi}^{\frac{16}{3}}} < J_{new} = \frac{10.29 \cdot Q_i^2}{k_{sn}^2 \cdot D_{COMMi}^{\frac{16}{3}}}$$

Tutte le verifiche alle valvole risultano soddisfatte



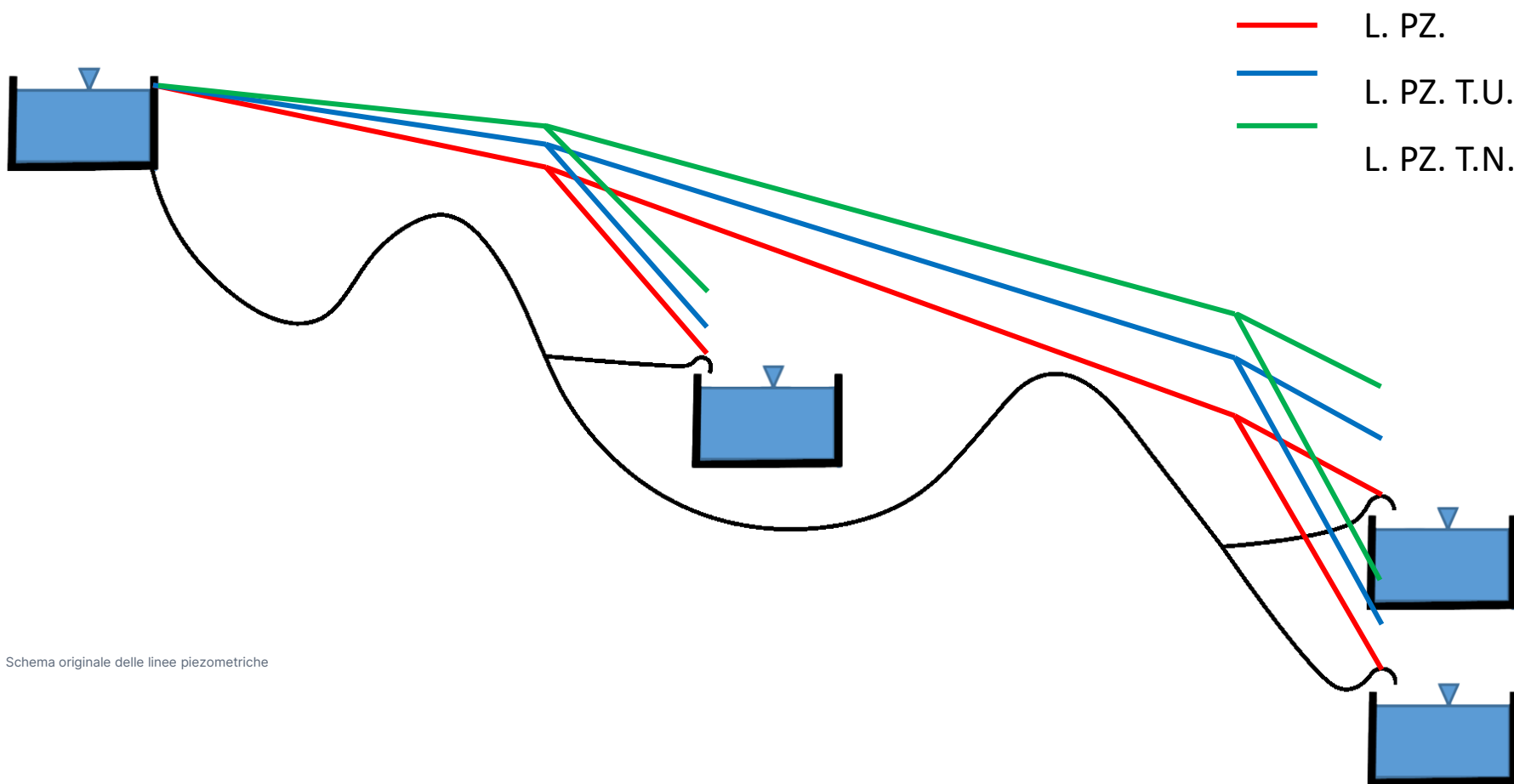
CARICO DA DISSIPARE TUBI USATI		
HC'	22,9985723	VERIFICATA
HE'	15,78812564	VERIFICATA
HF'	22,94927202	VERIFICATA

CARICO DA DISSIPARE TUBI NUOVI		
HC'	34,00680043	VERIFICATA
HE'	21,56715924	VERIFICATA
HF'	27,62612097	VERIFICATA

Estratto tabelle di dissipazione e carichi serbatoi

Le linee piezometriche chiudono la verifica energetica lungo l'intero tracciato

La rappresentazione simultanea di condotta, profilo e piezometriche consente di individuare colmi, serbatoi e punti critici.



Schema originale delle linee piezometriche

Lettura tecnica

Le piezometriche rendono immediata la distanza tra quota terreno, quota condotta e carico disponibile.

Rischio controllato

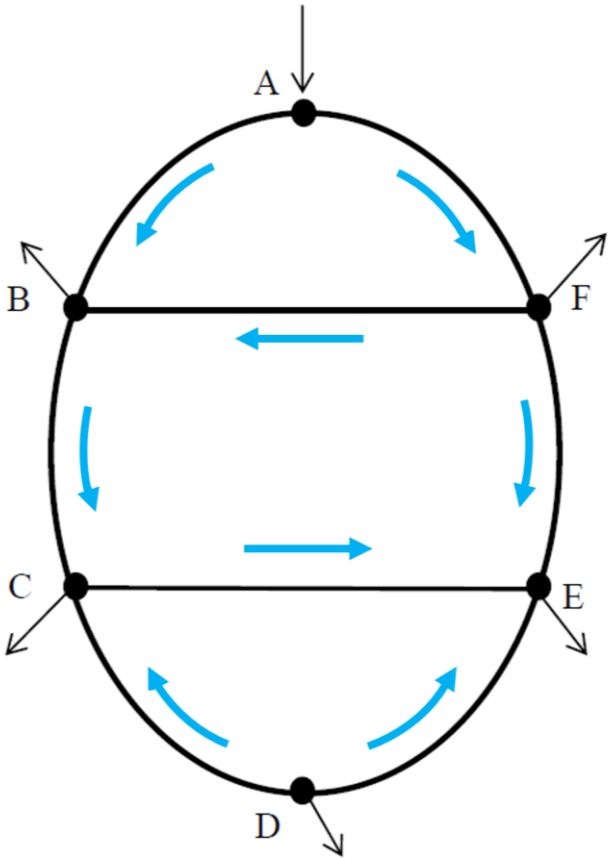
Il controllo grafico evita che un risultato numerico corretto nasconda depressioni o eccessi locali.

Output di progetto

Il tracciato può essere letto come una sequenza di tratti energeticamente coerenti.

Hardy-Cross rende la distribuzione affidabile perché ridistribuisce le portate nelle maglie

La rete non viene verificata solo in regime nominale: le maglie chiuse permettono di leggere anche condizioni di squilibrio ed emergenza.



Scenari verificati

Massimo consumo $H \text{ nodo} \geq 20 \text{ m}$

Portata minima $H \text{ nodo} \leq 80 \text{ m}$

Rottura lato erogazione 50%

Antincendio $H \text{ nodo} \geq 10 \text{ m}$

VERIFICA 1)		
NODO A	24,17802285	VERIFICATA
NODO C	36,18388086	VERIFICATA
NODO E	38,64734514	VERIFICATA
NODO F	36,42930862	VERIFICATA
NODO B	29,94576226	VERIFICATA
NODO D SX	40,81966663	VERIFICATA

VERIFICA 2)		
ZF	685	
NODO D	53	VERIFICATA
NODO C	46	VERIFICATA
NODO E	50	VERIFICATA
NODO F	44	VERIFICATA
NODO B	38	VERIFICATA
NODO A	31	VERIFICATA

VERIFICA 3)		
NODO A	6,82197715	VERIFICATA
NODO B	8,054237741	VERIFICATA
NODO C	9,816119144	VERIFICATA
NODO D	12,18033337	VERIFICATA
NODO E	11,35265486	VERIFICATA
NODO F	7,570691377	VERIFICATA

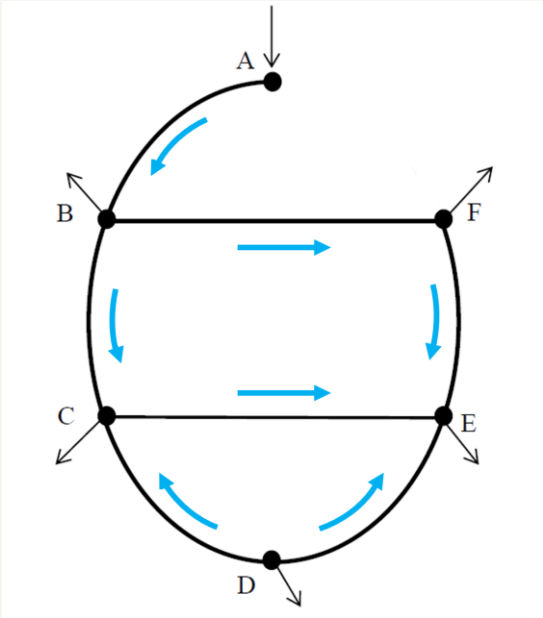
Estratto della distribuzione originaria con rete, tabelle e condizioni di carico

Le emergenze sono integrate nel modello e non trattate come controlli accessori

Rottura di un lato e antincendio cambiano la domanda locale; la rete viene ribilanciata e verificata sui carichi ai nodi.

- Rottura del lato:
 - ▮ Stima delle portate con il metodo di Hardy-Cross ricordando che in caso di rottura si eroga una portata del 50%
 - ▮ Verifica che il carico su ogni nodo sia minore o uguale di 20 m, ad esempio $H_c = H_a - \Delta H_{ab} - \Delta H_{bc} - z_c$

Rottura del lato: erogazione ridotta e ribilanciamento



Rottura lato

Il metodo iterativo resta valido ma viene ridotta l'erogazione al 50% sul tratto interessato.

100%

verifiche
positive

VERIFICA 5)			
NODO A	24,17802285	678,1780229	VERIFICATA
NODO C	24,9753354		VERIFICATA
NODO E	35,03756966		VERIFICATA
NODO F	30,9481259		VERIFICATA
NODO B	24,9753354		VERIFICATA
NODO D SX	38,85101672		VERIFICATA

Le emergenze sono integrate nel modello e non trattate come controlli accessori

Rottura di un lato e antincendio cambiano la domanda locale; la rete viene ribilanciata e verificata sui carichi ai nodi.

- Emergenza antincendio:

- Stima delle portate con il metodo di Hardy-Cross e calcolo della portata in D con la formula di Conti
- Verifica che il carico su ogni nodo sia minore o uguale di 10m, ad esempio $H_c = H_d + \Delta H_{bc} - z_c$

Emergenza antincendio: portata con formula di Conti

Antincendio

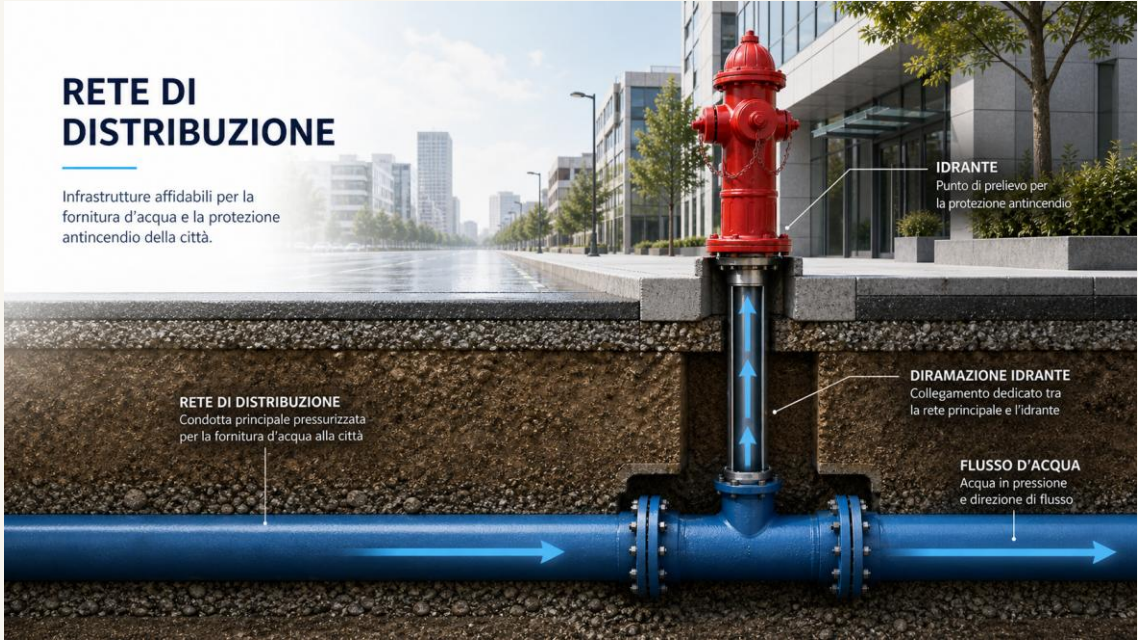
La verifica diventa più severa sul nodo di richiesta, con vincolo di carico minimo dedicato.

100%

verifiche positive

RETE DI DISTRIBUZIONE

Infrastrutture affidabili per la fornitura d'acqua e la protezione antincendio della città.



VERIFICA 4)			
NODO D	10	642	m
NODO C	3,613577203	17,17583156	VERIFICATA
NODO E	7,503062085	21,06531644	VERIFICATA
NODO F	2,818857362	16,38111172	VERIFICATA
NODO B	-3,562254356	10	VERIFICATA
NODO A DX	24,17802285	37,74027721	VERIFICATA
NODO D'	10	23,56225436	VERIFICATA

Le emergenze sono integrate nel modello e non trattate come controlli accessori

Rottura di un lato e antincendio cambiano la domanda locale; la rete viene ribilanciata e verificata sui carichi ai nodi.

Verifica delle velocità:

- Verifica della condizione $0.5 \text{ m/s} \leq v \leq 2 \text{ m/s}$
- Modifica dei diametri nel caso in cui la verifica non è stata soddisfatta

Condizioni di verifica delle velocità



Verifica velocità

Dove il range non è rispettato, si interviene sui diametri.

100%
verifiche positive

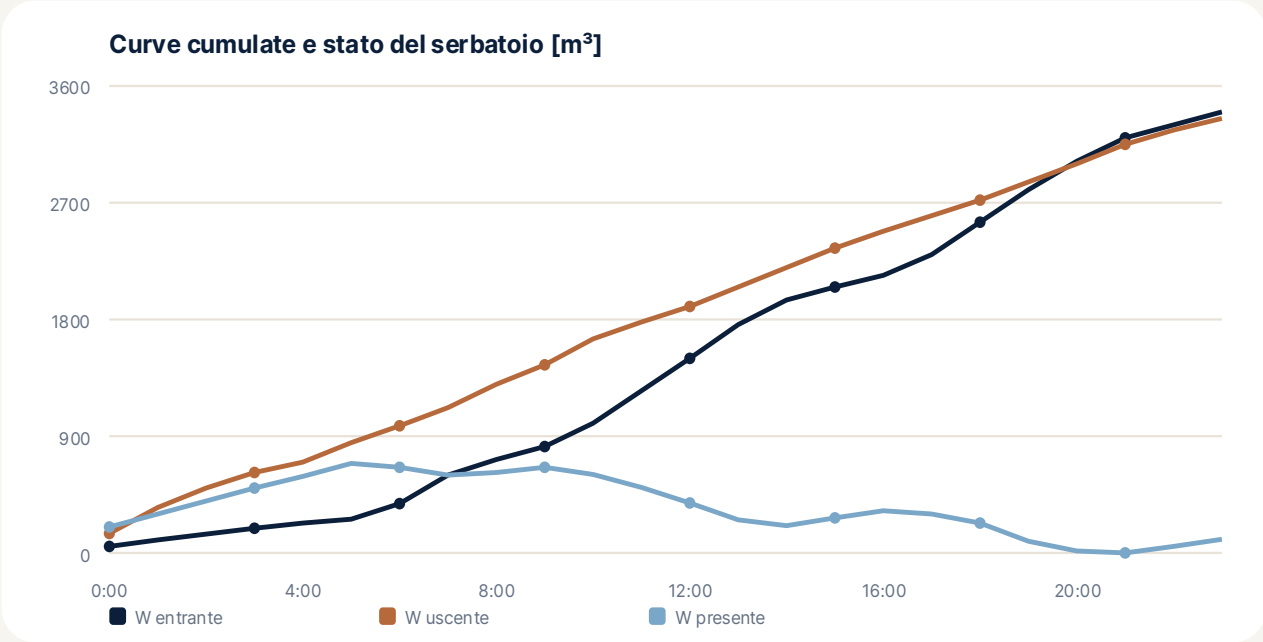
VELOCITA'	
0,51596336	VERIFICATA
0,61561834	VERIFICATA
0,63817689	VERIFICATA

VELOCITA'	
0,73897918	VERIFICATA
0,71966911	VERIFICATA
0,61561834	VERIFICATA
0,56270033	VERIFICATA

VELOCITA'	
0,53419857	VERIFICATA
0,63819755	VERIFICATA
0,56270033	VERIFICATA

Il serbatoio assorbe lo sfasamento tra ingresso costante e domanda variabile

La regolazione completa impone che volume cumulado entrante e uscente coincidano nel periodo di riferimento.



Want	Wriserva	Wcompenso	Wtot
171,444685	172,6830342	691,9704861	1036,098205

Tabella originale volumi serbatoio

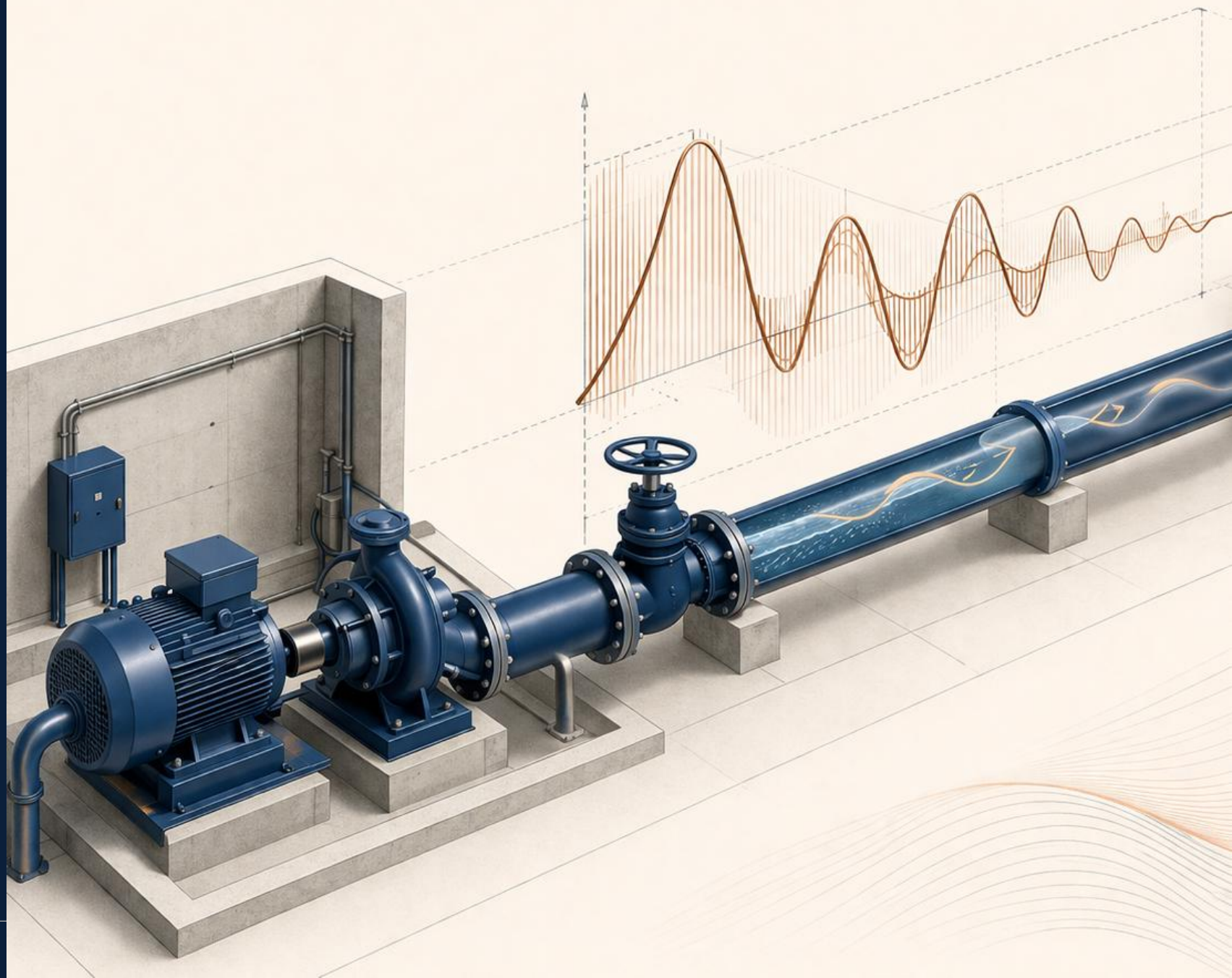


Meccanica

Il sollevamento aggiunge energia al sistema, mentre il transitorio verifica cosa accade quando il regime cambia.

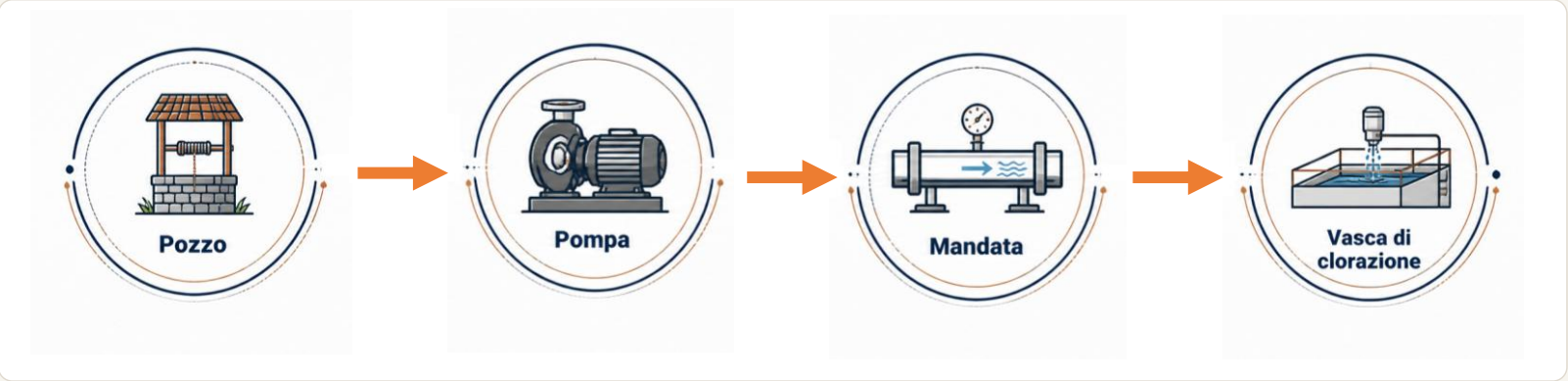
Sezione

progetto idraulico integrato



Il sollevamento garantisce la portata di progetto e prepara il controllo sanitario

La portata dal pozzo viene trasferita verso la vasca di presa, dove si colloca la clorazione prima dell'immissione nel sistema.



20,1 l/s
portata erogata dal
pozzo

30 min
tempo di clorazione

2 ore
tempo di riserva

412,452 m³
volume vasca presa

T cloraz	
30	min
1800	sec

T riserva	
2	ore
7200	sec

Wcl m3
72,36

Wris m3
289,44

Wc m3
123,012

Wtot m3
412,452



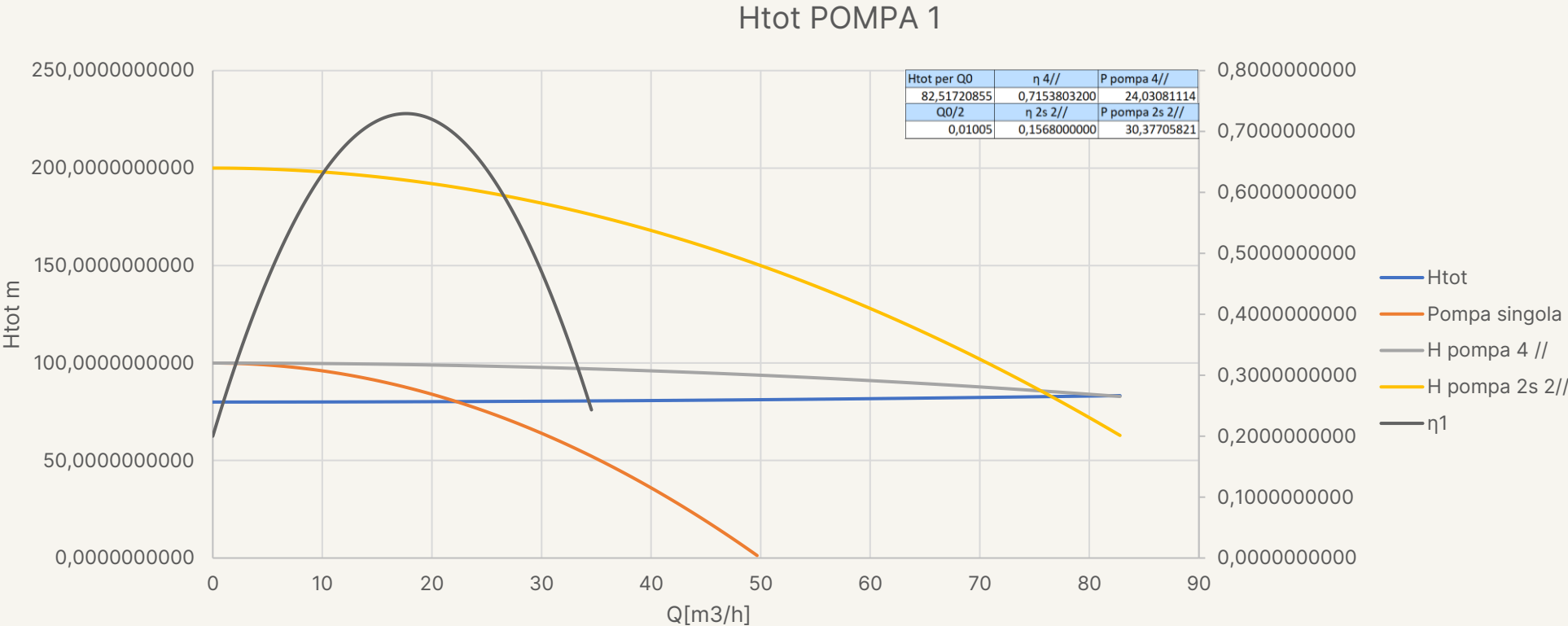
Dati originali vasca di presa

**Insight
progettuale**

L'impianto collega idraulica e macchina: la pompa è valida solo se la curva caratteristica intercetta la domanda del sistema in un punto stabile.

La curva caratteristica mostra dove il sistema trova il suo punto di lavoro

REGRESSIONE A 3 PARAM.		Dcomm [mm]	Dcomm [m]	V [m/s]	Verifica	cp [€]	ci [€/m]	L [m]	Cc	Ci [€]	Hk [m]	J	Hjl [m]	Htot [m]	P KW	E [kWh]	PASSIVITA' [€]
49,78	0,05	60	0,060	7,108921	NON VERIFICATA	2000	50	500	24891,38	26891,3832	30,90933016	2,787007094	1393,503547	1504,412877	457,8139003	3439098,019	689977,438
57,56	0,32	80	0,080	3,998768	NON VERIFICATA	2000	57	500	28782,31	30782,3065	9,779905247	0,600894385	300,4471924	390,2270976	118,751569	892061,7862	180882,4092
65,32	0,10	100	0,100	2,559211	NON VERIFICATA	2000	65	500	32660,59	34660,5949	4,005849189	0,182786763	91,39338171	175,3992309	53,37644155	400963,8289	82974,02159
84,63	0,14	150	0,150	1,137427	VERIFICATA	2000	85	500	42315,99	44315,9946	0,791278852	0,02102768	10,51384005	91,3051189	27,78542595	208724,1198	45300,85401
103,86	1,30	200	0,200	0,639803	VERIFICATA	2000	105	500	51929,25	53929,2506	0,250365574	0,004533686	2,266842973	82,51720855	25,1111418	188634,8972	42054,40203
123,02	3,91	250	0,250	0,409474	NON VERIFICATA	2000	125	500	61511,29	63511,2899	0,102549739	0,001379107	0,689553607	80,79210335	24,58616814	184691,295	42034,56922
142,14	4,57	300	0,300	0,284357	NON VERIFICATA	2000	140	500	71068,53	73068,5257	0,049454928	0,000521553	0,260776262	80,31023119	24,43952769	183589,732	42581,15395

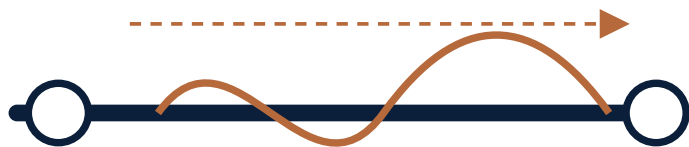


Il colpo d'ariete va trattato come carico dinamico e non come margine statico

La manovra della pompa o della valvola genera onde di pressione che si propagano lungo la condotta e richiedono verifiche dedicate.

Transitorio idraulico

l'onda di pressione percorre andata e ritorno



$$\tau_0 = 2L/c$$

durata caratteristica

$$\Delta H = c \cdot (V - V_0)/g$$

sovrappressione rapida

Dati di verifica

L	500 m
H_n	350 m
c	1100 m/s
limite	±10% H _n



Manovre lente: $T_m > \tau_0$

Manovre rapide: $T_m < \tau_0$

Fognatura

La rete separata riduce il conflitto fra acque meteoriche e reflue e sceglie il metodo in funzione del comportamento idrologico.

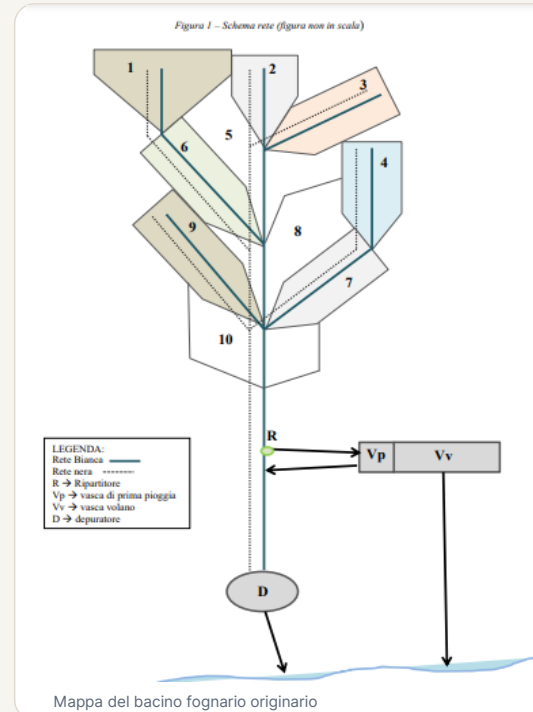
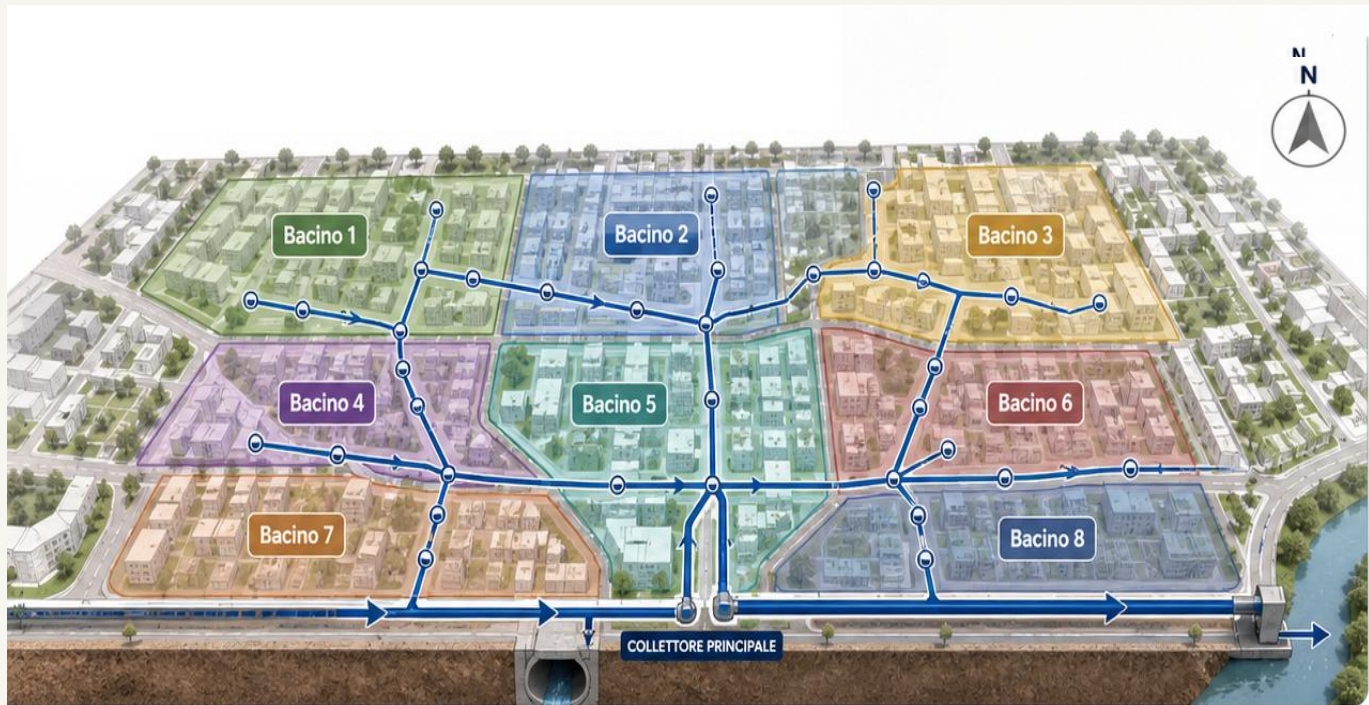
Sezione

progetto idraulico integrato



La rete fognaria viene letta come dieci bacini che convergono verso il ricettore

La scomposizione del bacino urbano rende controllabile il calcolo delle portate meteoriche e dei contributi di rete nera.



10
bacini

$T_r = 5$
anni rete bianca

Dmin 200
mm rete nera

$$h = (39 + 0.2 \cdot x_2 + 0.3 \cdot x_3) \theta^{0.4} \quad 0 < \theta < 30 \text{ min}$$

$$h = (35 + 0.1 \cdot x_3 + 0.3 \cdot x_4) \theta^{0.3} \quad \theta > 30 \text{ min}$$

Curve pluviometriche usate

 **Materiale considerato**

L'analisi assume condotte in calcestruzzo con $K_s = 70 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$.

 **Impermeabilità**

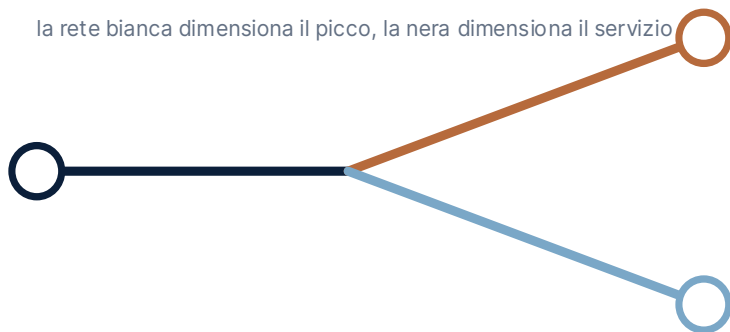
Coefficienti riportati: $\phi_{\text{imp}} = 0,7$ e $\phi_{\text{perm}} = 0,15$.

La rete separata distingue qualità dell'acqua e obiettivi idraulici

La rete nera privilegia continuità e salubrità, la rete bianca gestisce eventi meteorici e volumi temporanei.

Separazione del rischio

la rete bianca dimensiona il picco, la nera dimensiona il servizio



Rete bianca

portate meteoriche $T_r = 5$ anni

Rete nera

reflui urbani $u_n = 1,5$ l/s/ha

10

bacini urbani

$T_r = 5$ anni

dimensionamento rete bianca

$D_{min} = 200$ mm

diametro minimo rete nera

$u_n = 1,5$

l/s/ha per rete nera

La separazione rende più leggibili i rischi: la rete nera dimensiona il servizio, la rete bianca dimensiona il picco.



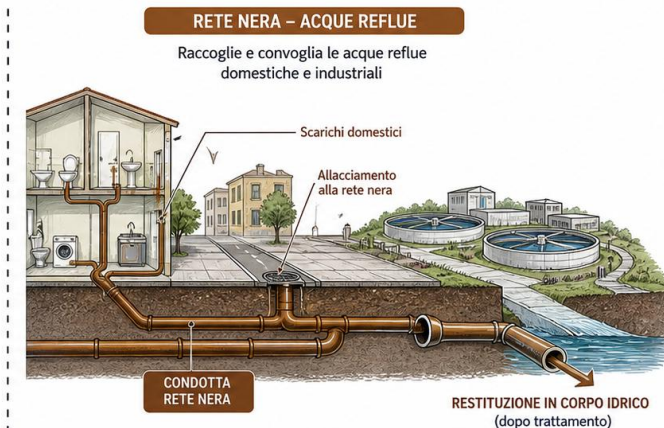
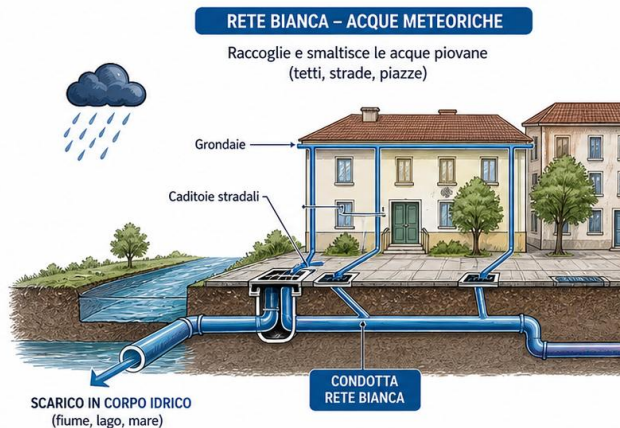
RETE NERA

- Dimensionata per il servizio (portata media di reflu)
- Garantisce il convogliamento delle acque reflue
- Le acque vengono trattate in depuratore prima della restituzione



RETE BIANCA

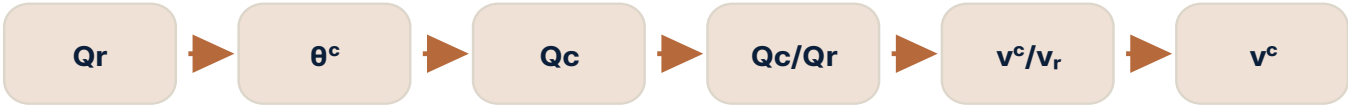
- Dimensionata per il picco di piena (evento raro, es. $T_r = 5$ anni)
- Evita allagamenti e sovraccarichi della rete nera
- Scarica direttamente nel corpo idrico recettore



La corrivazione dimensiona il picco partendo dal tempo di arrivo del bacino

Il metodo usa la durata critica e la formula razionale per stimare Q_c , poi verifica il rapporto con la portata a massimo riempimento.

Metodo della corrivazione



Q_c / Q_r	h/D	V_c / V_r	V_c
0,507942833	0,5	1	2,671298765
0,566597396	0,55	1,039	2,775479416
0,765091526	0,65	1,099	2,554297186
0,504666478	0,5	1	2,671298765
0,556727490	0,55	1,039	2,41484511
0,669958691	0,6	1,072	2,467991537
0,521005725	0,5	1	2,410411941
0,624108885	0,6	1,072	2,306721285
0,884626180	0,75	1,133	2,437980612
0,823485503	0,7	1,012	2,444288791

Tempo d'ingresso

$T_e = 5$ min come valore iniziale per il calcolo.

Verifica velocità

v_c deve restare compresa fra 0,4 e 4 m/s.

Iterazione

Se il range non è rispettato, si modifica il diametro e si ripete la verifica.



Insight

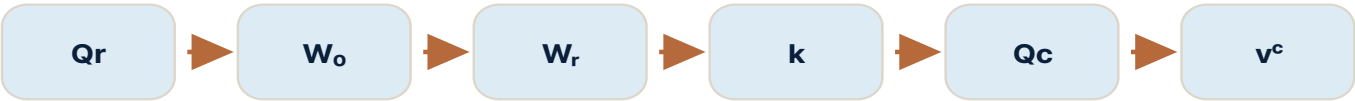
La corrivazione è più adatta a reti con pendenze non piccole e curva aree-tempi quasi lineare.

BACINO	S [ha]	IMP	ϕ	i	L [m]	D [cm]
2	2,5	0,52	0,436	0,009	89	70
3	2,3	0,7	0,535	0,009	115	70
5	1,8	0,55	0,4525	0,007	122	100
2+3+5	6,6	0,59090909	0,475	0,007	122	100
1	2,5	0,52	0,436	0,009	103	70
6	3,6	0,36	0,348	0,007	190	100
1+6	6,1	0,42557377	0,384066	0,007	190	100
8	2,4	0,75	0,5625	0,004	195	150
2+3+5+1+6+8	15,1	0,54940397	0,452172	0,004	195	150
4	2,5	0,28	0,304	0,009	130	60
7	4,5	0,45	0,3975	0,006	243	100
4+7	7	0,38928571	0,364107	0,006	243	100
9	5,9	0,75	0,5625	0,006	184	100
10	6,3	0,75	0,5625	0,003	100	200
2+3+5+1+6+8+4+7+9+10	34,3	0,5880758	0,473442	0,003	100	200

Il metodo dell'invaso introduce la capacità della rete di trattenere volume

Il volume dei piccoli invasi e l'invaso in rete entrano nel calcolo della costante k e della portata critica.

Metodo dell'invaso



Volume specifico

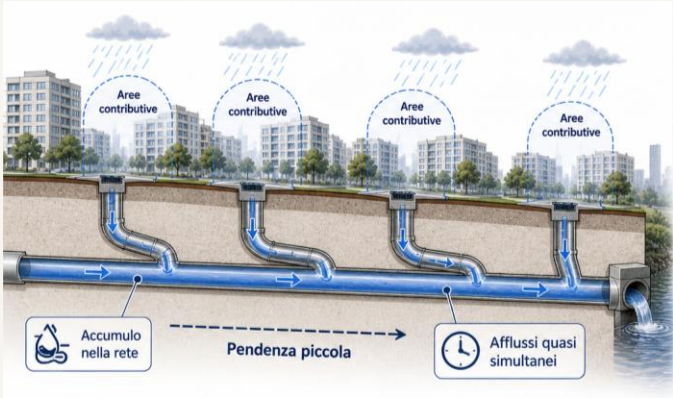
$w_0 = 10 \text{ m}^3/\text{ha imp}$ per i piccoli invasi.

Wr in rete

Assunto pari all'80% dei volumi massimi dei collettori a monte.

Verifica finale

Il controllo su v_c resta 0,4–4 m/s come nella corrivazione.



Insight

L'invaso è più affidabile per reti a piccola pendenza, quando il comportamento può diventare significativamente sincrono.

Q_c / Q_r	h/D	V_c / V_r	V_c
0,715826408	0,65	1,099	3,47122796
0,696791986	0,6	1,072	3,385947565
0,729682016	0,65	1,099	2,884422816
0,667974503	0,6	1,072	3,385947565
0,768230419	0,65	1,099	2,554297186
0,733381541	0,65	1,099	2,530151772
0,742344315	0,65	1,099	2,935757342
0,808642939	0,70	1,012	2,17761375
0,889426011	0,75	1,133	2,753073112
0,798172297	0,70	1,012	2,604639602

BACINO	S [ha]	IMP	ϕ	i	L [m]	D [cm]
2	2,5	0,52	0,436	0,009	89	90
3	2,3	0,7	0,535	0,009	115	90
5	1,8	0,55	0,4525	0,007	122	120
2+3+5	6,6	0,59090909	0,475	0,007	122	120
1	2,5	0,52	0,436	0,009	103	90
6	3,6	0,36	0,348	0,007	190	100
1+6	6,1	0,42557377	0,384066	0,007	190	100
8	2,4	0,75	0,5625	0,004	195	150
2+3+5+1+6+8	15,1	0,54940397	0,452172	0,004	195	150
4	2,5	0,28	0,304	0,009	130	70
7	4,5	0,45	0,3975	0,006	243	100
4+7	7	0,38928571	0,364107	0,006	243	100
9	5,9	0,75	0,5625	0,006	184	120
10	6,3	0,75	0,5625	0,003	100	220
2+3+5+1+6+8+4+7+9+10	34,3	0,5880758	0,473442	0,003	100	220

Corrivazione e invaso non competono: descrivono comportamenti idrologici diversi

La scelta del metodo dipende da pendenza, tempi caratteristici e capacità della rete di accumulare volume.

Corrivazione

Reti con pendenza non piccola e curva aree-tempi non troppo distante da un andamento lineare.

Invaso

Reti a piccola pendenza dove si può instaurare un comportamento più sincrono.

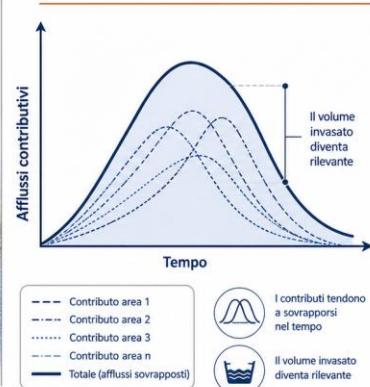
Sole piogge

Bacini superficiali piccoli o tempi di corrivazione molto brevi.

RETI A PICCOLA PENDENZA

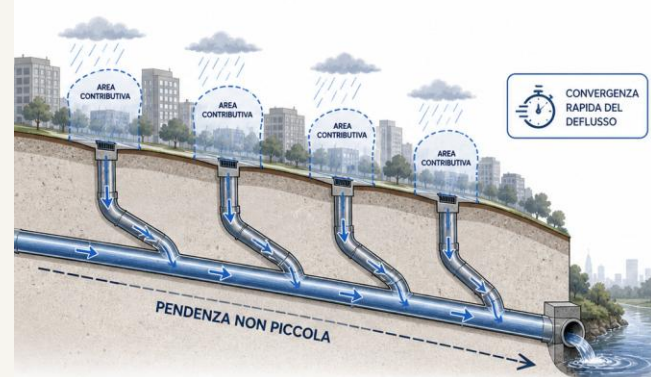


COMPORTAMENTO SIGNIFICATIVAMENTE SINCRONO

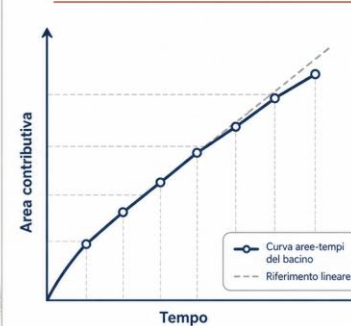


Il metodo dell'invaso è più affidabile quando la rete ha **pendenze ridotte** e i contributi tendono a **sovrapporsi nel tempo**.

RETI CON PENDENZE NON PICCOLE



CURVA AREE-TEMPI QUASI LINEARE



Il metodo della corrivazione è più affidabile quando il deflusso **converge rapidamente** e la risposta del bacino è **quasi lineare**.

La rete nera è dimensionata sul servizio continuo e sul rischio di sedimentazione

Il coefficiente udometrico e il diametro minimo garantiscono portate compatibili con manutenzione e salubrità.

Vc	VER
0,631806344	VERIFICATA
0,631806344	VERIFICATA
0,764003575	VERIFICATA
0,631806344	VERIFICATA
0,714029948	VERIFICATA
0,745692706	VERIFICATA
0,631806344	VERIFICATA
0,700543982	VERIFICATA
0,702051076	VERIFICATA
0,806520174	VERIFICATA

Tabelle originali rete nera e verifiche vc

Sequenza di dimensionamento

- 1 calcolo della portata Qn
- 2 ipotesi dei diametri di condotta
- 3 calcolo di Qr e Qn/Qr
- 4 ricavo vc/vr e verifica di vc

u_n = 1,5

l/s/ha

Dmin = 200

mm

0,4 m/s

minimo anti-sedimentazione



Prima pioggia e vasca volano trasformano il picco in volume gestibile

Le vasche separano il carico inquinante iniziale dalla laminazione idraulica delle portate eccedenti.

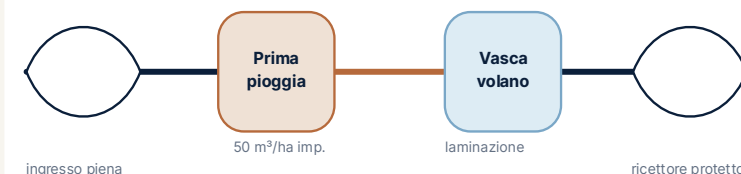
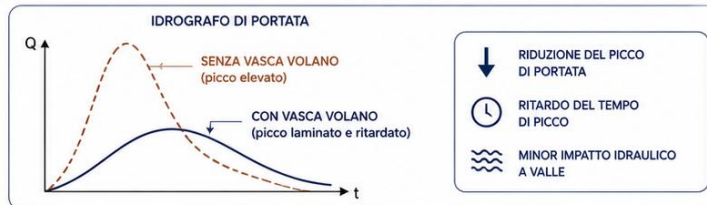
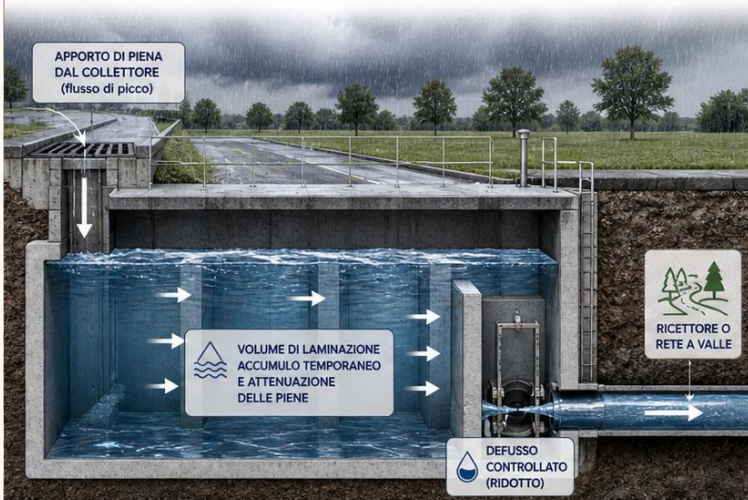
Vasca di prima pioggia

Accumulo del primo volume inquinato



Vasca volano

Laminazione dei picchi di piena



Prima pioggia

Accumula il volume iniziale da avviare a depurazione prima dello scarico delle portate eccedenti.

Vasca volano

Riduce la portata di piena quando il ricettore non è compatibile con il picco.

</> Riferimento Lombardia

Il valore indicato nell'elaborato è 50 m³/ha imp per recapito in corpi idrici significativi.

Il dimensionamento della vasca volano confronta più metodi per fissare il volume minimo

Invaso, corrivazione e sole piogge forniscono tre letture del volume di laminazione in funzione della durata critica.

METODO INVASO		
COEFFICIENTI	VALORI	
T DI RIT.	20	anni
Qmax	0,40342	m3/s
a	55	
n	0,4	
Kt	0,043380174	ore
	156,1686264	sec
C	0,945	
Qc	10,34523001	m3/s
	10345,23001	l/s
η	0,03899575	
m	25,64382035	
F	104,175352	
Θw	4,519144896	ore
G	5,974389463	
W0	9652,225769	m3
equazione 1	4,15128E-06	
D(n)	0,632426157	
n	0,399165843	
equazione 2	5,974389463	

Estratto originale: metodo dell'invaso per vasca volano

$$n \cdot F + (1 - n) \cdot \ln \left(\frac{\frac{m}{D} \cdot F^{n-1}}{\frac{m}{D} \cdot F^{n-1} - 1} \right) - \frac{D \cdot F^{2-n}}{1 - e^{-F}} = 0$$
$$G(n, m) = \frac{F^n}{D} - \frac{F^{n-1}}{D} \cdot \ln \left(\frac{\frac{m}{D} \cdot F^{n-1}}{\frac{m}{D} \cdot F^{n-1} - 1} \right) - \frac{F}{m} - \frac{1}{m} \cdot \ln \left[\left(\frac{m \cdot F^{n-1}}{D} - 1 \right) \cdot (1 - e^{-F}) \right]$$

Volumi finali dal confronto

W-invaso 8643,675768 m³

W-corrivazione 8644,682053 m³

W-sole piogge 8769,886992 m³

La vicinanza tra invaso e corrivazione rafforza la robustezza della stima; il metodo delle sole piogge risulta leggermente più cautelativo.

METODO CORRIVAZIONE		
COEFFICIENTI	VALORI	
T DI RIT.	20	anni
Qmax	403,4200002	l/s
a	55	
n	0,4	
Qc	8485,662909	l/s
η	0,047541365	
m	21,03431388	
	-1,46258E-10	
Θw	4,540541125	ore
	272,4324675	min
W0	9653,232053	m3

$$W = 10 \cdot \varphi \cdot S \cdot a \cdot \theta^n + 1.295 \cdot T_0 \cdot Q_u^2 \cdot \frac{\theta^{1-n}}{\varphi \cdot S \cdot a} - 3.6 \cdot Q_u \cdot \theta - 3.6 \cdot Q_u \cdot T_0$$

mentre l'equazione (6) diviene:

$$2.78 \cdot n \cdot \varphi \cdot S \cdot a \cdot \theta_w^{n-1} + 0.36 \cdot (1 - n) \cdot T_0 \cdot Q_u^2 \cdot \frac{\theta_w^{-n}}{\varphi \cdot S \cdot a} - Q_u = 0$$

Estratto originale: metodo della corrivazione per vasca volano

Il valore del progetto nasce dal controllo dell'intero ciclo dell'acqua

Acquedotto, sollevamento e fognatura sono stati verificati come un unico sistema tecnico, mettendo in relazione continuità del servizio, sicurezza idraulica ed efficienza gestionale.



Resilienza

scenari ordinari, emergenza e antincendio



Efficienza

diametri, perdite e punto di lavoro



Sostenibilità

laminazione, separazione e tutela del recettore

