

Dimensionamento fognatura bianca - formula razionale

È un metodo di progetto che fornisce la **portata al colmo** Q_M della piena originata da un evento meteorico con tempo di ritorno T .

La stessa portata al colmo Q_M è fornita dal *modello cinematico* (che fornisce anche l'intero idrogramma di piena), con le seguenti ipotesi:

- idrogramma costante nel tempo e nello spazio (ragguagliato all'area)
- metodo proporzionale per le perdite
- curva area-tempi lineare

$$Q_M = \underbrace{\varphi i(t_c)}_{i_n(t_c)} A$$

φ = coefficiente di afflusso medio del bacino drenato

t_c = tempo di concentrazione (tempo impiegato dalle gocce cadute nel punto del bacino idraulicamente più lontano a raggiungere la sezione di chiusura)

$i(t_c)$ = intensità media della pioggia (eventualmente ragguagliata all'area A) di durata t_c e tempo di ritorno T

A = area del bacino urbano drenato dal collettore da dimensionare (sezione di chiusura posta sull'estremità di valle di tale collettore)

Formula razionale - Scelta del tempo di ritorno

Per ragioni tecnico-economiche, le fognature pluviali vengono dimensionate accettando a priori un **rischio di insufficienza** non nullo, ovvero accettando che durante gli N anni di esercizio della fognatura si possano verificare portate di origine meteorica di entità superiore rispetto alle **portate di progetto** (per le quali si dimensiona la fognatura prevedendo il moto a pelo libero, e garantendo gli opportuni franchi idraulici).

Quando e se accadranno eventi meteorici particolarmente critici da dare origine a portate maggiori di quelle assunte in fase di progetto, si potranno verificare, durante l'esercizio della fognatura, le seguenti condizioni:

- funzionamento di tratti di fognatura in pressione anziché a pelo libero
- la fognatura può non essere in grado di far defluire l'intera portata pluviale
- allagamenti della sede stradale, dei sottopassaggi, di locali e garages interrati, seminterrati e talvolta a piano terra.

Queste situazioni vengono definite di **insufficienza** o **crisi della fognatura**.

Formula razionale - Scelta del tempo di ritorno

La scelta delle **portate di progetto** dovrebbe essere il risultato di una analisi costi benefici (intesi sia come benefici sociali e ambientali, che come danni economici evitati). Ovviamente, aumentando la portata di progetto:

- ▽ diminuisce il rischio di insufficienza e crisi della fognatura
- ▽ diminuisce la frequenza delle situazioni di crisi della fognatura
- ▽ diminuiscono i danni economici ed ambientali provocati dalle esondazioni
- ▽ diminuiscono i disagi sociali per la popolazione
- △ aumentano le dimensioni ed i costi di costruzione delle opere
- △ aumentano le interferenze con le strutture viarie ed il territorio urbanizzato

La *frequenza delle insufficienze o crisi della fognatura* viene caratterizzata attraverso il **tempo di ritorno** T associato alla **portata di progetto**, ovvero il numero di anni che in media trascorre fra eventi che danno origine a portate pluviali maggiori della portata di progetto.

Formula razionale - Scelta del tempo di ritorno

<i>Tempi di ritorno T [anni]</i>	<i>Condotti fognari e vie d'acqua superficiali</i>
1 ÷ 5	Condotti fognari la cui insufficienza determini scorrimenti idrici superficiali non pericolosi e con possibilità di smaltimento alternativo agevole verso recapiti esterni (aree verdi e/o corpi idrici ricettori)
5 ÷ 10	Condotti fognari la cui insufficienza determini scorrimenti idrici superficiali e/o allagamenti aventi carattere di entità e pericolosità non altrimenti eliminabile
10 ÷ 20	Condotti fognari situati in siti pianeggianti di naturale confluenza delle acque meteoriche, privi di possibilità di smaltimento alternativo delle stesse e la cui insufficienza determini situazioni pericolose
20 ÷ 100	Vie superficiali di convogliamento delle acque meteoriche eccedenti la capacità idraulica delle fognature, in siti urbanizzati in cui l'allagamento provochi danni inaccettabili agli insediamenti

Formula razionale - Calcolo del coefficiente di afflusso

Il metodo percentuale assume le perdite proporzionali all'intensità di pioggia:

$$i_n(t) = \varphi i(t)$$

φ = **coefficiente di afflusso** (mantenuto costante nel tempo)

$i(t)$ = ietogramma della pioggia caduta nel bacino (eventualmente già ragguagliata all'area)

$i_n(t)$ = ietogramma della **pioggia netta** (proporzionale ad i)

Il coefficiente di afflusso φ rappresenta perciò il rapporto fra il volume totale di deflusso di piena ed il volume totale di pioggia caduta nel bacino.

È un metodo molto diffuso per la sua semplicità.

In particolare, uno ietogramma costante di pioggia lorda viene trasformato in uno ietogramma, anch'esso costante, di pioggia netta.

Esistono tante tabelle nella bibliografia tecnica che forniscono il valore del coefficiente di afflusso per varie tipologie urbane. In condizioni eterogenee si può calcolare il coefficiente di afflusso medio $\varphi = \sum \varphi_i A_i / A$, dove φ_i è il coefficiente d'afflusso dell'area elementare A_i e $A = \sum A_i$.

Formula razionale - Calcolo del coefficiente di afflusso

Tabella 8.2 - Valori dei coefficienti d'afflusso in funzione delle varie tipologie urbane.

TIPOLOGIA URBANA	ϕ
parti centrali delle antiche città, con densa fabbricazione, con strade strette e lastricate	0,70 ÷ 0,90
zone urbane destinate a restare con scarse aree scoperte	0,50 ÷ 0,70
zone urbane destinate al tipo di città giardino	0,25 ÷ 0,50
zone urbane destinate a restare non fabbricate e non pavimentate	0,10 ÷ 0,30
prati e parchi	0,00 ÷ 0,25

oppure:

TIPOLOGIA URBANA	ϕ
costruzioni dense	0,80
costruzioni spaziate	0,60
aree con grandi cortili e grandi giardini	0,50
zone a villini	0,30 ÷ 0,40
giardini, prati e zone non destinate né a costruzioni né a strade	0,20
parchi e boschi	0,05 ÷ 0,10

Formula razionale - Calcolo del coefficiente di afflusso

Alcune formule forniscono il valore del coefficiente di afflusso φ in funzione dell'aliquota I_m delle *aree impermeabili* (A_m) del bacino effettivamente connesse alla rete di drenaggio.

Posto A = area totale del bacino, definiamo $I_m = A_m/A$.

- Wisner & P'ng (1983):

$$\varphi = 0.2(1 - I_m) + 0.9I_m$$

contribuisce al deflusso solo il 20% della pioggia che cade sulle superfici permeabili ed il 90% di quella che cade su superfici impermeabil.

- Il gruppo italiano di "Deflussi Urbani" ha recentemente proposto (1997) una formula di struttura analoga, ma meglio calibrata, valida per $I_m > 0.3$:

$$\varphi = \varphi_{perm}(1 - I_m) + \varphi_{imp} I_m$$

T (anni)	φ_{perm}	φ_{imp}
< 2	0.00÷0.15	0.60÷0.75
2÷10	0.10÷0.25	0.65÷0.80
> 10	0.15÷0.30	0.70÷0.90

Formula razionale - Calcolo del tempo di corrivazione t_c

Riferendosi alla sezione valliva di ciascun collettore da dimensionare, si deve calcolare il **tempo di concentrazione** t_c , ovvero il tempo impiegato dalle gocce meteoriche ad attraversare il percorso idraulicamente più lungo.

Occorre perciò determinare il massimo valore della seguente espressione:

$$t_c = t_a + t_r$$

- $t_a =$ **tempo di accesso** è il tempo di percorrenza delle aree scolanti sino al punto di immissione nella rete. Esso può differire per i diversi lotti di una stessa fognatura. Fair (1966) suggerisce i seguenti valori:

centri urbani intensivi con frequenti caditoie	$t_a < 5'$
centri commerciali con basse pendenze	$t_a = 10' \div 15'$
aree residenziali estensive con caditoie non frequenti	$t_a > 20'$

- $t_r =$ **tempo di rete** è il tempo di percorrenza nelle canalizzazioni lungo il percorso idraulicamente più lungo:

$$t_r = \sum_i \frac{L_i}{V_i} \quad \text{oppure} \quad t_r = \sum_i \frac{L_i}{1.5 V_i}$$

L_i = lunghezza della tratta i – esima nel percorso idraulicamente più lungo.

V_i = velocità di moto uniforme corrispondente alla portata di progetto della i – esima tratta (per la tratta in progetto occorre fissare un valore di V_i di primo tentativo ed aggiornarlo dopo aver stimato la portata di progetto)

Formula razionale - Calcolo del tempo di corrivazione t_c

È stata recentemente ricavata (con il metodo del condotto equivalente) la seguente espressione per il calcolo del tempo di accesso t_a per sottobacini sino a 10 ha:

$$t_{ai} = \left[\frac{3600^{\frac{n-1}{4}} 120 S_i^{0.30}}{s_i^{0.375} (a\varphi)^{0.25}} \right]^{\frac{4}{n+3}}$$

t_{ai} = tempo di accesso dell' i -esimo sottobacino [s]

a, n = coefficienti della curva di possibilità pluviometrica, a [mm/h n], n [-]

S_i = superficie dell' i -esimo sottobacino [ha]

s_i = pendenza media dell' i -esimo sottobacino [-]

φ_i = coefficiente d'afflusso medio dell' i -esimo sottobacino [-]

NOTA: qualora il sottobacino i -esimo avesse una pendenza media $s_i < 0.003$, nella formula si pone comunque il valore minimo $s_i = 0.003$