

FORMULE DI RESISTENZA

Canali a pelo libero. Si calcolano ammettendo che la portata di progetto Q transiti in moto uniforme. Con la *formula di Chézy* si determinano la *scala di velocità* $V(h)$ e la *scala di portata* $Q(h)$ rispettivamente con: $V(h) = C(h)\sqrt{R(h)}$ e $Q(h) = A(h)V(h)$, con: i pendenza del tratto di canale; $A(h)$ area bagnata; $R(h)$ raggio idraulico. Si ha: $R(h) = A(h)/P(h)$, con: $P(h)$ perimetro bagnato.

Il coefficiente C può calcolarsi con una delle seguenti espressioni: *formula di Kutter*: $C = 100/(1 + m/R(h))$; *formula di Bazin*: $C = 87/(1 + \gamma/R(h))$; *formula di Manning*: $C = (1/n)R(h)^{1/6}$; *formula di Strickler*: $C = KR(h)^{1/6}$, dove m , γ , n , K sono i coefficienti di scabrezza della superficie interna del canale (tab. A). In sede di progetto non superare con il grado di riempimento i 3/4 dell'altezza massima interna. La velocità media dell'acqua $V(h)$ non deve eccedere i limiti imposti dalla consistenza del materiale di rivestimento (usualmente 2-5 m/s). È necessario il calcolo idraulico di ogni transizione (salti di fondo, cambiamenti di sezione e/o pendenza, convergenti, divergenti, curve, confluenze, sbocchi nei manufatti terminali ecc.), così come il calcolo dei profili di corrente. Si deve considerare l'eventualità di moto vario all'avviamento del moto o al suo arresto e le conseguenti onde di traslazione.

Tubazioni in pressione. In funzione del diametro e del materiale delle condotte il moto può essere *puramente turbolento* (sforzi turbolenti prevalenti sui viscosi), di tipo *misto* o di *transizione* (presenza di sforzi viscosi in prossimità della parete, e di sforzi turbolenti nella zona centrale). Per entrambe le categorie si può usare la *formula di Colebrook*: $1/\sqrt{\lambda} = -2 \log [2,51/(R_e\sqrt{\lambda}) + (1/3,71)(\varepsilon/D)]$ oppure la *formula esplicita di Cozzo* (1977): $1/\sqrt{\lambda} = -2 \log [6,4/R_e^{0,91} + (1/3,71)(\varepsilon/D)]$ con: $\lambda = 2gDJ/V^2$ indice di resistenza (adimensionale); $R_e = \rho V D/\mu$ numero di Reynolds (adimensionale); ρ , μ densità e viscosità del liquido (per l'acqua: $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$; $\mu = 0,00098 \text{ Pas a } 20^\circ\text{C}$); D (m) diametro della tubazione; ε (m) scabrezza della tubazione; V (m/s) velocità media dell'acqua; J (m/m) cadente piezometrica (perdita di carico). La *formula di Chézy*, valida per il moto puramente turbolento (con $2,51/R_e\sqrt{\lambda}$ che tende a 0), nel caso delle correnti in pressione viene adottata esprimendo il coefficiente C con le espressioni di Manning o di Strickler per le quali i valori di n e K sono riportati in tabella A.

Altre *formule* pratiche usuali valide per l'acqua (*Darcy*, *Hazen e Williams*, *Orsi* ecc.) sono in forma monomia: $J = \beta q^n/D^m$. I parametri β , n e m sono funzioni della scabrezza e del tipo di moto che si instaura ($n = 1,75$ per tubi lisci; $1,75 < n < 2$ per tubi con moto turbolento misto; $n = 2$ per moto puramente turbolento). Per esempio: ● la *formula di Darcy* valida per tubi nuovi in acciaio o ghisa non rivestiti internamente, di diametro $D \leq 400 \text{ mm}$: $\beta = (0,00164 + 0,042/D) \times 10^{12}$, $n = 2$, $m = 5$; ● la *formula di Hazen-Williams* valida per tubi nuovi di acciaio non rivestiti internamente, di diametro qualunque: $\beta = 14,7 \times 10^8$, $n = 1,85$, $m = 4,87$; ● la *formula di Orsi* valida per tubi nuovi in acciaio bitumati internamente, di diametro $D \leq 400 \text{ mm}$: $\beta = 13,0 \times 10^8$, $n = 1,83$, $m = 4,87$. Per queste tre formule: J è in m/km, q è in ℓ/s e D è in mm. Alcuni valori di perdita di carico J in m/km, per tubi nuovi, per alcuni diametri e portate sono indicati nella tabella B. Per tubi in *servizio corrente* moltiplicare J per un coefficiente che varia da 1,5 a 2,0. Per diametri $D > 400 \text{ mm}$ usare la *formula di Colebrook*, oppure di Orsi, con ε che varia da 0,03 mm per tubi nuovi, fino a 0,1 mm per tubi in servizio corrente.

A Coefficienti di scabrezza per canali e condotte

Tipo di canalizzazione	Bazin γ ($\text{m}^{1/2}$)	Kutter m ($\text{m}^{1/2}$)	Gauckler-Strickler K ($\text{m}^{1/3} \text{ s}^{-1}$)	Manning n ($\text{m}^{-1/3} \text{ s}$)
Pareti di cemento perfettamente liscio e pareti metalliche senza risalti nei giunti, ambedue con curve.	0,10	0,18	90÷85	0,012
Pareti di cemento in non perfette condizioni. Muratura ordinaria piu' o meno accurata.	0,23÷0,36	0,35÷0,55	70÷65	0,014÷0,015
Pareti di cemento solo in parte intonacate; qualche deposito sul fondo. Muratura irregolare (o di pietrame).	0,46	0,55÷0,75	60	0,018
Terra con erba sul fondo. Corsi d'acqua naturali regolari.	1,30	1,50	40	0,025
Canali in abbandono con vegetazione. Corsi d'acqua con alveo in ghiaia e movimento di materiale sul fondo.	2,0÷2,3	3,00	30	0,035

B Perdite di carico J per tubi nuovi (m/km)

D (mm)		q (ℓ/s)							
		5	10	15	20	30	40	50	80
100	V	0,64	1,27	1,91	2,55				
	Darcy	5,15	20,60	46,35	82,40				
	Orsi	4,50	15,99	33,59	56,86				
	C	4,07	14,03	29,50	48,88				
150	V			0,85	1,13	1,70	2,26	2,83	4,53
	Darcy			5,69	10,11	22,76	40,45	63,21	—
	Orsi			4,66	7,89	16,58	28,06	42,22	99,78
	C			4,16	6,97	14,48	24,38	36,56	86,02
200	V				0,64	0,96	1,27	1,59	2,55
	Darcy				2,31	5,20	9,25	14,45	37,00
	Orsi				1,94	4,08	6,91	10,40	24,58
	C				1,75	3,64	6,11	9,15	21,48

D (mm)		q (ℓ/s)							
		50	80	100	125	150	200	250	300
300	V	0,71	1,13	1,42					
	Darcy	1,83	4,69	7,33					
	Orsi	1,44	3,41	5,13					
	C	1,30	3,05	4,57					
400	V		0,64	0,80	1,00	1,19	1,59	1,99	2,39
	Darcy		0,76	1,14	1,71	2,39	4,03	6,06	8,46
	Orsi		0,88	1,34	2,05	2,90	5,06	7,80	11,12
	C		1,02	1,58	2,44	3,49	6,14	9,53	13,66
500	V				0,53	0,63	0,84	1,05	1,26
	Darcy				0,37	0,52	0,87	1,30	1,82
	Orsi				0,42	0,59	1,01	1,55	2,20
	C				0,48	0,68	1,19	1,84	2,63

V= velocità in m/s; Darcy=formula Darcy;
Orsi=formula Orsi; C= formula Colebrook con $\varepsilon=0$

