

4. Teoria e Normativa

Questa sezione del Manuale Utente contiene la descrizione delle metodologie di calcolo utilizzate nel programma.

4.1) Verifiche in condizione di moto uniforme.

La portata che defluisce per una determinata sezione d'alveo è fornita dalla relazione:

$$Q \text{ (mc/s)} = A \times v_m;$$

dove:

A (mq) = area della sezione trasversale dell'alveo;

v_m (m/s) = velocità media della corrente.

Assumendo il criterio del moto uniforme, cioè immaginando che la linea piezometrica abbia la stessa inclinazione dell'alveo nella direzione della corrente, criterio valido in corsi d'acqua a debole pendenza, la velocità media della corrente può essere espressa dalla relazione Manning-Strickler:

$$v_m \text{ (m/s)} = K_s \times R_h^{2/3} \times (i/100)^{1/2};$$

dove:

K_s ($m^{1/3}s^{-1}$) = coefficiente di resistenza di Strickler;

R_h (m) = raggio idraulico = A / Perimetro bagnato;

i (%) = pendenza dell'alveo nel tratto considerato.

Nel caso di una condotta circolare non in pressione la formula si semplifica come segue:

$$v_m \text{ (m/s)} = K_s \times (D/4)^{2/3} \times (i/100)^{1/2};$$

in cui D è il diametro della condotta.

PROGRAM GEO – Piena3D ver.1.2

Utilizzando invece la relazione di Chézy-Tadini, l'espressione della velocità media assume la seguente forma:

$$v_m \text{ (m/s)} = \chi \times (R_h \times i/100)^{1/2};$$

dove il parametro χ è fornito dalla relazione:

$$\chi = \frac{100}{1 + \frac{m}{\sqrt{R_h}}}$$

con m = fattore di scabrezza secondo Kutter.

Valutata la velocità della corrente, noto il valore dell'area della sezione del corso d'acqua, si può calcolare la portata smaltibile, da confrontare con la portata di piena di riferimento.

Per i valori di K_s (Strickler) e di m (Kutter) letteratura vengono proposti i valori presentati nella seguente tabella:

Tipo superficie	m (m ^{1/2})	K_s (m ^{1/3} s ⁻¹)
CANALI APERTI (Rh ≈1)		
<i>Rivestiti con:</i>		
conglomerati bituminosi	0,33-0,76	57-75
mattoni	0,39-0,76	57-72
calcestruzzo	0,29-0,76	57-77
pietrame ad opera incerta	1,00-4,00	20-50
pietre	2,33-5,67	15-30
<i>Scavati o dragati:</i>		
in terra diritti ed uniformi	0,67-2,33	30-60
in terra con curve uniformi	1,00-4,00	20-50
in terra senza manutenzione o in roccia	1,00-4,00	20-50
CORSI D'ACQUA MINORI (Rh ≈ 2) (larghezza in piena <30 m)		
con sezioni regolari	1,39-4,89	20-45
con sezioni irregolari	3,62-6,99	15-25
torrenti con pochi massi	2,19-4,89	20-35
torrenti con grossi massi	3,63-6,99	15-25
CORSI D'ACQUA MAGGIORI		

PROGRAM GEO – Piena3D ver.1.2

(Rh ≈ 4) (larghezza in piena ≥ 30 m)		
con sezioni regolari	1,53-3,29	30-45
con sezioni irregolari	3,29-5,94	20-30
AREE GOLENALI		
a pascolo	1,50-4,00	20-40
coltivate	1,00-4,00	20-50
con vegetazione spontanea	2,33-4,00	20-30

Il fattore K_s può anche essere valutato direttamente con la relazione, valida in particolare per torrenti e per il tratti medio - alto di fiumi:

$$K_s \text{ (m}^{1/3}\text{s}^{-1}\text{)} = 26 / d_{90}^{1/6};$$

d_{90} (m) = diametro del passante al 90%.

PROGRAM GEO – Piena3D ver.1.2

4.2) Verifiche in condizione di moto permanente.

In questo caso si suppone che la linea piezometrica abbia un'inclinazione differente rispetto a quella dell'alveo. Nel caso di un corso d'acqua a portata costante, cioè senza immissioni o perdite significative nel tratto verificato, il procedimento è quello descritto di seguito.

- 1) Si fissa la portata di piena di riferimento per la quale effettuare la verifica della sezione.
- 2) Si individuano le sezioni di verifica e di controllo, poste ad una distanza l'una dall'altra ΔX . La sezione di controllo è quella, per la quale deve essere nota l'altezza idrometrica per la portata di calcolo o in cui si abbia una situazione di altezza critica. Si ha una condizione di altezza idrometrica critica, quando una determinata portata passa con la minima energia rispetto al fondo (situazione che si ha per esempio in corrispondenza di un salto di fondo). In quest'ultimo caso l'altezza idrometrica è ricavabile utilizzando la relazione:

$$\alpha_c \frac{Q^2 b}{g A^3} = 1$$

dove:

Q(mc/s) = portata del corso d'acqua;

b(m) = larghezza dell'alveo;

g(m/s²) = accelerazione di gravità = 9.81;

A(mq) = area della sezione liquida;

α_c = coefficiente di Coriolis.

Il coefficiente di Coriolis deve essere calcolato con la seguente formula:

$$\alpha_c = \frac{A_{tot} \sum_{i=1}^n \frac{C_i^3}{A_i^2}}{C_{tot}}$$

PROGRAM GEO – Piena3D ver.1.2

in cui:

- n = numero punti del profilo della sezione –1
A_i = area della sezione liquida compresa fra il punto (i) e il punto (i+1) della sezione;
C_i = capacità di portata dell'alveo fra il punto (i) e il punto (i+1) della sezione, data da: $C_i = K_{si} A_i R_{hi}^{2/3}$, dove K_{si} è il coefficiente di scabrezza, sec. Gaukler-Strickler, dell'alveo e R_{hi} il raggio idraulico nel tratto (i);
A_{tot} = area totale della sezione liquida;
C_{tot} = capacità di portata totale dell'alveo, dato dalla sommatoria delle capacità di portata dei singoli tratti.

Se la corrente è di tipo rapido (numero di Froude > 1) la sezione di controllo dovrà essere quella di monte. Viceversa, nel caso di corrente lenta, la sezione di controllo dovrà essere scelta a valle.

3) Si calcola la velocità della corrente nella sezione di controllo attraverso la relazione:

$$v_c = \frac{Q}{A_{tot}}$$

4) Si stima la quota della linea di energia della sezione di controllo con la formula:

$$E_c = h + z + \alpha \frac{v^2}{2g}$$

dove:

- h = altezza idrometrica rispetto al punto più profondo dell'alveo;
z = quota s.l.m. del punto più profondo dell'alveo.

5) Si calcola la pendenza della linea di energia J, sempre nella sezione di controllo attraverso il rapporto:

PROGRAM GEO – Piena3D ver.1.2

$$J_c = \frac{Q^2}{C_{tot}^2}$$

- 6) Si ipotizza un primo valore a tentativo di altezza idrometrica per la sezione di verifica (h_v); in genere si utilizza la stessa altezza inserita o calcolata per la sezione di controllo.
- 7) Si calcola il coefficiente di Coriolis della sezione di verifica, utilizzando la stessa procedura vista per la sezione di controllo.
- 8) Si stima la pendenza della linea di energia della sezione di verifica con la formula:

$$J_v = \frac{Q^2}{C_{tot}^2}$$

in cui, ovviamente C_{tot} è riferito alla sezione di verifica.

- 9) Si calcola la quota della linea di energia della sezione di verifica con la formula:

$$E_v = E_c + \frac{1}{2}(J_v + J_c)\Delta x$$

- 10) Si valuta la quota della linea di energia per il valore fissato di h_v con la formula:

$$E'_v = h_v + z_v + \frac{Q^2}{2gA_v^2}$$

dove:

z_v = quota s.l.m. del punto più profondo dell'alveo della sezione di verifica;

A_v = area della sezione bagnata nella sezione di verifica corrispondente all'altezza idrometrica h_v .

- 11) Si esegue la differenza fra E'_v e E_v . Se questa è inferiore a qualche millimetro si considera la verifica terminata e h_v è l'altezza idrometrica cercata. Se questa invece è superiore a qualche millimetro, si calcola una correzione Δy da applicare alla h_v . La correzione Δy è fornita dalla:

PROGRAM GEO – Piena3D ver.1.2

$$\Delta y = \frac{E_v' - \left[E_c + \frac{1}{2} (J_c + J_v) \Delta x + k \left(\alpha_v \frac{v_v^2}{2g} - \alpha_c \frac{v_c^2}{2g} \right) \right]}{1 - \alpha_v \frac{Q^2 b_v}{g A_v^3} \pm k \alpha_v \frac{Q^2 b_v}{g A_v^3}}$$

in cui:

k = coefficiente che misura la perdita di energia per espansione o contrazione della corrente (per es. per restringimento o allargamento della sezione) e varia da 0.1 a 0.3 per le correnti in contrazione e da 0.3 a 0.5 per le correnti in espansione; ai valori più elevati corrispondono le variazioni più brusche;

b_v = larghezza della sezione di verifica.

12) Si ottiene un nuovo valore corretto di altezza idrometrica sommando h_v e Δy e si ripete la sequenza di calcolo dal punto 7.

Attenzione: le coordinate dei due profili d'alveo (controllo e verifica) vanno inserite rispetto ad un comune piano di riferimento (per esempio il livello del mare).

PROGRAM GEO – Piena3D ver.1.2

4.3) Verifiche in condizione di moto vario.

Nel caso di rapidi restringimenti della sezione dovuti alla presenza di ostacoli all'interno dell'alveo, la corrente subisce immediatamente a monte un innalzamento, un sovrizzo, del livello idrico. Questa situazione si verifica, per esempio, in corrispondenza di restringimenti prodotti dalle pile di un ponte. La stima della variazione dell'altezza idrometrica in questo caso può essere effettuata con il metodo proposto da Yarnell. La formula è la seguente:

$$\Delta y = y K_y (K_y - 0,6 + 5F^2) [1 - r + 15(1 - r)^4] F^2$$

dove:





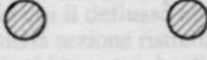
y = altezza della corrente a monte del ponte;

$1-r$ = grado di restringimento dell'alveo, dato da $(b_0-b_1)/b_0$, dove b_0 è la larghezza della corrente a monte del ponte e b_1 è quella ridotta in corrispondenza delle pile dell'opera;

F = numero di Froude, dato dalla relazione $\frac{v}{\sqrt{gy}}$, in cui v è la velocità

della corrente a monte e g l'accelerazione di gravità;

K_y = coefficiente di forma delle pile, variabile da 0,90 a 1,25

forma delle pile	coeff. K_y	forma delle pile	coeff. K_y
	1,25		0,95
	1,05		0,90
	1,05		

La formula di Yarnell è valida nel caso in cui la corrente si mantenga di tipo lento anche in corrispondenza dell'attraversamento.