

Idraulica e Idrologia: Lezione 5

Agenda del giorno

- **Modello CN-SCS: ESERCIZI**

MODELLO CN - SCS

MODELLAZIONE DELLA FORMAZIONE DEL DEFLUSSO: METODO CN-SCS

I modelli di piena sono formati da due moduli

- 1- formazione del deflusso;
- 2- propagazione del deflusso lungo il reticolo idrografico.

Formazione del deflusso

Metodo CN-SCS

Il metodo, proposto dal Soil Conservation Service, assume che il volume specifico di *deflusso superficiale* P_e sia proporzionale alla *precipitazione cumulata lorda* P , depurata dall' *assorbimento iniziale* I_a , secondo il rapporto fra *volume specifico infiltrato* F e *volume specifico di saturazione del terreno* S : (tutti questi termini sono dati in mm)

$$P_e = (P - I_a) \frac{F}{S}$$

MODELLO CN - SCS

Sostituendo ad F l'espressione ottenuta dall'equazione di continuità

$$F = P - I_a - P_e$$

si ottiene

$$P_e = \frac{(P - I_a)^2}{P - I_a + S}$$

Il volume specifico di saturazione S dipende dalla natura del terreno e dall'uso del suolo, globalmente rappresentati dal parametro CN , secondo la relazione

$$S = S_0 \left(\frac{100}{CN} - 1 \right)$$

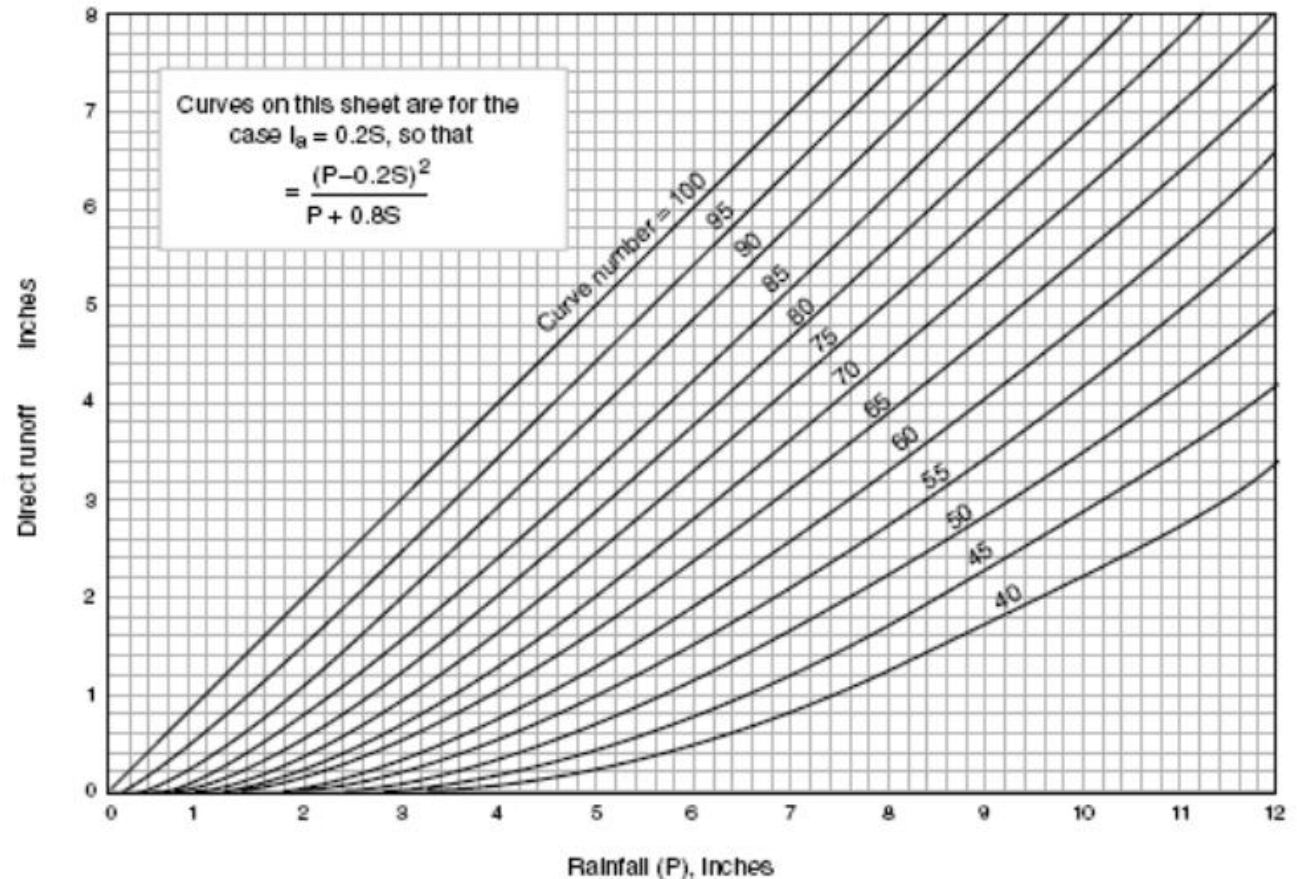
dove

- CN:** parametro compreso (teoricamente) fra 0 e 100, dove $CN=0$ quando tutta la precipitazione si infiltra, e $CN=100$ quando tutta la precipitazione si trasforma in deflusso superficiale. (In realtà l'intervallo di variazione è compreso generalmente fra 40 e 98, con qualche eccezione)
- S_0 :** è un fattore di scala (che riflette le unità di misura adottate e che per valori di S , F e P misurati in mm, è pari a 254 mm - ovvero 10 inches)

MODELLO CN - SCS

$$P_e = \frac{(P - I_a)^2}{P - I_a + S}$$

La figura restituisce il valore di deflusso assegnato il valore di CN e quello di pioggia



Parametro cn

Il parametro CN

CN varia in funzione di 4 diverse classificazioni:

- 1.- classificazione della possibilità di infiltrazione del suolo ('hydrologic soil group')
A, B, C e D (dove A indica i suoli a maggiore infiltrabilità e D quelli a minore infiltrabilità)
2. - uso del suolo (colture disposte a file, pascoli, boschi, etc.), trattamento della superficie (solchi dritti, solchi a reggipoggio, solchi a reggipoggio e terrazzamenti)
3. - condizione di drenaggio (cattiva, discreta, buona)
4. - condizioni iniziali di saturazione dei suoli.

Utilizzando valori tabellati, il parametro CN può essere quantificato per le diverse condizioni specificate sopra nelle classificazioni da 1 a 3 e per un valore medio di saturazione iniziale dei suoli (definito come AMC-II, dove AMC indica Antecedent Moisture Condition, condizione iniziale di saturazioni).

Esistono 3 diverse condizioni AMC (AMC-I, AMC-II e AMC-III, da potenziale di infiltrazione massimo a minimo), definite in funzione dell'altezza di pioggia caduta nei cinque giorni precedenti l'evento.

Parametro CN

Valori del parametro CN per diverse combinazioni di suolo e di copertura: dalla tabella ⇒ si ricava CN(II) e si affina poi la stima di CN in funzione di AMC utilizzando le tabelle ↓

AMC categoria	Altezza di precipitazione nei 5 giorni antecedenti (mm)	
	Stagione di riposo	Stagione vegetativa
AMC-I	< 12.7	< 35.6
AMC-II	12.7-27.9	35.6-53.3
AMC-III	> 27.9	> 53.3

$$CN(I) = \frac{CN(II)}{2.3 - 0.013CN(II)}$$

$$CN(III) = \frac{CN(II)}{0.43 + 0.0057CN(II)}$$

Uso del suolo	Tipo di copertura		Classe del suolo			
	Trattamento o pratica	Condizione idrologica	A	B	C	D
Maggesi	a solchi diritti	–	77	86	91	94
Colture a solchi	a solchi diritti	cattiva	72	81	88	91
	a solchi diritti	buona	67	78	85	89
	a reggipoggio	cattiva	70	79	84	88
	a reggipoggio	buona	65	75	82	86
	a re. e terrazze	cattiva	66	74	80	82
	a re. e terrazze	buona	62	71	78	81
Grani piccoli	a solchi diritti	cattiva	65	76	84	88
	a solchi diritti	buona	63	75	83	87
	a reggipoggio	cattiva	63	74	82	85
	a reggipoggio	buona	61	73	81	84
	a re. e terrazze	cattiva	61	72	79	82
	a re. e terrazze	buona	59	70	78	81
Legumi seminati folti o prati in rotazione	a solchi diritti	cattiva	66	77	85	89
	a solchi diritti	buona	58	72	81	85
	a reggipoggio	cattiva	64	75	83	85
	a reggipoggio	buona	55	69	78	83
	a re. e terrazze	cattiva	63	73	80	83
	a re. e terrazze	buona	51	67	76	80
Pascoli		cattiva	68	79	86	89
		discreta	49	69	79	84
		buona	39	61	74	80
	a reggipoggio	cattiva	47	67	81	88
	a reggipoggio	discreta	25	59	75	83
	a reggipoggio	buona	6	35	70	79
Prati		buona	30	58	71	78
Boschi		cattiva	45	66	77	83
		discreta	36	60	73	79
		buona	25	55	70	77
Aziende agricole		–	59	74	82	86
Strade sterrate		–	72	82	87	89
Str. pavimentate		–	74	84	90	92

Esercizio

Si calcoli il volume di deflusso (in mm ed in metri cubi) defluito da un bacino di estensione pari a 20 km² durante un evento di precipitazione caratterizzato dal seguente ietogramma (si riportano i valori di precipitazione media areale cumulata durante le singole ore):

ora 1: 20.0 mm

ora 2: 35.0 mm

ora 3: 15.0 mm.

La precipitazione complessiva è pari a 70 mm. Si utilizzi il metodo del CN (*curve number*), assumendo per CN un valore pari a 60.

$$S = 254 \left(\frac{100}{60} - 1 \right) = 169.3 \text{ mm}$$

$$I_a = 0.2S = 33.9 \text{ mm}$$

$$P_e = \frac{(70 - 33.9)^2}{70 + 135.4} \cong 6 \text{ mm}$$

ovvero

$$6 \times 10^{-3} \times 20 \times 10^6 = 120 \times 10^3 \text{ m}^3$$

Calcolo del deflusso per singoli intervalli temporali

E' inoltre possibile calcolare il deflusso formatosi in ciascuna ora.

Il calcolo viene effettuato ripetendo l'applicazione della formulazione per ciascuna cumulata oraria progressiva di pioggia, ottenendo la cumulata progressiva di deflusso, e quindi sottraendo a ciascuna cumulata progressiva il valore dell'ora precedente.

Esempio di calcolo del deflusso per singole ore

ora 1 :

$P = 20\text{mm} < I_a$ (non si forma deflusso)

ora 2 :

durante ora1 + ora2 si hanno $55\text{ mm} > I_a$

$$P_e = \frac{(55 - 33.9)^2}{55 + 135.4} \cong 2.3\text{mm}$$

allora $P_e(\text{ora } 2) = 2.3\text{mm}$

ora 3 :

durante ora1 + ora2 + ora3 si hanno $70\text{ mm} > I_a$

$$P_e = \frac{(70 - 33.9)^2}{70 + 135.4} \cong 6.0\text{mm}$$

allora $P_e(\text{ora } 3) = (6.0 - 2.3)\text{mm} = 3.7\text{mm}$

APPLICAZIONE

ANALISI CONSEGUENZE IDROLOGICHE EVENTO 31.05.1995 ESTE

bacino contribuente: 70 ha
altezza di precipitazione: 199.8 mm
(suddivisa in due eventi separati: 1°: 58.2 mm
2°: 141.6 mm)

CN(II) bacino: 72
CN(I): 58
CN(III): 86

per 1° evento: condizioni AMC I; per 2° evento AMC III

1° evento

$$S = 254 \left(\frac{100}{58} - 1 \right) = 183.9 \text{ mm}$$

se $c = 0.2$

$$\Rightarrow P_e = \frac{(58.2 - 0.2 \cdot 183.9)^2}{58.2 + 0.8 \cdot 183.9} = 2.2 \text{ mm}$$
$$\text{coeff.deflusso} = \frac{2.2}{58.2} = 0.04$$

2° evento

$$S = 254 \left(\frac{100}{86} - 1 \right) = 41.3 \text{ mm}$$

se $c = 0.2$

$$\Rightarrow P_e = \frac{(141.6 - 0.2 \cdot 41.3)^2}{141.6 + 0.8 \cdot 41.3} = 101.8 \text{ mm}$$
$$\text{coeff.deflusso} = \frac{101.8}{141.6} = 0.72$$

Problema 1

Si calcoli il volume di pioggia (in metri cubi) affluito su un bacino di estensione pari a 15 km^2 durante un evento di precipitazione caratterizzato dal seguente ietogramma (si riportano i valori di precipitazione media areale cumulata durante le singole ore):

ora 1: 10.0 mm

ora 2: 34.0 mm

ora 3: 22.0 mm

Si calcoli il volume di deflusso utilizzando il metodo del CN (curve number), assumendo per CN un valore pari a 70.

Si calcoli il volume delle perdite iniziali.

Si calcoli il coefficiente di deflusso.

Problema 2

Si calcoli il volume di pioggia (in metri cubi) affluito su un bacino di estensione pari a 45 km² durante un evento di precipitazione caratterizzato dal seguente ietogramma (si riportano i valori di precipitazione media areale cumulata durante le singole ore):

ora 1: 5.0 mm

ora 2: 52.0 mm

ora 3: 12.0 mm

Si applichi il metodo del CN (curve number), assumendo che la superficie del bacino possa essere ripartita in tre zone, caratterizzate ciascuna dai seguenti valori di CN e di estensione areale:

CN=42, area=20 km²;

CN=65; area=20 km²;

CN=75; area=5 km².

Si applichi il metodo del CN-SCS in due modi:

-Applicando il metodo alle tre zone individualmente;

-Calcolando il valore medio (ponderato all'area) di CN, ed applicando il metodo all'area complessiva del bacino utilizzando il valore medio ponderato di CN.

Si calcoli:

- il volume di deflusso;

- il volume delle perdite iniziali;

- il coefficiente di deflusso.

Problema 3

Si consideri un evento di precipitazione, caratterizzato dal seguente ietogramma (si riportano i valori di precipitazione media areale cumulata durante le singole ore):

ora 1: 5.0 mm

ora 2: 30.5 mm

ora 3: 23.5 mm

Si calcoli il valore di deflusso (in mm), generato in ciascuna ora, utilizzando il metodo del CN (curve number), assumendo per CN un valore pari a 75 ed utilizzando per le perdite iniziali la relazione $I_a = 0.1S$.

Soluzione:

deflusso:

ora 1: mm;

ora 2: mm;

ora 3: mm.

Problema 4

Si consideri un evento di precipitazione, caratterizzato dal seguente ietogramma (si riportano i valori di precipitazione media areale cumulata durante le singole ore):

ora 1: 3.0 mm

ora 2: 10.5 mm

ora 3: 23.5 mm

Si calcoli il valore di deflusso (in mm), generato in ciascuna ora, utilizzando il metodo del CN (curve number), assumendo per CN un valore pari a 75 ed utilizzando per le perdite iniziali la relazione $I_a = 0.2S$.

Soluzione:

deflusso:

ora 1: mm;

ora 2: mm;

ora 3: mm.