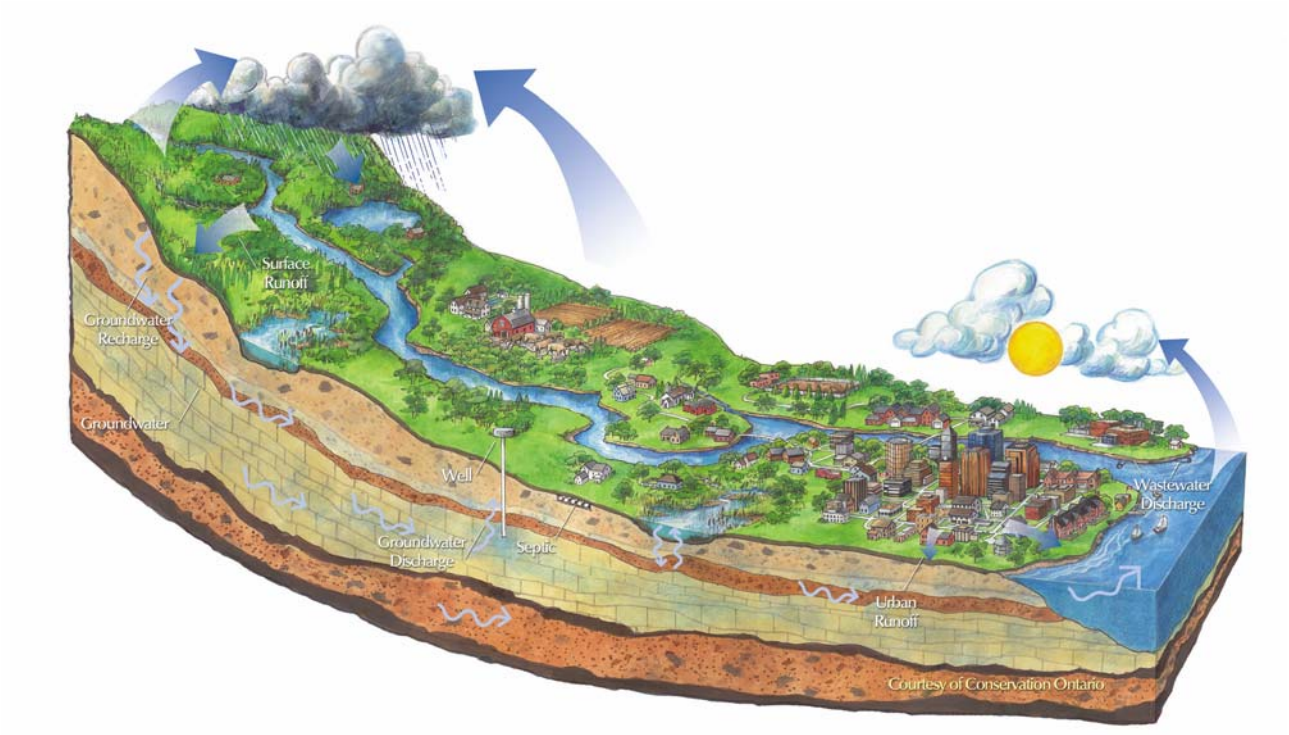
Università della Calabria

FACOLTA' DI INGEGNERIA

Corso di Laurea in Ingegneria per l'Ambiente e il Territorio

CORSO DI IDROLOGIA **Ing. Daniela Biondi**



SCHEDA DIDATTICA N°12

Separazione delle componenti dell'idrogramma di piena

A.A. 2011-12

LA SEPARAZIONE DELLE COMPONENTI DELL'IDROGRAMMA DI PIENA

La dispensa illustra alcune tra le metodologie per l'individuazione delle componenti superficiale e sotterranea di un idrogramma di piena allo scopo di identificare lo ietogramma delle piogge nette.

Saranno presentati alcuni metodi empirici per depurare l'idrogramma di piena della quota di deflusso rappresentante lo scorrimento sotterraneo consentendo quindi il calcolo del corrispondente volume di deflusso superficiale.

Il volume d'acqua che raggiunge la sezione di chiusura in seguito ad una precipitazione può essere scomposto in quattro tipi di contributo:

- *afflusso diretto*: è la precipitazione che cade direttamente sugli specchi d'acqua della rete drenante;
- *scorrimento superficiale* che ha origine inizialmente sul suolo e procede quindi all'interno della rete fluviale. Costituisce il contributo più rapido e, in molti casi, di gran lunga più importante alla piena;
- *scorrimento ipodermico:* è costituito dall'aliquota di precipitazione infiltrata che si muove orizzontalmente nel suolo, nello strato immediatamente sottostante la superficie, ed è generalmente causato da strati impermeabili che ne impediscono la percolazione profonda. In genere i tempi caratteristici dello scorrimento ipodermico sono dello stesso ordine di grandezza di quelli dello scorrimento superficiale ;
- *scorrimento sotterraneo (o profondo):* è l'aliquota d'acqua affluita che raggiunge la sezione di chiusura attraverso lenti fenomeni di filtrazione negli strati più profondi del terreno. Questo contributo all'idrogramma di piena varia dunque piuttosto poco durante l'evento perché risente in maniera limitata degli effetti della pioggia.

In un idrogramma di piena, corrispondente ad un evento particolarmente semplice (intensità di pioggia costante ed uniforme nello spazio), si possono generalmente individuare tre tratti caratteristici. Un primo tratto è caratterizzato da una curva ascendente, che prende il nome di *curva* (o *ramo*) *di concentrazione*, dal punto in cui il corso d'acqua comincia a sentire l'effetto delle precipitazioni sino al colmo dell'onda di piena; a questo ne segue un secondo in cui si sviluppa il colmo dell'onda. Infine, si identifica un terzo tratto caratterizzato da una diminuzione della portata, che prende il nome di *ramo discendente* o *curva di esaurimento*. Tale ramo potrebbe essere ulteriormente scomposto in tre segmenti corrispondenti a tre periodi successivi. Nel primo, il deflusso è dovuto all'esaurimento del contributo della rete idrografica (scorrimento superficiale), dello scorrimento ipodermico e dello scorrimento sotterraneo. Il secondo periodo è dovuto all'effetto combinato di scorrimento ipodermico e sotterraneo, nel terzo, che si prolunga fino all'arrivo di una nuova piena, è presente il solo scorrimento profondo. In quest'ultimo tratto la

portata decresce a partire da un istante t_0 in cui la portata è uguale a Q_0 con un andamento che si può approssimare bene con una legge esponenziale (Fig.1a).

$$Q(t) = Q_0 e^{-(t-t_0)/K}$$

La curva di esaurimento assume quindi un andamento approssimativamente rettilineo sul piano semilogaritmico (Fig.1b), log(Q) – t.

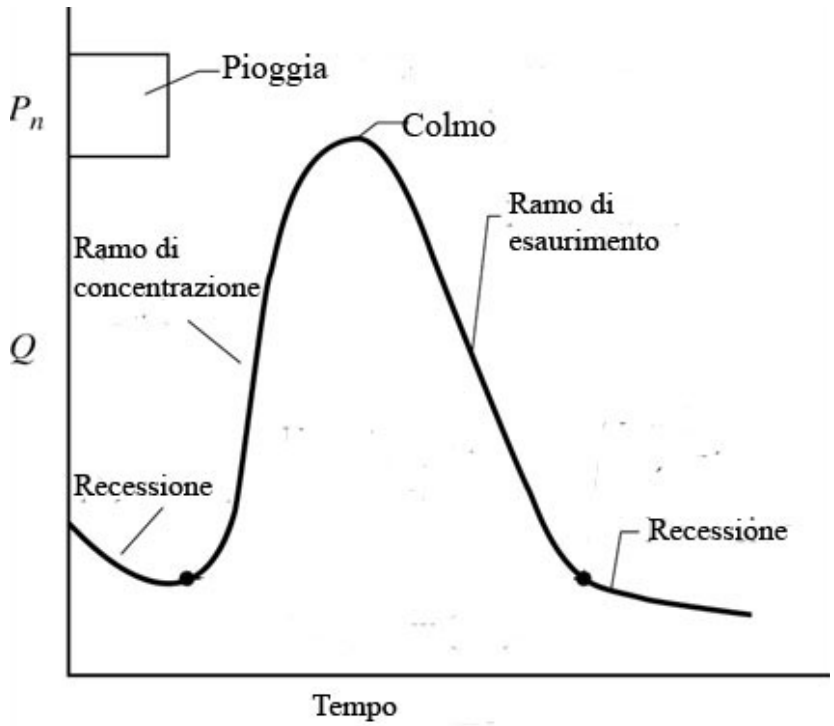


Figura 1a- Andamento tipico dell'idrogramma di piena su carta lineare.

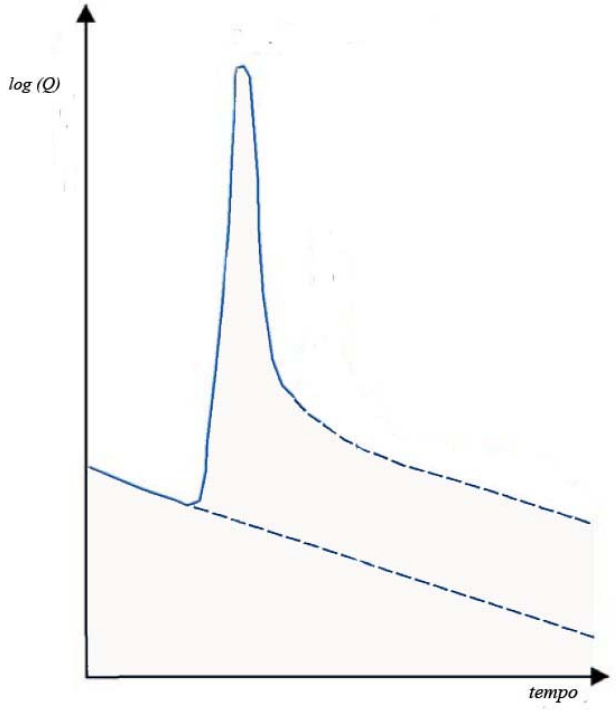


Figura 1b- Andamento tipico dell'idrogramma di piena su carta semilogaritmica.

In pratica è molto difficile individuare esattamente questi quattro contributi; operativamente ci si limita perciò ad individuare, dato un idrogramma di piena, le componenti di scorrimento superficiale e profondo.

A partire da questo tipo di analisi dell'idrogramma è possibile risalire alla separazione delle componenti superficiale e profonda attraverso diversi metodi, di natura per lo più empirica e, pertanto, contenenti elementi di arbitrarietà.

Tra i procedimenti empirici, il più semplice consiste nell'effettuare la separazione tra deflussi superficiali e profondi con una linea orizzontale (Fig.2), tracciata sull'idrogramma a partire dal valore di portata che segna l'inizio del ramo di concentrazione *(A)*.

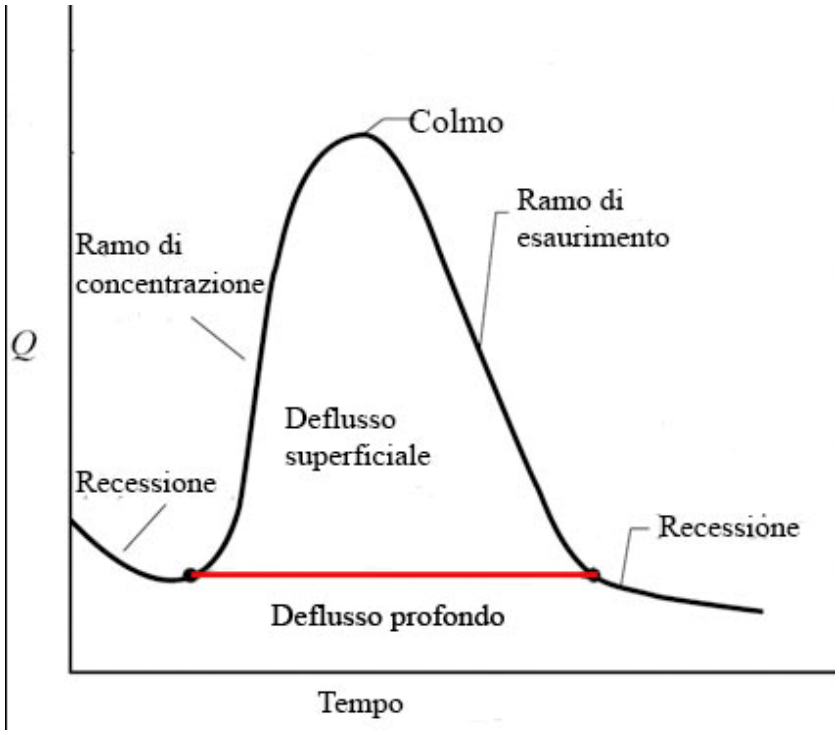


Figura 2- Separazione delle due componenti dell'idrogramma di piena: metodo 1.

Un altro metodo empirico prevede invece la separazione con una retta congiungente i punti sull'idrogramma che corrispondono rispettivamente all'inizio del ramo di concentrazione ed all'inizio del ramo di esaurimento*(B)*.

Il secondo punto può essere individuato (Fig.3) sulla base della seguente formula per la stima dell'intervallo *t* che mediamente intercorre tra il picco dell'onda di piena e l'istante di fine dello scorrimento superficiale:

$$t = 0.854A^{0.235}$$

in cui *t* è in giorni e l'area *A* è in kilometri quadrati.

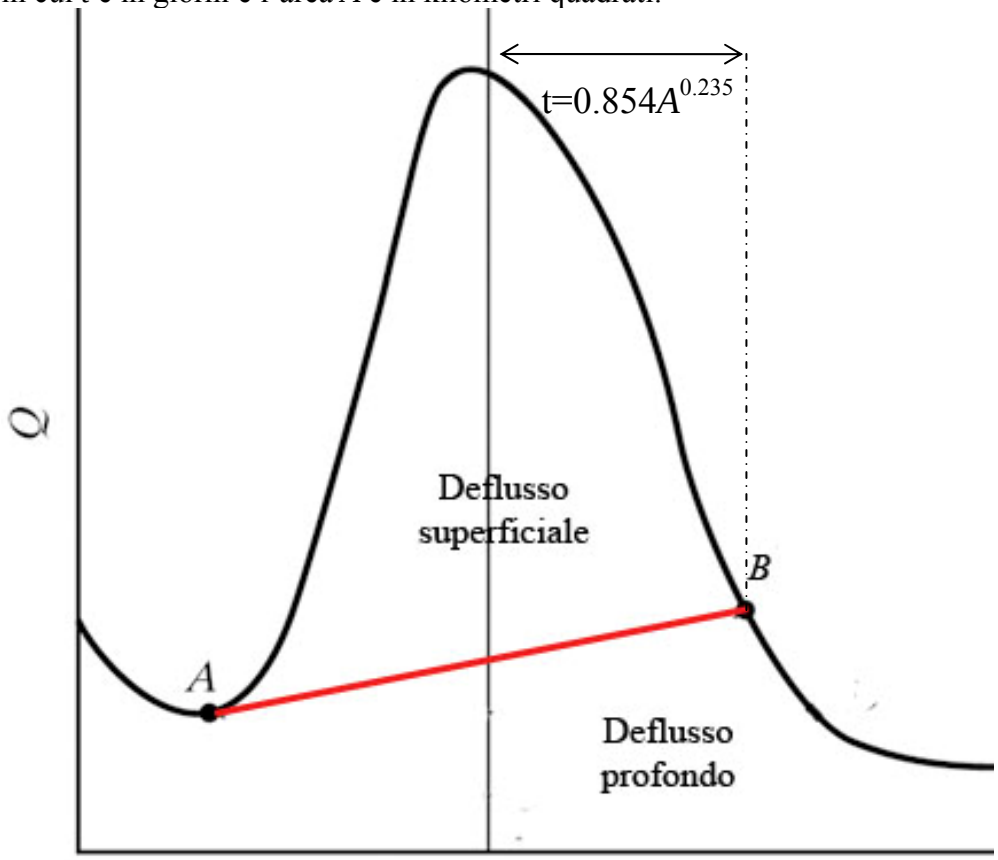


Figura 3 - Separazione delle due componenti dell'idrogramma di piena: metodo 2.

Il punto *B* sull'idrogramma di piena può anche essere definito considerando il tempo di corrivazione del bacino, calcolato ad esempio con la formula di Giandotti, a partire dall'istante in cui cessa la precipitazione (Fig.4).

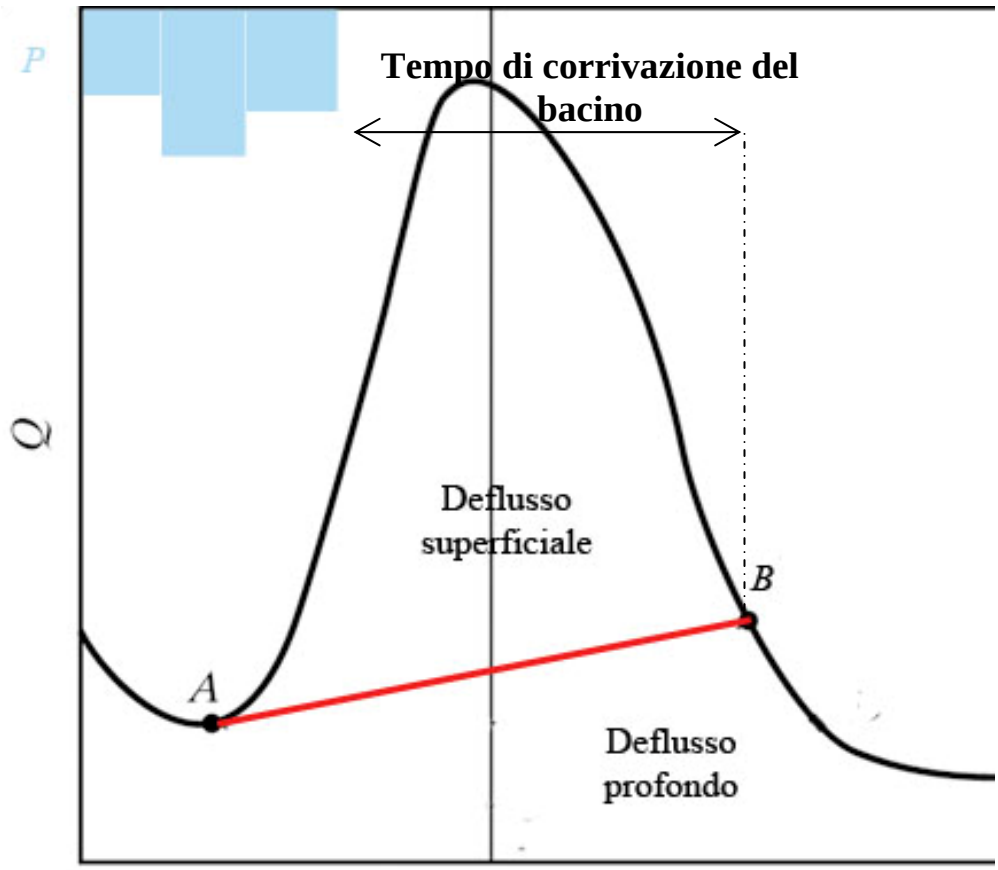


Figura 4 - Metodo 2 con il calcolo del tempo di corrivazione .

Un terzo metodo (Fig.5) consiste nel prolungare la retta che nel piano semilogaritmico descrive l'andamento esponenziale della curva di esaurimento fino in corrispondenza del colmo dell'onda di piena e quindi nel raccordarsi, con un altro tratto rettilineo, al punto che segna l'inizio della curva di concentrazione. La parte dell'idrogramma che rimane al di sopra della spezzata così tracciata si assume essere rappresentativa del solo scorrimento superficiale.

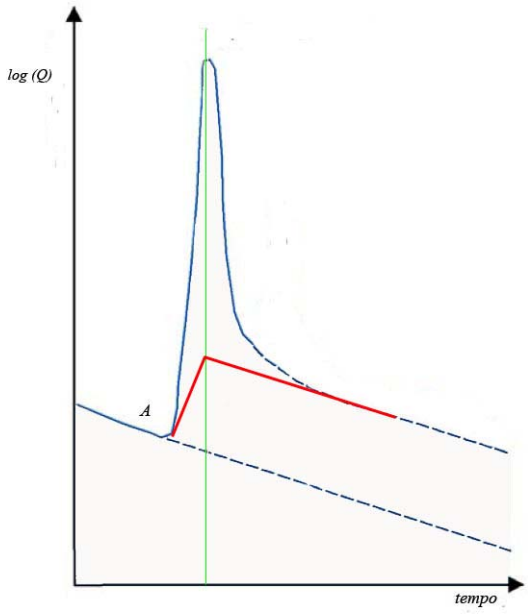


Figura 5 - Separazione delle due componenti dell'idrogramma di piena: metodo 3.

Ancora è possibile prolungare fino all'istante di picco il ramo di esaurimento della piena antecedente all'evento considerato e quindi tracciare un tratto rettilineo fino al punto in cui si è individuato l'inizio del ramo di esaurimento dell'idrogramma (Fig.6).

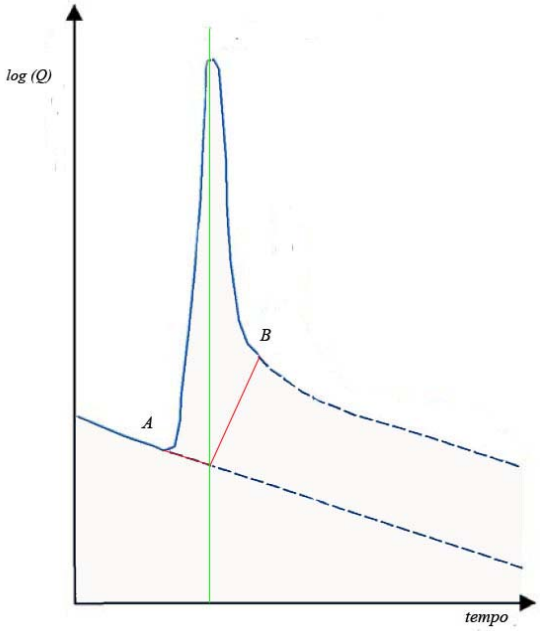


Figura 6 - Separazione delle due componenti dell'idrogramma di piena: metodo 4.

Per ridurre le scelte soggettive che ulteriormente possono introdurre aleatorietà nella stima, è possibile applicare un filtro ricorsivo per la definizione del deflusso superficiale. Trai più usati si riporta quello proposto da Lyne & Hollick (1979):

$$Q_s(t) = \beta Q_s(t-1) + \frac{1+\beta}{2}\left[Q(t) - Q(t-1)\right]$$

dove Q(t) rappresenta la portata totale, Qs (t) rappresenta la portata superficiale e β è il parametro del filtro.

LA SEPARAZIONE DELLE COMPONENTI DEL PLUVIOGRAMMA - MODELLI BASATI SU UN INDICE

Sono qui richiamati alcuni metodi empirici, sviluppati per applicazioni pratiche, che consentono la stima delle piogge nette. I metodi considerati effettuano una stima semplificata del valore cumulato del volume di pioggia netta, sottraendo alla precipitazione totale il volume di pioggia persa, nel quale oltre alle perdite per infiltrazione, sono spesso inclusi anche gli effetti di altre perdite minori (riempimento degli invasi superficiali e dell'intercettazione).

I modelli basati su un indice sono relativamente semplici, ma difficilmente possono essere tarati rispetto alle sole caratteristiche fisiche del terreno.

I più utilizzati sostanzialmente partono dall'applicazione dell'equazione di bilancio:

$$P_{netta} = Qs = P - P_{loss}$$

in cui P_{netta}, P_{loss} e P rappresentano rispettivamente i volumi di pioggia netta, persa e totale per l'evento in esame, e Qs il deflusso superficiale (volume) corrispondente determinato con uno dei metodi illustrato in precedenza.

Metodo dell'indice ϕ

Il metodo ipotizza che le perdite per infiltrazione si mantengano costanti nel corso dell'evento di precipitazione. Per ottenere le piogge nette al passo temporale esaminato basta quindi sottrarre un'aliquota costante, pari a ϕ, alla precipitazione totale.

Nel caso di modellazione di eventi afflussi-deflussi in cui si hanno a disposizione anche le portate osservate, il valore del volume di pioggia netta si pone uguale al volume di piena osservato alla sezione di chiusura del bacino depurato dell'eventuale deflusso di base, cioè al volume del deflusso superficiale.

Lo ietogramma di pioggia netta si ricava, quindi, sottraendo in ogni intervallo temporale, allo ietogramma di pioggia totale la quantità di precipitazione costante ϕ tale da rendere il volume di pioggia netta pari al volume del deflusso superficiale (Fig. 7).

Noto il volume totale di pioggia dall'equazione di bilancio è possibile ovviamente ricavare anche P_{loss}.

In genere si considera anche una perdita iniziale I_a che rappresenta le perdite iniziali dovute all'intercettazione vegetale ed al riempimento di piccoli invasi.

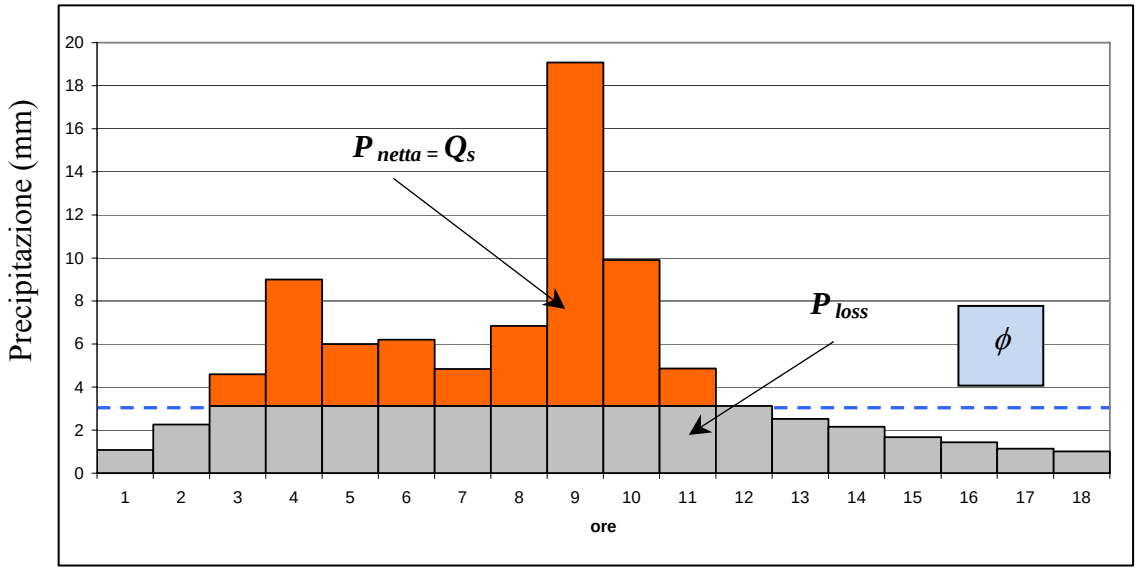


Figura 7 – Depurazione del pluviogramma con il metodo ϕ

Metodo percentuale

Questo metodo ipotizza che le perdite costituiscano una percentuale costante della quantità di pioggia. Si consideri a tal fine il coefficiente di afflusso *C*, caratteristico dell'evento nella sua totalità, come rapporto tra il volume di precipitazione netta (P_{netta}) ed il volume di precipitazione totale (P):

$$C = \frac{P_{netta}}{P}$$

Come nel metodo ϕ si considera l'uguaglianza del volume di pioggia netta con il deflusso di piena osservato, depurato della componente di base.

Lo ietogramma di pioggia netta si ricava, quindi, per ogni intervallo temporale, moltiplicando lo ietogramma di pioggia totale per il coefficiente *C* determinato come sopra.

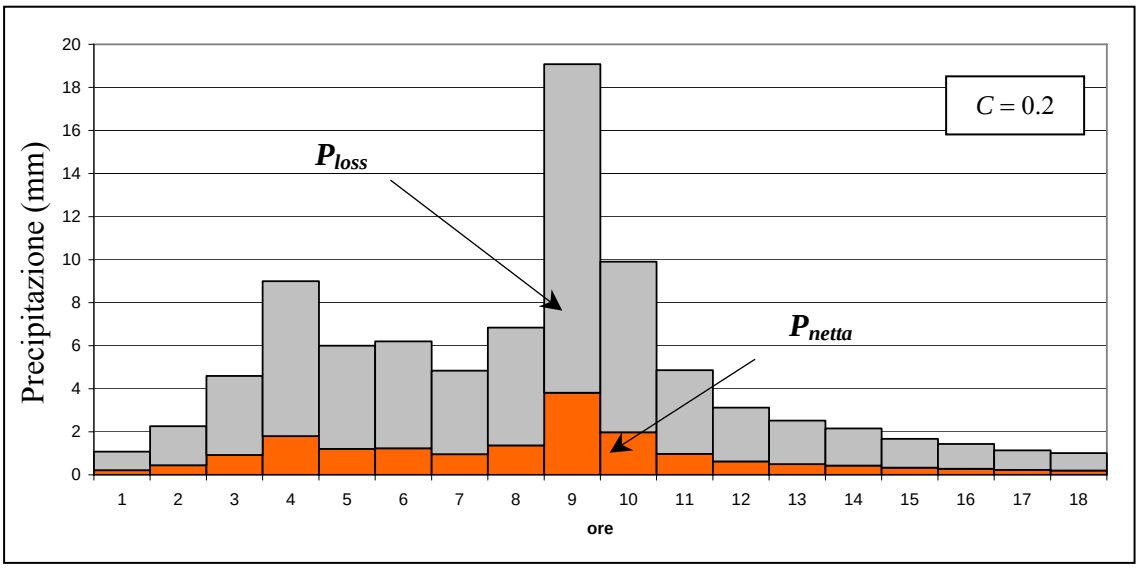


Figura 8 – Depurazione del pluviogramma con il metodo *percentuale*