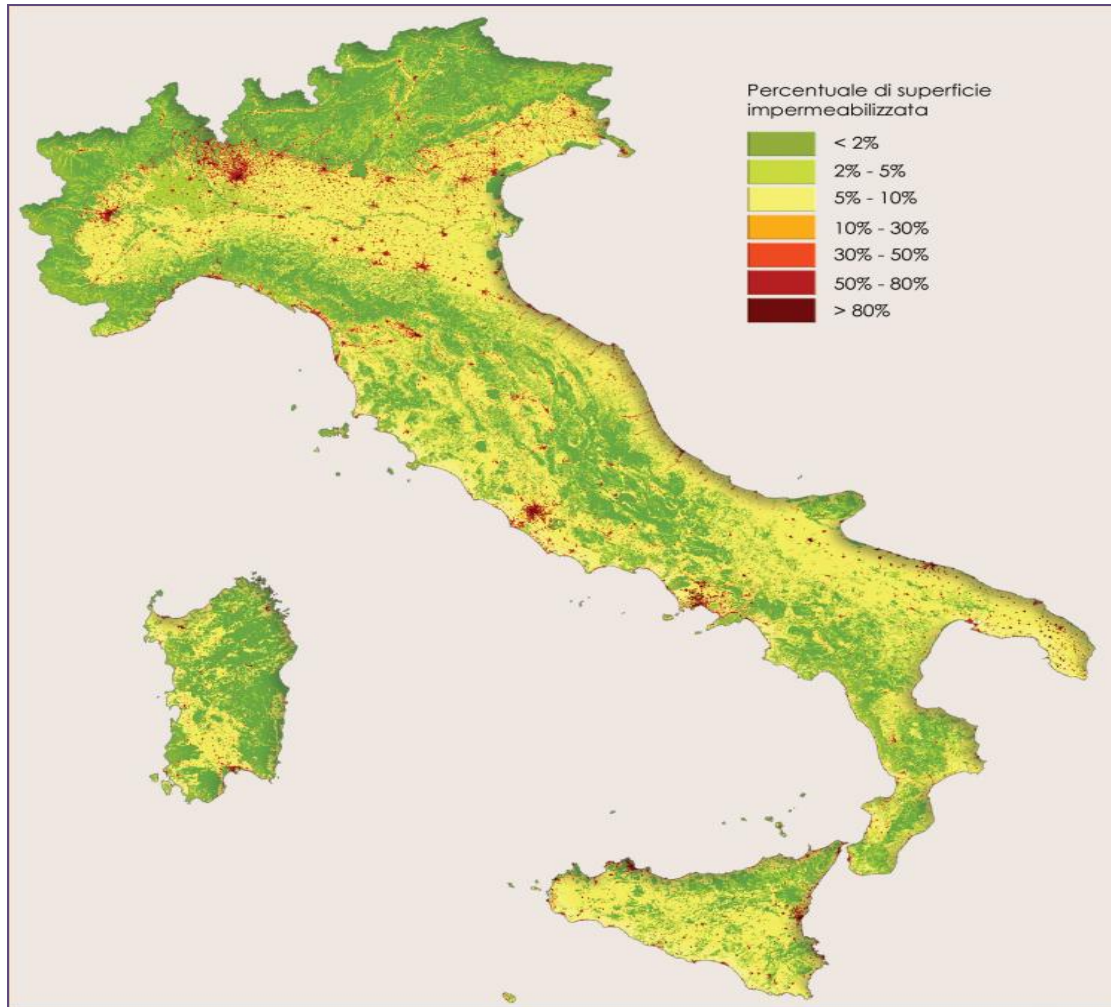


## I BACINI DI INFILTRAZIONE E LAMINAZIONE

(Luigi Fanizzi - ECOACQUE®)

### 1. PREMESSE

Purtroppo nelle aree urbanizzate, così frequenti nel nostro Paese, l'incremento delle portate, legato allo stesso inurbamento (media Italia = 7 %; ISPRA, 2008), la progressiva eliminazione delle aree di libera esondazione e la conseguente drastica riduzione delle aree permeabili e limitazione della loro conduttività idraulica, hanno condotto a situazioni di gravi criticità, con decisi incrementi delle frequenze d'insufficienza e dei conseguenti danni a cose e persone (ISPRA, 2008 - Fig. 1).



**Fig. 1** – Carta nazionale dell'impermeabilizzazione del suolo legata all'urbanizzazione.

Un'attenta considerazione delle possibilità di laminazione ancora presenti nelle periferie può consentire di trovare buone soluzioni, soprattutto quando non sono percorribili né ristrutturazioni delle sezioni idrauliche, per le demolizioni di insediamenti ed infrastrutture che esse richiederebbero, né deviazioni di parte delle portate di piena in canali scolmatori, per la mancanza di idonei recapiti. Nello studio della laminazione conseguente all'espansione delle correnti di piena si deve distinguere il caso in cui tali espansioni si comportano come veri e propri invasi ed il caso in cui esse mantengono una funzione di trasporto della corrente. Nel primo caso, essendo praticamente nulla la velocità, il transitorio è caratterizzato da una traslazione verticale della superficie orizzontale di pelo libero (cosiddetto funzionamento statico, in inglese *uniform storage*): verso l'alto, nelle fasi di riempimento dell'invaso, verso il basso, nelle fasi di svuotamento. Nel secondo caso, invece, è anche presente un movimento di trasporto dell'acqua con componenti di velocità trasversali e longitudinali (funzionamento di tipo *propagatorio*, in inglese non *uniform storage*): ne consegue che la superficie del pelo libero presenta inclinazioni variabili nello spazio e nel tempo in funzione del campo delle velocità che si instaura nei diversi istanti del moto vario.

In relazione a tali differenti comportamenti, nel primo caso lo studio della laminazione può essere condotto con il classico modello governato dall'equazione di continuità dei serbatoi; nel secondo caso, invece, si dovrebbero utilizzare modelli propagatori di tipo bidimensionale, o, almeno, modelli monodimensionali che contengano procedure, sia pure approssimate, che valutino l'effetto d'invaso nelle espansioni. In altri termini, un'area di possibile espansione della piena può funzionare, o può essere organizzata, con argini, alberature, attività agricole, eccetera, in modo tale da funzionare o come invaso puro o come espansione con trasporto, con differenti effetti di laminazione. In quel che segue verrà sinteticamente richiamato il metodo di calcolo basato sul modello classico dell'invaso statico. Gli invasi di laminazione sono bacini artificiali realizzati all'interno dei sistemi di drenaggio urbano allo scopo di ridurre le portate di piena entro limiti prefissati, dipendenti solitamente dalle capacità di convogliamento delle portate da parte del sistema idraulico a valle. Questo tipo di opere possono presentare caratteristiche differenti in relazione al contesto nel quale sono inserite. Esempi tipici di invasi di laminazione sono i bacini di laminazione ed infiltrazione creati da una depressione naturale ovvero artificiale, che opera la riduzione delle portate in ingresso.

## 2. LA LAMINAZIONE DI TIPO STATICO (RAPPRESENTAZIONE MATEMATICA)

I fattori che influiscono sull'effetto di laminazione, operato da un invaso di tipo *statico* sono il volume massimo in esso contenibile, la sua geometria e le caratteristiche di scarico (naturali e/o artificiali). Il processo di laminazione nel tempo  $t$  è perciò descritto matematicamente dal seguente sistema ternario d'equazioni (AA. VV., 1997):

1. Equazione differenziale di continuità:

$$q_e(t) - q_u(t) = \frac{dW(t)}{dt}$$

2. Legge di efflusso che governa l'uscita dall'invaso:

$$q_u(t) = q_u [H(t), t]$$

3. Curva d'invaso, esprime il legame geometrico tra il volume invasato ed il battente idrico  $H$  nell'invaso:

$$W(t) = W [H(t)]$$

dove:

$q_e(t)$  rappresenta la portata entrante;

$q_u(t)$  è la portata uscente;

$W(t)$  è il volume invasato;

$H(t)$  è il battente idrico, nel bacino d'invaso ed infiltrazione.

In generale, il progetto di un invaso di laminazione consiste, essenzialmente, nella determinazione della capacità minima che esso deve avere in termini di volume e nel dimensionamento degli organi di evacuazione della portata in uscita. Questa capacità equivale al volume massimo invasato che, nel caso particolare di onda di piena con un solo colmo, si verifica quando la portata in uscita dall'invaso diventa uguale a quella in entrata. Riportando in un grafico le onde entranti ( $q_e$ ) ed uscenti ( $q_u$ ) da un invaso generico, questa capacità è data dall'area compresa tra le due curve fino al raggiungimento della portata uscente massima  $Q_{umax}$  (Figura 21).

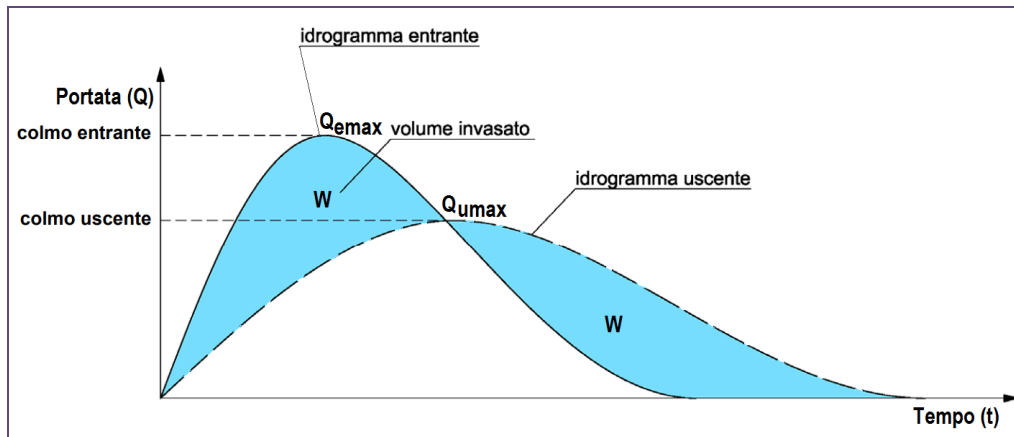


Fig. 2 – Rappresentazione schematica del processo laminativo.

Al raggiungimento della portata  $Q_{umax}$ , durante l'infiltrazione, si raggiunge il massimo invaso nel bacino; l'onda in arrivo, si ripartisce in due componenti, una che si infila verso il recapito finale suolo ed una che entra nel bacino, subendo il processo di laminazione, indicato in figura. La portata che rimane nel bacino, durante l'infiltrazione, non rimane costante, ma cresce e poi decresce, corrispondentemente all'evoluzione della portata in arrivo ed in base alle caratteristiche idrauliche del bacino stesso.

### 3. MODELLO SEMPLIFICATI DI CALCOLO DEL VOLUME DI LAMINAZIONE

La determinazione del volume necessario alla desiderata laminazione può effettuarsi, in generale, attraverso l'integrazione numerica del summenzionato sistema ternario di equazioni per diverse durate di pioggia, ricercando l'evento critico per l'invaso di laminazione (laminazione ottimale). È bene evidenziare che l'evento critico per l'invaso di laminazione generalmente non è necessariamente coincidente con quello a cui corrisponde il valore massimo della portata in arrivo (evento critico per il sistema idraulico in arrivo da monte). Per valutazioni abbastanza approssimate dell'evento critico, per l'invaso di laminazione, si può fare riferimento a modelli basati sullo schema di calcolo semplificato basato sull'ipotesi di laminazione ottimale (ipotizzando, cioè, che durante il colmo di piena, la portata uscente  $q_u(t)$  sia costante e pari alla capacità di infiltrazione  $Q_{umax}$ ). A parità del valore di quest'ultima, il volume invaso  $W$  è, in questo caso, minimo.

### 4. VALIDITÀ DEL METODO SEMPLIFICATO DI DIMENSIONAMENTO.

Le ipotesi di idrogramma costante e di portata in uscita costante, che sono alla base del metodo semplificato esposto, portano evidentemente a valutazioni approssimate. In primo luogo risulta evidente che ipotizzare la portata in uscita costante, prescindendo dai dispositivi reali, fornisce valutazioni che possono differire significativamente, generalmente per difetto. In conclusione, utilizzando questo metodo è opportuno considerare un coefficiente di sicurezza maggiorativo  $v = 1,20 \div 1,30$ , compensativo di tale errore di sottostima (S. Mambretti, 1991; AA.VV., 1997).

### 5. I BACINI DI INVASO, LAMINAZIONE ED INFILTRAZIONE

Al momento in cui si tratti di dimensionare bacini di invaso ed infiltrazione biotopizzati (impianti di trattamento a carattere naturale), è opportuno informarsi su precedenti esperienze locali e/o su puntuali test di percolazione condotti in sito, che sono sempre molto utili; normalmente si utilizzano criteri scientifici, di dimensionamento, che richiedono la conoscenza della conducibilità idraulica "k" del terreno. Quando la superficie freatica si trova sufficientemente al di sotto del piano campagna ( $T \rightarrow \infty$ ), come si può vedere dalla Fig. 1, ad una certa quota (H. Bouwer, 1969; G. Chiesa, 1992):

$$T = 1,50 \cdot (B + 2 \cdot H) \quad (1)$$

il flusso è essenzialmente verticale ( $J \cong 1$ ) e, pertanto, si ha (Equazioni di V.V. Verdenikov, 1946):

$$q = k \cdot (B + A \cdot H) \quad (2)$$

ed

$$l = B + (A \cdot H) \quad (3)$$

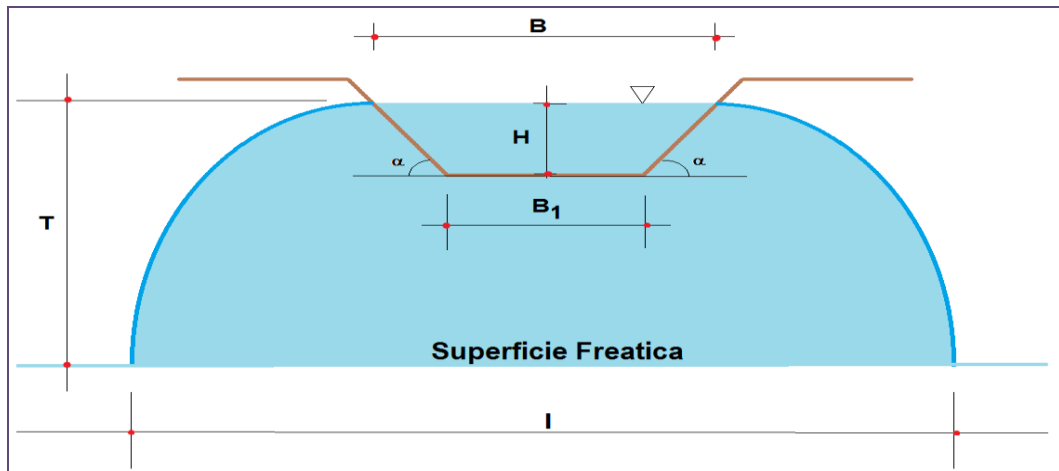


Fig. 1 – Schema di bacino filtrante (sezione trasversale).

Per bacini infiltrativi, di sezione trapezia, per i valori usuali di  $\alpha = 45^\circ$  ( $m = \cot \alpha = 1$ ), quelli della costante adimensionale "A", oltre che dal normogramma generale di V. V. Vedernikov di Fig. 2 (M.E. Harr, 1962), si possono ricavare, in particolare, dalla seguente espressione logaritmica di regressione ( $R^2 = 0,998$ ):

$$A \cong \ln(B/H) + 1,345 \quad \text{e} \quad B_1 = B - 2 \cdot H \cdot \cot \alpha \quad (4)$$

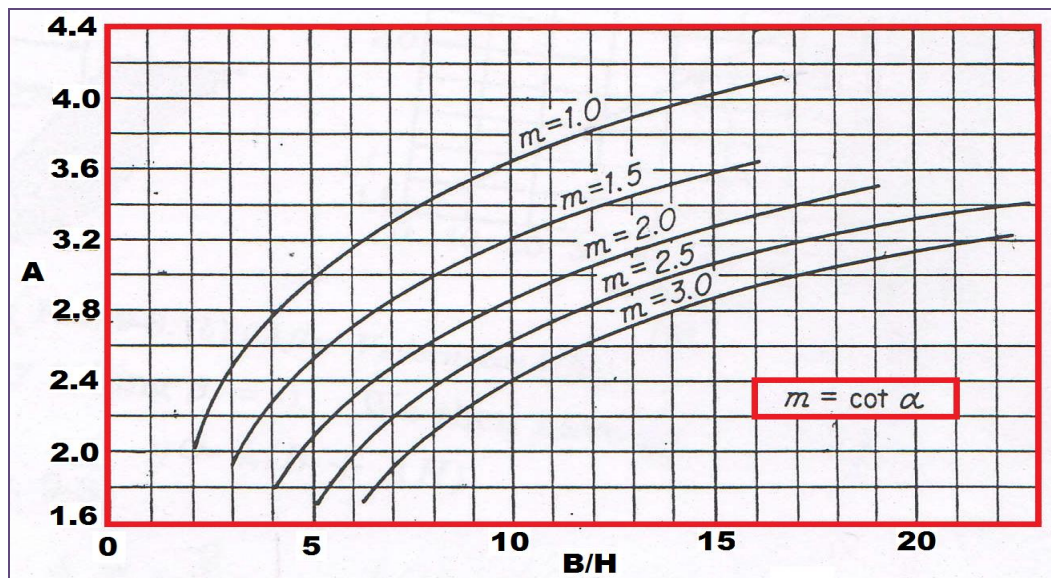


Fig. 2 – Normogramma di V.V. Vedernikov per sezione trapezia (H. Bouwer, 1969).

ove:

$q$  = portata unitaria d'infiltrazione [ $m^2/s$ ];

$l$  = ampiezza della superficie di dispersione [m];

$B$  = larghezza del bacino d'infiltrazione al pelo libero [m];

$B_1$  = larghezza del bacino d'infiltrazione alla base [m];

$H$  = battente idraulico nel bacino infiltrativo [m];

$T$  = dislivello tra il pelo liquido del bacino e la superficie freatica [m];

$K$  = conducibilità idraulica o permeabilità, del sottosuolo superficiale anidro [ $m/s$ ];

$Q$  = portata in smaltimento, nel bacino infiltrativo [ $m^3/s$ ];

$L$  = lunghezza del bacino infiltrativo [m].

Quindi, con ovvio significato dei simboli:

$$L = Q/q \quad (5)$$

La soluzione per un dislivello  $T$  finito non è facile; solo per un determinato valore di  $\alpha = 33,60^\circ$  ( $m = \cot \alpha = 1,5$ ), M. Muskat (1946), ha ricavato, in base alle equazioni di V. V. Verdenikov, il normogramma di Figura 3, solutivo del problema.

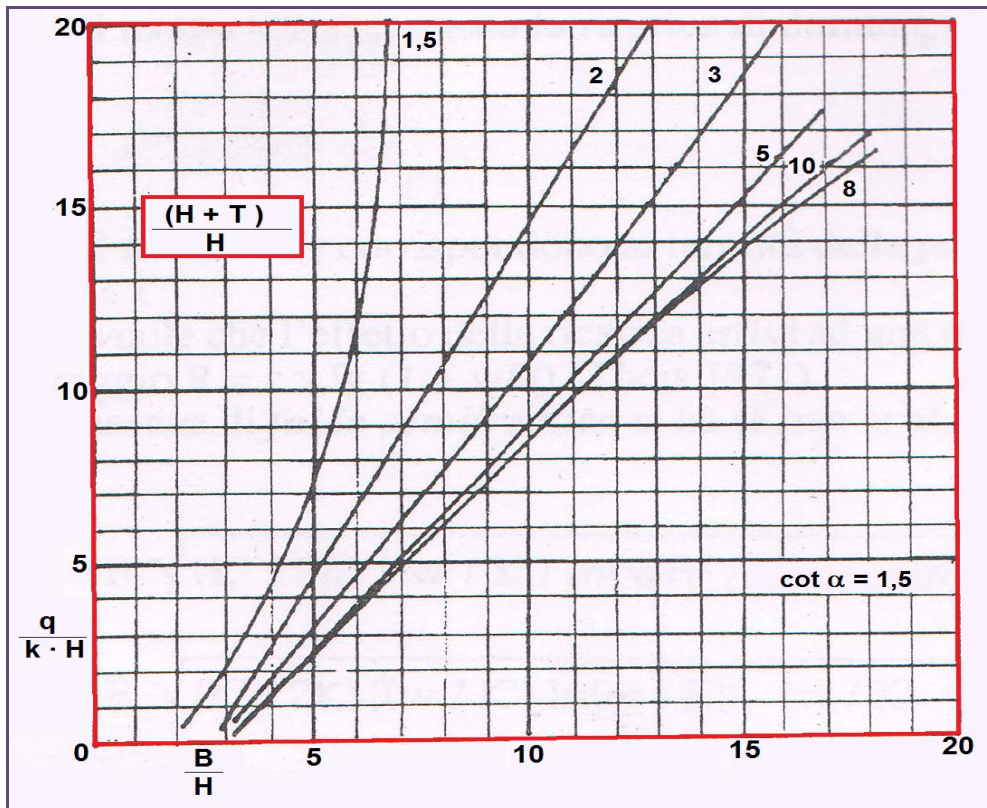


Fig. 3 – Normogramma per canali trapezoidali, con T finito (M. Muskat, 1946).

Come si può dimostrare, a parità di "B" e di "H", il valore della portata, per unità di lunghezza, "q", è maggiore per bacini a sezione rettangolare ( $B = B_1$ ) che per quelle rispettivamente a sezione trapezoidale ( $B > B_1$ ) e triangolare ( $B_1 = 0$  e  $T \rightarrow \infty$ :  $A = 2,12 \cdot \alpha^\circ/180^\circ + 1,47$ ; H. Bouwer, 1969; G. Chiesa, 1992). Anche per la sezione triangolare valgono sempre le equazioni V. V. Vedernikov (2) e (3) ove il valore della costante adimensionale A, si ricava dal nomogramma di Figura 4.

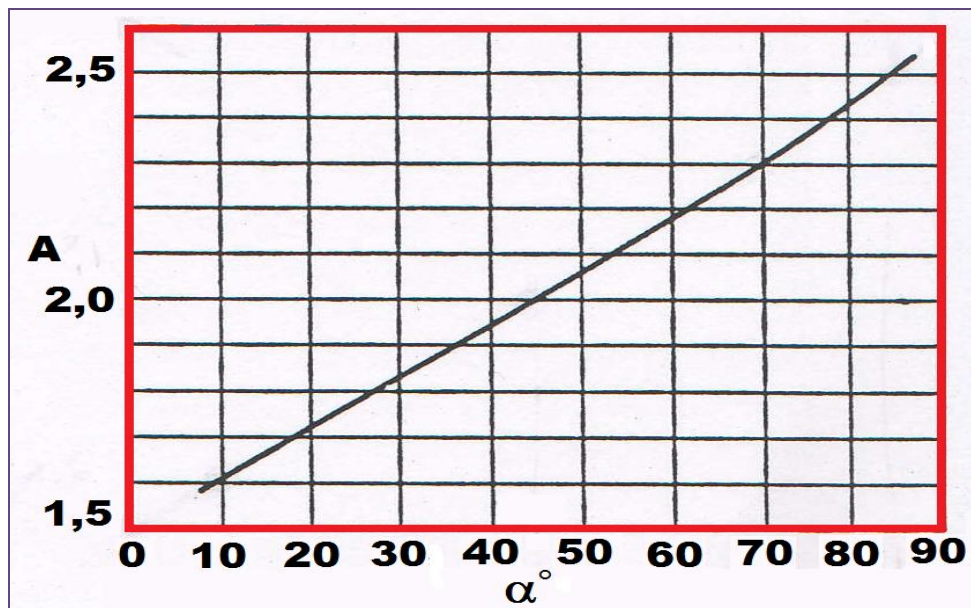
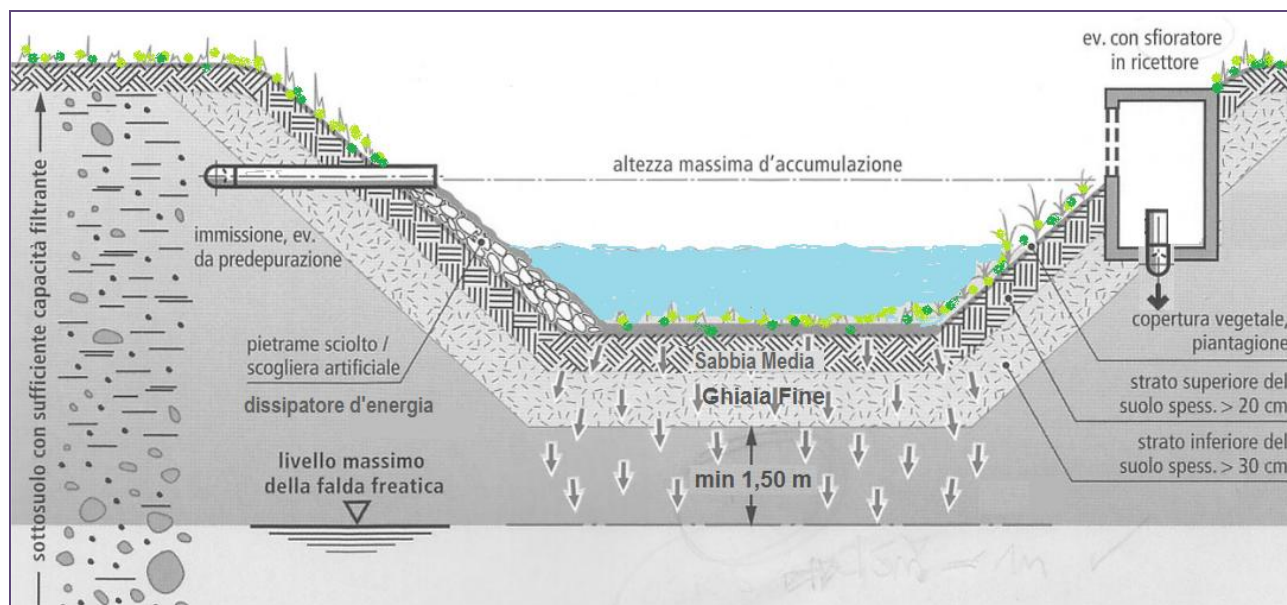


Fig. 4 – Normogramma di H. Bouwer per sezione triangolare (1969).

Anche il *tirante* o battente idrico “**H**”, nel bacino infiltrativo, influisce, su tale valore, in modo direttamente proporzionale. Per i sistemi di infiltrazione nel terreno, ed anche per gli altri sistemi di smaltimento delle acque reflue o meteoriche di dilavamento, nel terreno (scavati ad una profondità tale da attraversare gli strati di copertura, raggiungendo direttamente il sottosuolo drenante), è indispensabile che, per ragioni igieniche, ambientali e funzionali, siano osservate distanze di rispetto adeguate dei vari elementi dell'impianto di dispersione (Art. 94, c. 6, D. Lgs. 3 aprile 2006, N. 152 e s.m.i.).



**Fig. 5** – Schema funzionale di bacino d'invaso ed infiltrazione, biotopizzato.



**Fig. 6** – Esempio di realizzazione di bacino ritentivo-infiltrativo, inerbito, di acque meteoriche.

## BIBLIOGRAFIA

- [1] M. E. Harr (1962): "*Groudwater and Seepage*", McGraw-Hill Book Company, N.Y., USA;
- [2] G. Chiesa (1992): "*La ricarica artificiale delle falde*", Ed. Geo-Graph, Milano;
- [3] V. V. Vedernikov (1946): "*Characteristic Features of a Liquid Flow in Open Channel*". Academy of Sciences, Mosca, USSR.
- [4] H. Bouwer (1969): "*Theory of seepage from open channels – Advances in Hydroscience*", Academic Press, Vol. N. 5, U. S. Department of Agriculture, Phoenix, USA.
- [5] M. Muskat (1946): "*The flow of homogeneous fluids trough porous media*", Edwards, Ann Arbor, Michigan, USA.
- [6] AA.VV. (1975): "*The SuDS Manual*", Department for Environment Food & Rural Affairs, Published by CIRIA, London, UK.
- [7] AA.VV. (1997): "*Sistemi di fognatura – Manuale di Progettazione*", CSDU, Ed. Hoepli, Milano(1997).
- [8] S. Mambretti (1991): "*Metodi pratici per il dimensionamento delle vasche di laminazione in ambiente urbano*", Tesi di laurea, Istituto di Idraulica, Politecnico di Milano.