

LE DEPRESSIONI ERBOSE

(Luigi Fanizzi - ECOACQUE®)

Le depressioni erbose, o "grassed swales", sono canali a cielo aperto, ricoperti da manto vegetale e predisposte in modo da raccogliere il ruscellamento superficiale direttamente dalle superfici impermeabili, si veda Figura 1.



Fig. 1 - Canale erboso con dighe di contenimento.

Questo tipo di dispositivo si presta facilmente ad usi polivalenti, potendo operare con funzioni anche estremamente diverse tra loro, la più comune delle quali è il trasporto della precipitazione verso ulteriori dispositivi di drenaggio. La presenza del manto erboso, mantenendo elevata la capacità infiltrante superficiale e riducendo la velocità di scorrimento, consente di associare all'operazione di collettamento anche quella della dispersione del deflusso nel sottosuolo. Se le caratteristiche di permeabilità e la variabilità stagionale della profondità della falda lo permettono, le depressioni erbose si possono progettare come vere e proprie strutture infiltranti per la dispersione totale della precipitazione. Un secondo criterio è quello di esaltare l'effetto di laminazione delle portate, mediante l'incremento della capacità d'invaso del canale. Tale aumento si ottiene limitando la pendenza longitudinale e, soprattutto, introducendo lungo il percorso piccoli sbarramenti trasversali. In questo modo si realizza una cascata di piccoli invasi, nei quali parte della precipitazione è intrappolata, per essere poi allontanata dal sistema per infiltrazione ed evapotraspirazione. I parametri idraulici da controllare durante la progettazione di un biofiltro sono, di conseguenza, la lunghezza, la pendenza longitudinale e l'altezza del tirante idrico: è opportuno assicurare, per la portata di progetto, un tempo di permanenza della precipitazione di almeno 5 minuti, una velocità di scorrimento non superiore a 0,30 [m/s] e fare in modo che il battente idrico sia il più prossimo possibile all'altezza del manto erboso. La pendenza longitudinale dovrebbe essere compresa tra lo 0,5 % ed il 6 %, con valore ottimale attorno al 2 % (A. Muraca, V. Mangone, 2006). Il coefficiente *n* di Manning da applicare nel calcolo di canali erbosi può essere ricavato dal grafico in Figura 2, in funzione del prodotto della velocità per il raggio idraulico, per diverse altezze della vegetazione.

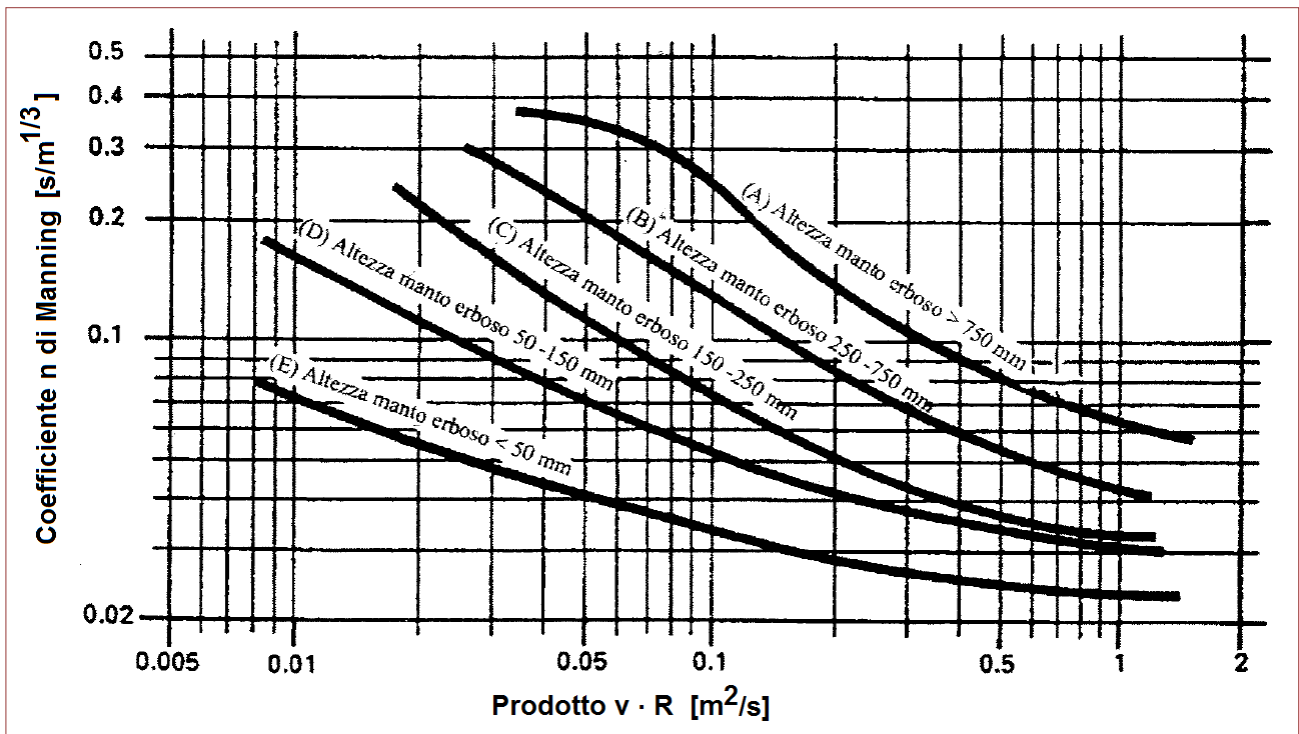


Fig. 2 – Coefficiente n di Manning per diverse altezze del manto erboso in funzione del prodotto $v \cdot R$.

Essendo richiesto un calcolo iterativo, come valori di primo tentativo è possibile assumere $0,20 \text{ s/m}^{1/3}$, per i manti erbosi falciati con regolarità, e $0,25 \text{ s/m}^{1/3}$ per quelli falciati saltuariamente. Le sezioni che si utilizzano, in questo caso, sono larghe e di diversa forma, come mostrato in Fig. 3.



Fig. 3 - Sezioni usuali per le depressioni erbose.

Le depressioni erbose, così dimensionate, mostrano una buona capacità di rimozione delle particelle di dimensioni maggiori come i solidi sospesi, degli idrocarburi e di alcuni metalli, mentre le percentuali di rimozione degli inquinanti disciolti si sono dimostrate estremamente incerte. Durante gli eventi di precipitazione più intensi le particelle depositate ed il suolo sono soggetti, rispettivamente, a risospensione ed erosione, risultando un aggravio del carico di sedimenti trasportato. Rilasci di questa natura sono stati rilevati anche per i nutrienti: analisi sulle rese depurative di fosforo e di azoto hanno indicato come la vegetazione stessa e l'uso di fertilizzanti possano contribuire alla formazione del carico di nutrienti, particolarmente dopo il taglio della vegetazione. Combinando i risultati di differenti studi riportati in letteratura, S. L. Yu ed Altri (2001) hanno tentato di derivare una relazione funzionale tra le caratteristiche idrauliche delle depressioni erbose e la resa di rimozione degli inquinanti. La Figura 4 mostra la correlazione riscontrata tra la resa di rimozione dei solidi sospesi totali nei confronti della pendenza longitudinale e della lunghezza. Sebbene la dispersione dei dati sia tale da rendere le relazioni di regressione puramente indicative di una linea di tendenza, è ugualmente possibile osservare come le migliori rese depurative si verifichino per le pendenze minori e che il progressivo miglioramento del processo con l'aumento di lunghezza tenda asintoticamente ad un valore limite. Per lunghezze superiori a 75 m, gli stessi autori hanno verificato come ulteriori incrementi di rendimento risultino generalmente trascurabili, indipendentemente dalla pendenza adottata.

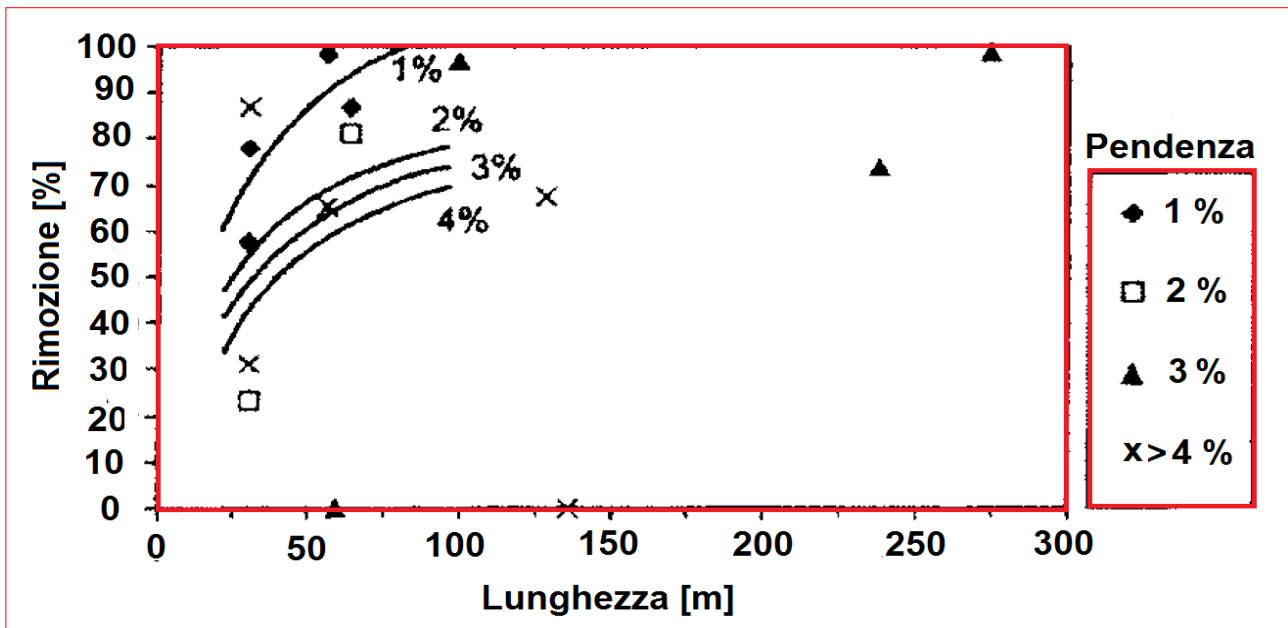


Fig. 4 – Resa di rimozione specifica η dei solidi sospesi totali.

Tipologia di opera	Percentuali di inquinante tipicamente rimosse η [%]				
	Solidi Sospesi	Azoto Totale	Fosforo Totale	Patogeni	Metalli
Depressioni erbose	30 ÷ 65	15 ÷ 45	15 ÷ 45	≤ 30	15 ÷ 45

Tab. 1 – Percentuale di rimozione specifica degli inquinanti per tipologia di opera (US EPA, 1993).

La relazione funzionale, tra il rendimento di rimozione del carico inquinante specifico, il carico idraulico e la pendenza longitudinale della depressione erbosa, può essere ricondotta ad un'equazione di regressione del tipo seguente:

$$\eta = c_1 \cdot s_{ln}^{c_2} \cdot \left(\frac{Q}{L}\right)^{c_3}$$

dove:

η = è il rendimento di rimozione del carico inquinante [n. p.];

Q = è la portata idraulica transitante [m^3/s];

s_{ln} = è la pendenza longitudinale della depressione erbosa [m/m];

c_1, c_2 e c_3 = coefficienti di regressione.

Un ultimo elemento rilevante che caratterizza il miglioramento delle rese di trattamento è stato individuato negli sbarramenti trasversali: l'invaso a monte di ogni stramazzo favorisce l'instaurarsi di condizioni di calma, migliorando ulteriormente i processi di sedimentazione e di dispersione degli inquinanti nel suolo per infiltrazione. Il confronto tra le rese di depressioni erbose di uguale lunghezza ma di diversa pendenza, con l'aggiunta o meno di sbarramenti trasversali, ha dimostrato come la resa depurativa sia più sensibile alla presenza degli sbarramenti che al cambio di pendenza. Il loro uso è comunque sconsigliato qualora la permeabilità del terreno sia modesta, perché la prolungata permanenza di acqua in superficie, oltre ad essere esteticamente sgradevole, potrebbe essere veicolo di maleodorazioni da processi anaerobici e di proliferazione di insetti nella stagione calda. M. P. Wanielista ed Altri (1993), utilizzando un bilancio di massa in una depressione erbosa a sezione triangolare, hanno derivato la seguente espressione per stimare la lunghezza necessaria ad infiltrare l'intero eccesso di precipitazione:

$$L = \frac{\zeta \cdot Q^{\frac{5}{8}} \cdot s_{ln}^{\frac{3}{16}}}{n^{\frac{3}{8}} \cdot k}$$

dove:

L = è la lunghezza della depressione erbosa di sezione triangolare [m];

s_{in} = è la pendenza longitudinale della depressione erbosa [m/m];

Q = è la portata idraulica transitante [m³/s];

n = è il coefficiente di scabrezza di Manning [s/m^{1/3}];

k = è la conducibilità idraulica del terreno [cm/h];

ζ = costante in funzione della pendenza laterale $s_{lt} = 1$ [m]/ Δx [m] hor (Tabella 2).

Δx hor	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
α°	45	27	18	14	11	9	8	7.5	7	6
ζ	98,10	85,40	71,20	61,20	54,00	48,50	44,30	40,85	38,00	35,67

Tab. 2 – Costante ζ in funzione della pendenza laterale.

Indipendentemente dal criterio progettuale adottato, l'ingresso del ruscellamento nel canale dovrebbe svolgersi nel modo più omogeneo ed uniforme possibile, per prevenire i rischi di erosione. In questo senso è da evitare lo sbocco nelle depressioni di condotte fognarie senza adeguata protezione, che possa dare luogo ad elevate velocità localizzate, mentre un'azione molto utile è quella esercitata dall'abbinamento con strisce filtranti, che rilasciano la precipitazione sottoforma di una lamina d'acqua uniforme. Qualora sussistano pericoli di flussi localizzati, è necessario introdurre dei piccoli schermi laterali, in grado di intercettare il flusso in ingresso e di convogliarlo correttamente. L'inserimento delle depressioni erbose nel tessuto urbano è relativamente semplice nei piccoli agglomerati residenziali e commerciali a minore densità edilizia. Il buon comportamento nei confronti dei sedimenti e degli idrocarburi, inoltre, ne ha suggerito l'impiego a servizio di strade a grande scorrimento e autostrade, rispetto alle quali la depressione erbosa si può facilmente porre a lato, lungo la banchina, o all'interno dell'aiuola spartitraffico. Correndo parallele ai bordi delle strade e delle aree drenate, le depressioni erbose possono formare una rete di corridoi verdi e, se abbinate a strisce filtranti, offrire interessanti opportunità per la valorizzazione del paesaggio, la creazione di zone filtro e la ricostruzione di habitat naturali nelle aree urbane. L'attività di manutenzione è limitata alle usuali pratiche di giardinaggio, e consiste nella regolare pulizia del fondo dai sedimenti e dai rifiuti ed al periodico sfalcio della copertura erbosa, la cui crescita eccessiva potrebbe ridurre la conduttività idraulica del canale. In appresso, ad esemplificazione di quanto teoricamente summenzionato, si riporta il dimensionamento di una depressione a servizio di una zona urbana, per un evento di precipitazione piovosa con fissato tempo di ritorno idrologico di 5 anni.

DATI DI PROGETTO

Area bacino urbanizzato: $A_B = 10.000$ [m²];

Area impermeabilizzata: $A_{IMP} = 5.000$ [m²];

$IMP = A_{IMP}/A_B = 0,50$ [n. p.];

Coefficiente di deflusso: $\varphi = 0,90 \cdot IMP + 0,10 \cdot (1 - IMP) = 0,50$ [n. p.];

Pendenza longitudinale della depressione triangolare $s_{in} = 0,015$ [m/m];

Intensità di pioggia di durata pari ad 1 [h] e $T_r = 5$ anni: $i_5 = 75$ [mm/h];

Pendenza laterale delle sponde della depressione: $s_{lt} = 1$ [m] verticale/5[m] orizzontale ($\Delta x = 5$);

Coefficiente di scabrezza di Manning: $n = 0,25$ [s/m^{1/3}];

Tipologia di terreno: medio impasto limoso-sabbioso;

Conducibilità idraulica del terreno: $k = 0,10$ [cm/h].

La portata massima in arrivo alla depressione erbosa, relativa all'intensità di precipitazione piovosa con tempo di ritorno idrologico pari a 5 anni è:

$$Q = \frac{\varphi \cdot A_B \cdot i_5}{3600} \cong 104 \text{ [L/s]}$$

Il massimo tirante idraulico che s'instaurerà nella depressione, in tale evento piovoso, sarà pari a:

$$h = \left(\frac{Q \cdot n}{\sqrt{i_{ln}}} \cdot \frac{2^{\frac{2}{3}} \cdot (1 + \Delta_x^2)^{\frac{1}{3}}}{\Delta_x^{\frac{5}{3}}} \right)^{\frac{3}{8}} \cong 0,40 \text{ [m]}$$

per cui il relativo raggio idraulico e l'area della sezione varranno, rispettivamente (G. Becciu, A. Paoletti, 2013):

$$R = \frac{\Delta_x \cdot h^2}{2 \cdot h \cdot \sqrt{1 + \Delta_x^2}} \cong 0,18 \text{ [m]} \quad \text{e} \quad \Omega = \Delta_x \cdot h^2 = 0,80 \text{ [m}^2\text{]}$$

mentre la velocità varrà:

$$v = \frac{1}{n} \cdot R^{\frac{2}{3}} \cdot \sqrt{i_{ln}} \cong 0,16 \text{ [m/s]} < \mathbf{0,30} \text{ [m/s]}$$

con un prodotto di valore:

$$v \cdot R = 0,03 \text{ [m}^2\text{/s]}$$

per cui si sceglierà un manto erboso, di copertura, con altezza compresa fra 250 [mm] e 750 [mm]. Utilizzando, quindi, l'espressione della lunghezza della depressione erbosa avente scarpa 1/5 si ricava:

$$L = \frac{\zeta \cdot Q^{\frac{5}{8}} \cdot s_{ln}^{\frac{3}{16}}}{n^{\frac{5}{8}} \cdot k} = 100 \text{ [m]}$$

Interessando, in sommità, una specchio liquido di larghezza pari a:

$$B = \frac{2 \cdot \Omega}{h} = 4 \text{ [m]}$$

Il tempo di ritenzione massimo, infine, trascurando gli effetti laminatori, sarà pari a:

$$t = \frac{V}{Q} = \frac{\Omega \cdot L}{Q} = 769 \text{ [s]} \quad \text{ossia circa } 13 \text{ [minuti]} > \mathbf{5} \text{ [minuti]}$$

BIBLIOGRAFIA

- [1] A. Muraca, V. Mangone (2006): "Drenaggio urbano", Ed. Nuova Bios, Castrolibero (CS);
- [2] G. Becciu, A. Paoletti (2013): "Fondamenti di costruzioni idrauliche", Ed. UTET, Torino;
- [3] M. P. Walielista, Y. A. Yousef Wiley (1993): "Stormwater management", Ed. Elsevier, Chichester, UK;
- [4] Shaw L. Yu, Jan-Tai Kuo, E. A. Fassman, H. Pan (2001): "Field test of grass canal system performance in removing runoff pollution", Journal of Water Resource, Planning and Management, Vol. 127, N. 3, Ed. ASCE, Virginia, US;
- [5] US EPA (1993): "Office of water. Guidance to specify management measures for sources of nonpoint pollution in coastal waters", EPA-840-B-92-002, Washington, DC.