

NOME MODULO	Dispersione in falda
APPLICAZIONE	Infiltrazione in falda e successivo trasporto laterale in falda
MODELLO	Lisciviazione e dispersione laterale in falda come riportato in documento IPSRA (vedi bibliografia)
DESCRIZIONE	<p>Il modello “Dispersione in falda” è un modello empirico di screening che permette di stimare la concentrazione di un inquinante rilasciato sul terreno con concentrazione nota e in modalità continua nello spazio 2d sulla base delle caratteristiche chimico-fisiche dell’inquinante stesso e delle caratteristiche del terreno saturo e insaturo.</p> <p>Il modello consta di 2 componenti di analisi che vengono concatenati durante l’elaborazione dei dati: la lisciviazione e la dispersione in falda.</p> <p>La lisciviazione consiste nell’infiltrazione d’acqua piovana all’interno del suolo che, a contatto con i contaminanti, dà origine alla formazione di un eluato che percola attraverso lo strato insaturo (zona vadosa) fino a raggiungere la falda, dove poi avvengono fenomeni di diluizione, trasporto e dispersione. Quindi, tale fattore rappresenta il rapporto tra la concentrazione nella sorgente (Cs) e quella che si avrà nella falda. Il fattore di lisciviazione consente di valutare l’attenuazione subita dalla concentrazione di contaminante dovuta al trasporto dalla sorgente di contaminazione, dal suolo profondo o superficiale, alla falda a causa dell’infiltrazione d’acqua nello strato insaturo di suolo ed alla successiva diluizione nell’acquifero superficiale. Quindi, tale fattore rappresenta il rapporto tra la concentrazione nella sorgente e quella che si avrà nella falda.</p> <p>Il fattore di lisciviazione è stato calcolato seguendo la formula riportata nel manuale IPSRA “Criteri metodologici per l’applicazione dell’analisi assoluta di rischio ai siti contaminati”.</p> $LF = \frac{K_{ws} * SAM}{LDF}$ <p>Dove:</p> <p>Kws è il coefficiente di ripartizione suolo-acqua che tiene conto della ripartizione dell’inquinante tra suolo, acqua e aria;</p> <p>SAM è il coefficiente di attenuazione del suolo, che tiene conto del percorso che l’inquinante fa per raggiungere la falda;</p> <p>LDF è il fattore di diluizione, che tiene conto della diluizione che il contaminante subisce, una volta raggiunta la falda, nel passaggio tra terreno insaturo e terreno saturo;</p>

$$K_{ws} = \frac{\rho_s}{\Theta_w + k_d \rho_s H \Theta_a}$$

dove:

$\rho_s$  è la densità del suolo

$\Theta_w$  è il contenuto volumetrico di acqua

$\Theta_a$  è il contenuto volumetrico di aria

$H$  è la costante di Henry

$K_d$  è il coefficiente di ripartizione suolo acqua dell'inquinante

$$SAM = \frac{d_z}{L_f}$$

$d_z$  è lo spessore della sorgente nel suolo profondo (insaturo)

$L_f$  è la soggiacenza della falda rispetto al top della sorgente

$$LDF = 1 + \frac{V_{gw} * \delta_{gw}}{I_{ef} * W}$$

$V_{gw}$  è la velocità di Darcy

$\delta_{gw}$  è lo spessore della zona di miscelazione in falda

$I_{ef}$  è l'infiltrazione efficace

$W$  è l'estensione della sorgente nella direzione del flusso di falda

La dispersione in falda esprime il rapporto tra la concentrazione di un contaminante in corrispondenza della sorgente secondaria in falda, risultato della lisciviazione e la concentrazione al punto di esposizione situato ad una certa distanza dalla sorgente lungo il verso di flusso.

Al fine del calcolo del coefficiente di dispersione in falda una delle soluzioni analitiche più utilizzate è rappresentata dalla soluzione di Domenico, che fornisce la distribuzione delle concentrazioni in un dominio spaziale tridimensionale, in regime variabile, per effetto dell'emissione continua di un contaminante attraverso una sorgente areale, costituita da un piano perpendicolare alla direzione del flusso della falda idrica, avente dimensioni trasversale  $S_w$ .

$$\frac{C(x,y,z)}{C_0} = \frac{1}{4} \cdot \exp \left[ \frac{x}{2\alpha_x} \cdot \left( 1 - \sqrt{1 + \frac{4\lambda_i \alpha_x R_i}{v_e}} \right) \right] \cdot \left[ \operatorname{erf} \left( \frac{y + 0.5S_w}{2\sqrt{\alpha_y x}} \right) - \operatorname{erf} \left( \frac{y - 0.5S_w}{2\sqrt{\alpha_y x}} \right) \right] \cdot \left[ \operatorname{erf} \left( \frac{z + S_d}{2\sqrt{\alpha_z x}} \right) - \operatorname{erf} \left( \frac{z - S_d}{2\sqrt{\alpha_z x}} \right) \right]$$

dove  $C(x,y,z)$  è la concentrazione nel punto di coordinate  $x, y, z$  (punto di conformità);  $C_0$  è la concentrazione in falda alla sorgente;  $\lambda$  è il coefficiente di biodegradazione del primo ordine;  $R$  è il fattore di ritardo dovuto

all'assorbimento del contaminante su matrice solida;  $S_w$  è la larghezza della sorgente nella direzione  $y$  perpendicolare al flusso,  $S_d (= \delta_{gw})$  è l'ampiezza della sorgente nella direzione  $z$  perpendicolare al flusso, e  $R$  è il fattore di ritardo espresso come

Al fine di semplificare la formula originale, seguendo quanto riportato da Domenico & Schwartz, 1998, dalla produttoria originale è stata eliminata la componente  $z$  e sostituito il coefficiente a moltiplicare di  $\frac{1}{4}$  con  $\frac{1}{2}$ , ottenendo la formula qui seguente, implementata all'interno del modello:

$$\frac{C(x, y, z)}{C_0} = \frac{1}{2} \exp\left[\frac{x}{2\alpha_x}\left(1 - \sqrt{1 + \frac{4\lambda_i\alpha_x R_i}{v_e}}\right)\right] \left[ \operatorname{erf}\left(\frac{y + 0.5S_w}{2\sqrt{\alpha_y x}}\right) - \operatorname{erf}\left(\frac{y - 0.5S_w}{2\sqrt{\alpha_y x}}\right) \right]$$

## BIBLIOGRAFIA

Agenzia per la Protezione dell'Ambiente. "Criteri metodologici per l'applicazione dell'analisi assoluta di rischio ai siti contaminati." (2008)

Domenico P.A. e Schwartz F.W. (1998), Physical and Chemical Hydrogeology, John Wiley and Sons, New York)

## DATA INPUT

- Vettoriale sorgente: shapefile puntuale della sorgente di emissione
- Vettoriale confine: shapefile poligonale dell'area su cui effettuare l'analisi
- Sostanza inquinante: selezionare la sostanza inquinante.
- Tessitura del suolo: selezionare la tessitura del suolo.
- Concentrazione inquinante: concentrazione della sostanza inquinante in sorgente secondaria (Kg/l).
- Densità del suolo: massa volumica apparente che rappresenta il rapporto tra la massa del suolo essiccato ed il suo volume totale. (g/m<sup>3</sup>).
- Profondità della sorgente secondaria: Estensione verticale della sorgente verticale (cm).
- Profondità falda: profondità dello strato di suolo saturo (cm).
- Velocità di Darcy: la velocità media con cui la massa d'acqua si propaga all'interno dell'acquifero (m/h).
- Profondità di miscelazione: ampiezza del plume nel fenomeno di dispersione dei contaminanti in falda (cm).
- Indice di 1° decadimento: Coefficiente di decadimento di primo ordine della sostanza chimica selezionata.
- Direzione falda: direzione prevalente del flusso di falda (°).
- Precipitazioni medie: millimetri di pioggia che cadono mediamente in un anno (mm/anno).

N.B.: Tutti i dati vanno inseriti senza la corrispondente unità di misura (es.: 10 e non 10 m ).

