

CARTA DEL TEMPO DI ARRIVO DI UN INQUINANTE IDROTRASPORTATO (TIME OF TRAVEL) RELATIVA AL TERRITORIO DI PIANURA DELLA REGIONE PIEMONTE

Il metodo del tempo di arrivo TOT (acronimo di **T**ime **O**f **T**ravel) è stato elaborato alla fine degli anni Settanta da una Commissione della Comunità Europea (Commission of European Community - Division XI) nell'ambito di un Programma di Ricerca avente come obiettivo la cartografia della qualità delle risorse idriche.

Tale metodologia si basa sulla valutazione del tempo impiegato da un inquinante, con un comportamento simile all'acqua, a percorrere la distanza tra la superficie del suolo e la falda idrica sotterranea.

Questo periodo, definito "tempo di arrivo", può essere calcolato facendo riferimento alla Legge di Darcy:

$$Q = K A i$$

dove:

Q = portata della falda

A = sezione di acquifero attraversata dal flusso

i = gradiente idraulico

K = conducibilità idraulica

La portata specifica, cioè la portata per unità di superficie attraversata, è pari a

$$Q/A = v = Ki$$

e ha le dimensioni di una velocità [m/s]; infatti è anche chiamata velocità darcyana.

In realtà, il flusso idrico non attraversa tutta la sezione considerata (costituita anche dai granuli), ma solo la parte relativa ai vuoti capaci di far fluire l'acqua sotto la forza di gravità. La velocità effettiva dell'acqua si trova quindi dividendo la velocità darcyana per la porosità efficace n_e .

$$v_e = v/n_e = Ki/n_e$$

Si applica ad ogni strato della zona non satura la relazione: velocità = spazio / tempo,

$$v_e = Ki/n_e = b/t$$

dove:

b = spessore dello strato

e, risolvendo in funzione del tempo

$$t = bn_e/Ki$$

Il tempo di arrivo in falda è calcolato assumendo le massime condizioni di sicurezza nella valutazione della vulnerabilità, cioè saturazione della zona non satura e gradiente idraulico unitario ($i = 1$).

Dati questi presupposti per l'applicazione del modello, ne consegue che il tempo totale di transito è pari alla sommatoria del tempo necessario per attraversare tutti i livelli presenti nel non saturo (cfr. Fig. 10.1):

$$t_{\text{tot}} = \sum b n_e / K$$

dove per i parametri n_e e K sono stati utilizzati i valori della Tabella 10.1.

Tab. 10.1: Valori assegnati ai parametri n_e e k delle classi litologiche della zona non satura

LITOLOGIA	Porosità efficace n_e (%)	Conducibilità idraulica K (m/s)
G1:Ghiaie e ghiaie sabbiose	0,25	$5 \cdot 10^{-3}$
G2:Ghiaie e sabbie siltose, ghiaie e sabbie argillose	0,15	$5 \cdot 10^{-5}$
S1: Sabbie pulite, sabbie e ghiaie	0,3	$5 \cdot 10^{-3}$
S2: Limi sabbiosi, argille sabbiose	0,1	$5 \cdot 10^{-6}$
L: Limi, limi argillosi	0,05	$5 \cdot 10^{-8}$
A: Argille, argille limose	0,01	$5 \cdot 10^{-9}$
AC: Arenarie e conglomerati non fessurati	0,05	$5 \cdot 10^{-6}$
M: Marne	0,02	$5 \cdot 10^{-8}$

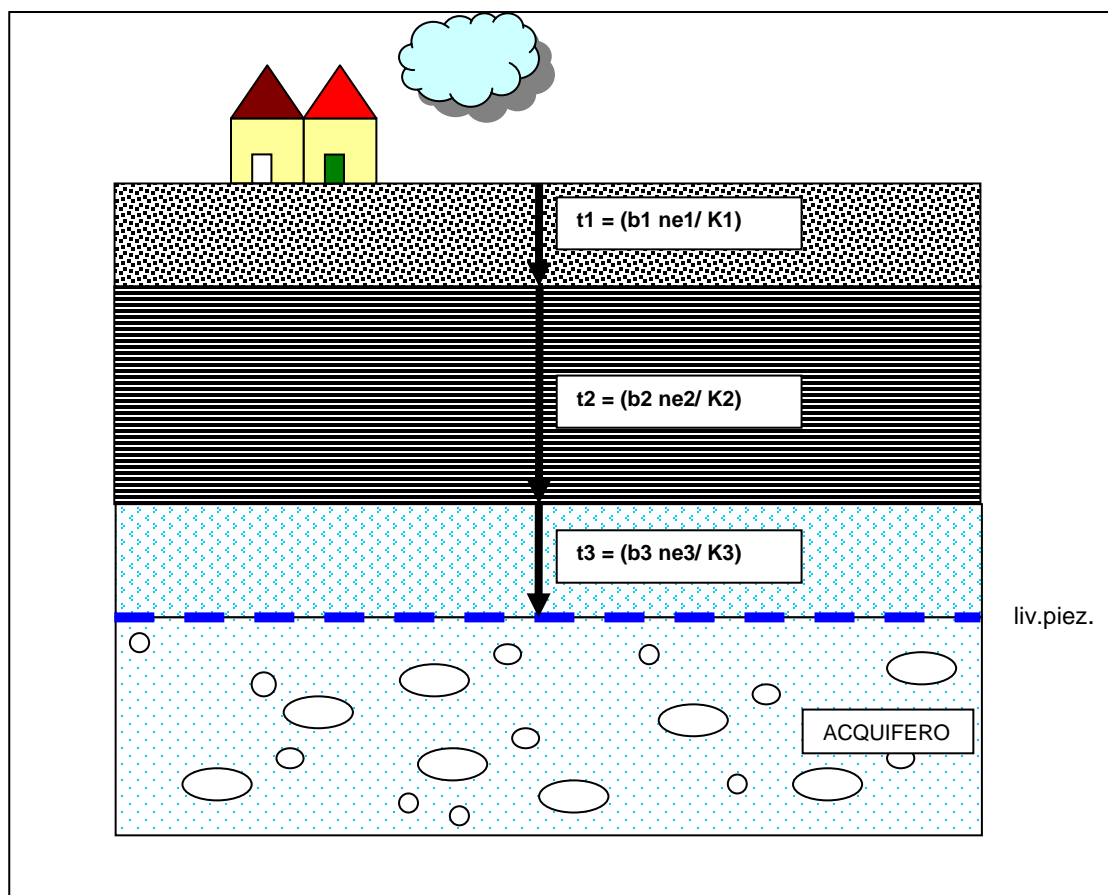


Fig. 10.1: Rappresentazione schematica del calcolo del tempo di arrivo in falda di un inquinante idrotrasportato.

Nella formulazione di tale metodologia, Zampetti (1983) propose le seguenti classi di vulnerabilità:

- V1: zone a vulnerabilità debole e molto debole, corrispondente a tempi di transito lunghi, superiori a 20 anni;
- V2: zone a vulnerabilità media, corrispondente a tempi di transito medi, da 1 a 20 anni;
- V3: zone a vulnerabilità elevata, corrispondente a tempi di transito brevi, da 1 settimana ad 1 anno;
- V4a: zone a vulnerabilità molto elevata, corrispondente a tempi di transito inferiori a 1 settimana;
- V4b: zone carsiche o fessurate, senza protezione superficiale;
- V5: zone in cui la vulnerabilità non è ben definibile alla dimensione scalare usata in studi regionali;
- V6: zone in cui mancano precise informazioni sugli acquiferi;
- V7: zone sterili dal punto di vista idrogeologico.

In De Luca e Verga (1991) la vulnerabilità verticale viene distinta, in base al tempo di arrivo in falda, nelle seguenti sei classi:

TOT	classe di vulnerabilità
- > 20 anni	molto bassa
- 20-10 anni	bassa
- 10-1 anno	media
- 1 anno - 1 settimana	alta
- 1 settimana -24 ore	elevata
- < 24 ore	molto elevata.

10.1 Modalità di esecuzione

Per la realizzazione della Carta del tempo di arrivo di un inquinante idrotrasportato (time of travel) relativa al territorio di pianura della Regione Piemonte, in corrispondenza di ogni stratigrafia utilizzata (circa 2000 punti terra) i terreni del non saturo sono stati normalizzati alle litologie e ai valori indicati in tabella 10.1 ed è stato calcolato il tempo di arrivo in falda secondo la metodologia sopra descritta.

I valori puntuali del tempo di arrivo così trovati sono stati elaborati attraverso un grid. in ambiente GIS utilizzando come spaziatura della matrice, o della griglia, un valore di 30 metri.

Il metodo di elaborazione applicato alle diverse aree ha portato alla caratterizzazione del territorio in quattro classi corrispondenti a intervalli che indicano diverso tempo di transito (cfr. Tab. 10.2):

Tab. 10.2: Classi della carta della vulnerabilità con metodo TOT

INTERVALLI DI VALORE
≤ 1 settimana
1 settimana-1 mese
1 mese-6 mesi
6 mesi-1 anno

10.2 Descrizione della carta del tempo di arrivo di un inquinante idrotrasportato relativa al territorio di pianura della regione Piemonte

Nella pianura piemontese, il tempo di arrivo di un inquinante idrotrasportato è generalmente inferiore a una settimana, soprattutto nell'area di pianura fondamentale. Osservando più in dettaglio la carta, si nota che tutta l'area di pianura fondamentale delle province di Biella, Cuneo, Vercelli e Novara è interessata da un tempo di transito attraverso la zona non satura inferiore a una settimana; tale situazione si riscontra anche nella provincia di Alessandria (in aree non omogeneamente distribuite, nei pressi del capoluogo di provincia e in alcuni settori poco più a sud), in quella di Asti (in parte del settore in sinistra orografica del Fiume Tanaro) e in quella di Torino (sia in parte della pianura meridionale, sia nel settore del canavese e nella piana intramorenica di Ivrea).

Valori del tempo di transito nella zona non satura compresi tra 1 settimana e 1 mese si osservano, nella provincia alessandrina, in aree sia a est sia a ovest del capoluogo e in parte della pianura casalese,.

In provincia di Asti, tale situazione si ripete: in destra orografica del Fiume Tanaro, sull'Altopiano di Poirino, in alcuni settori a sudovest della pianura della provincia di Cuneo, in parte della Val Tanaro, nell'area centro-meridionale della provincia di Torino e in parte nell'area di alti terrazzi. Per quanto riguarda le province di Novara e Vercelli, i settori caratterizzati da tale tempo di transito sono localizzati in piccole aree della pianura fondamentale alla base degli alti terrazzi.

Su tutte le zone morfologicamente più elevate (area degli alti terrazzi) delle province di Biella, Cuneo, Novara e Vercelli, il tempo di transito nella zona non satura risulta compreso tra 1 mese e 6 mesi; tale situazione si ripresenta anche lungo la fascia che attraversa in direzione WNW-ESE la parte di pianura alessandrina (tra i Fiumi Tanaro, Bormida e Orba e, più a est, tra lo Scrivia ed il

Curone), come pure nel settore meridionale dell'Altopiano di Poirino, in limitate aree della pianura meridionale torinese ed in misura minore in piccoli settori del canavese.

Il tempo di transito nella zona non satura risulta compreso tra 6 mesi e 1 anno nella provincia di Biella, sul terrazzo "Baraggia di Candelo" e in quello a sinistra del torrente Cervo, e in provincia di Novara, sul terrazzo mindeliano a nordovest.

Nei settori di pianura dove la soggiacenza è caratterizzata da valori molto bassi e dove sono presenti materiali più grossolani, il tempo di arrivo è contraddistinto da valori molto bassi, sull'ordine di qualche ora o al massimo di pochi giorni; invece la presenza di litologie fini, quali limi-sabbiosi, argille-sabbiose e limi, e valori di soggiacenza più elevati determinano un aumento del tempo di arrivo.

Come si può notare dalla comparazione della carta degli spessori dei litotipi impermeabili con quella del tempo di arrivo di un inquinante, a spessori maggiori corrispondono aree con un tempo di arrivo più elevato.