

# Criteri di Calcolo del Rischio

**Prof. Renato Baciocchi, Dr. Emiliano Scozza**

Università di Roma "Tor Vergata"

# Rischio Individuale e Rischio Cumulato

## Obiettivo dell'AdR

La procedura di analisi di rischio assoluta può avere un duplice obiettivo finale:

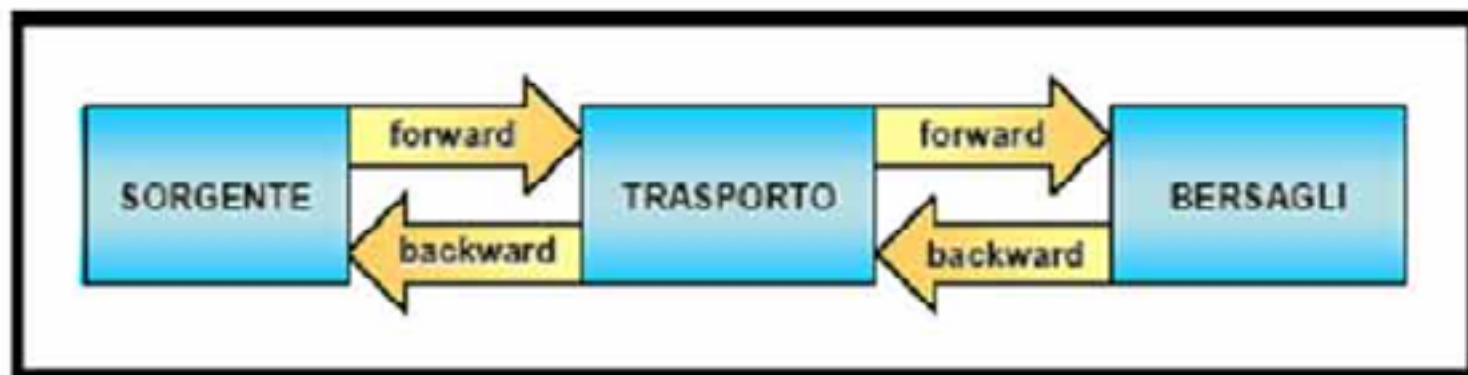
- stimare quantitativamente il rischio per la salute umana connesso ad uno specifico sito, in termini di valutazione delle conseguenze legate alla sua situazione qualitativa;
- individuare dei valori di concentrazione accettabili nel suolo e nella falda vincolati alle condizioni specifiche del singolo sito.

# Rischio Individuale e Rischio Cumulato

## Obiettivo dell'AdR

I due distinti risultati derivano dalla applicazione della procedura secondo due distinte modalità:

1. La modalità diretta (forward mode);
2. La modalità inversa (backward mode).



# Rischio Individuale e Rischio Cumulato

## Principi della Procedura

Si ritiene opportuno ricordare i principi fondamentali su cui si basa la procedura di calcolo, validi in caso di applicazione sia della modalità diretta che inversa:

- Principio del caso peggiore (“worste case”) che riguarda in generale tutte le fasi di applicazione della procedura di analisi assoluta di rischio e deve sempre guidare la scelta tra alternative possibili;

# Rischio Individuale e Rischio Cumulato

## Principi della Procedura

- principio della esposizione massima ragionevolmente possibile (RME, ossia 'Reasonable Maximum Exposure'), che prevede in relazione ai parametri di esposizione l'assunzione di valori ragionevolmente conservativi al fine di pervenire a risultati cautelativi per la tutela della salute umana (paragrafo 3.4.1);

Inoltre, l'analisi di rischio assoluta è rivolta alla valutazione dei rischi cronici o a lungo termine associati ai siti contaminati, piuttosto che rischi in condizioni di esposizione acuta.

# Rischio Individuale e Rischio Cumulato

## Stima del Rischio

Il rischio per la salute umana viene differenziato tra individuale e cumulativo. Si definisce:

**Rischio e indice di pericolo individuale (R e HQ):** rischio dovuto ad un singolo contaminante per una o più vie d'esposizione.

**Rischio e indice di pericolo cumulativo ( $R_{TOT}$  e  $HQ_{TOT}$ ):** rischio dovuto alla cumulazione degli effetti di più sostanze per una o più vie d'esposizione.

## Calcolo del Rischio

### Rischio Individuale

Il Rischio per la salute umana si definisce INDIVIDUALE quando è associato ad una singola specie chimica inquinante e ad una o più modalità di esposizione.

HI = indice di pericolo

E = Esposizione Cronica [mg/kg-giorno]

$$HI = \frac{E}{RfD}$$

RfD = Reference Dose [mg/kg-giorno]

R = Rischio incrementale di tumore

$$R = E \times SF$$

E = Esposizione Cronica [mg/kg-giorno]

SF = Slope Factor [kg-giorno/mg]

## Calcolo del Rischio

### Criteri di Cumulazione

Per quanto concerne il criterio di cumulazione delle concentrazioni individuali dovute a più vie d'esposizione, viene proposto un approccio simile a quello adottato nel documento Standard Guide for Risk-Based Corrective Action Applied at Petroleum Release Sites [ASTM ,1995]. Il calcolo del Rischio per la salute umana viene svolto in funzione delle sorgenti di contaminazione considerate, che sono: suolo superficiale, suolo profondo, falda e prodotto libero.



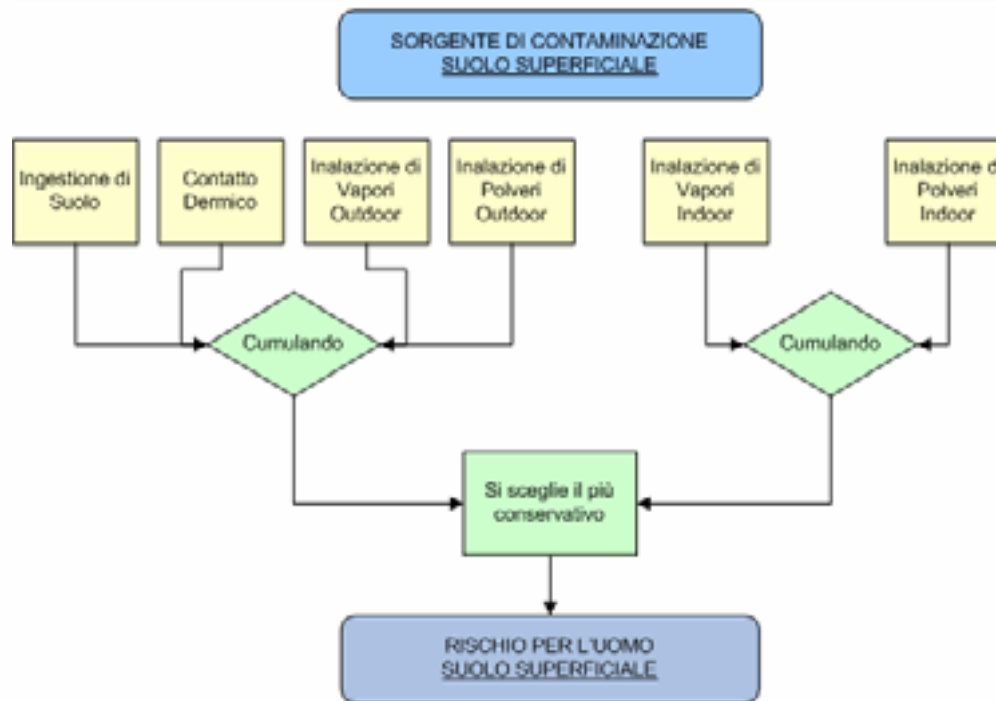
## Criteri di Cumulazione

### Suolo Superficiale

Per il **suolo superficiale** il rischio viene stimato scegliendo il valore più conservativo tra il rischio derivante dalle modalità di esposizione che hanno luogo in ambienti confinati (indoor) e il rischio derivante dalle modalità di esposizione che hanno luogo in ambienti aperti (outdoor). In Figura vengono riportati i criteri di calcolo del rischio da suolo superficiale derivante da più vie d'esposizione per l'ambito residenziale ed industriale.

# Criteri di Cumulazione

## Suolo Superficiale



## Criteri di Cumulazione

### Suolo Profondo

Per il **suolo profondo** il rischio viene stimato scegliendo il valore più conservativo tra il rischio derivante dalle modalità di esposizione che hanno luogo in ambienti confinati (indoor) e il rischio derivante dalle modalità di esposizione che hanno luogo in ambienti aperti (outdoor). In Figura vengono riportati i criteri di calcolo del rischio da suolo profondo derivante da più vie d'esposizione per l'ambito residenziale ed industriale.

## Criteri di Cumulazione

### Suolo Profondo



## Criteri di Cumulazione

### Falda

Per la **falda** il rischio viene stimato scegliendo il valore più conservativo tra il rischio derivante dalle modalità di esposizione che hanno luogo in ambienti confinati (indoor) e il rischio derivante dalle modalità di esposizione che hanno luogo in ambienti aperti (outdoor). In Figura vengono riportati i criteri di calcolo del rischio da suolo profondo derivante da più vie d'esposizione per l'ambito residenziale ed industriale.

# Criteri di Cumulazione

## Falda



## Calcolo del Rischio

### Rischio Cumulativo

Il Rischio per la salute umana si definisce CUMULATIVO quando è associato a più specie chimiche inquinanti e ad una o più modalità di esposizione.

Riguardo il rischio cumulativo, gli effetti cancerogeni o tossici dovuti alla esposizione contemporanea a più di una specie chimica inquinante attualmente non sono stati chiaramente stabiliti. Comunque, è possibile effettuare una stima conservativa dell'esposizione ad una contaminazione multipla sommando il rischio (o l'indice di pericolo) di ogni singola specie chimica contaminate. E' importante sottolineare che, in assenza di effetti sinergici, tale operazione di somma generalmente comporta una sovrastima dell'effettivo rischio associato alla esposizione multipla.

## Calcolo del Rischio

### Rischio Cumulativo

Il calcolo del rischio per la salute umana associato a più specie chimiche inquinanti e ad una specifica modalità di esposizione (**Rischio cumulativo**) è il seguente:

$$R_{Tj} = \sum_{i=1}^n R_{ij}$$

$$HQ_{Tj} = \sum_{i=1}^n HQ_{ij}$$

dove  $R_{Tj}$  e  $HQ_{Tj}$  rappresentano il Rischio cumulativo e l'Indice di Pericolo cumulativo causati dall'esposizione contemporanea alle  $n$  sostanze inquinanti in corrispondenza alla modalità di esposizione  $j$ .



## Calcolo del Rischio

### Rischio Cumulativo

Il calcolo del rischio per la salute umana associato a più specie chimiche inquinanti e a più modalità di esposizione (**Rischio cumulativo**) è il seguente:

$$R_T = \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n R_{ij}$$

$$HI = \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n HQ_{ij}$$

dove  $R_T$  e  $HI$  rappresentano il Rischio cumulativo e l'Indice di Pericolo cumulativo causati dall'esposizione contemporanea alle  $n$  sostanze inquinanti per tutte le  $m$  modalità di esposizione.

## Calcolo del Rischio

### Criteri di accettabilità del rischio

Riguardo gli effetti cancerogeni sulla salute umana, nell'ambito della procedura di analisi assoluta di rischio, è necessario definire un criterio di tollerabile del rischio, ossia un valore soglia di rischio al di sotto del quale si ritiene tollerabile la probabilità incrementale di effetti cancerogeni sull'uomo

i valori di rischio considerati tollerabili per le sostanze cancerogene sono:

sostanze cancerogene:  $TR = 10^{-6}$  (Rischio individuale)

sostanze cancerogene  $TR_{CUM} = 10^{-5}$  (Rischio cumulativo)