

Criteri di Calcolo del Rischio

Renato Baciocchi

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:

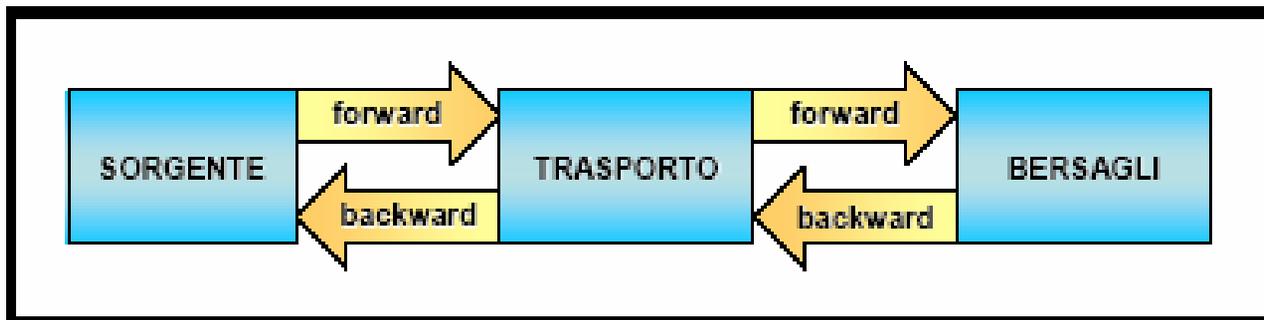
- stimare quantitativamente il rischio per la salute umana connesso ad uno specifico sito, in termini di valutazione delle conseguenze legate alla sua situazione qualitativa;
- individuare dei valori di concentrazione accettabili nel suolo e nella falda vincolati alle condizioni specifiche del singolo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

Calcolo del Rischio

Rischio Individuale

HQ = Hazard quotient (indice di pericolo)

E = Esposizione Cronica [mg/kg-giorno]

RfD = Reference Dose [mg/kg-giorno]

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

R = Rischio incrementale di tumore

E = Esposizione Cronica [mg/kg-giorno]

SF = Slope Factor [kg-giorno/mg]

$$R = E \cdot SF$$

Calcolo del Rischio

Rischio Cumulativo

Il Rischio cumulativo per la salute umana è associato alla esposizione più specie chimiche inquinanti attraverso una o più modalità di esposizione:

$$R_T = \sum_{i=1}^n R_i \quad ; \quad HQ_T = \sum_{i=1}^n HQ_i$$

dove R_T e HQ_T rappresentano il Rischio cancerogeno cumulativo e l'Indice di Pericolo cumulativo.

Calcolo del Rischio

Criteria di calcolo del rischio dovuto a più vie di esposizione

Criterio di cumulazione delle concentrazioni individuali dovute a più vie d'esposizione: 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.

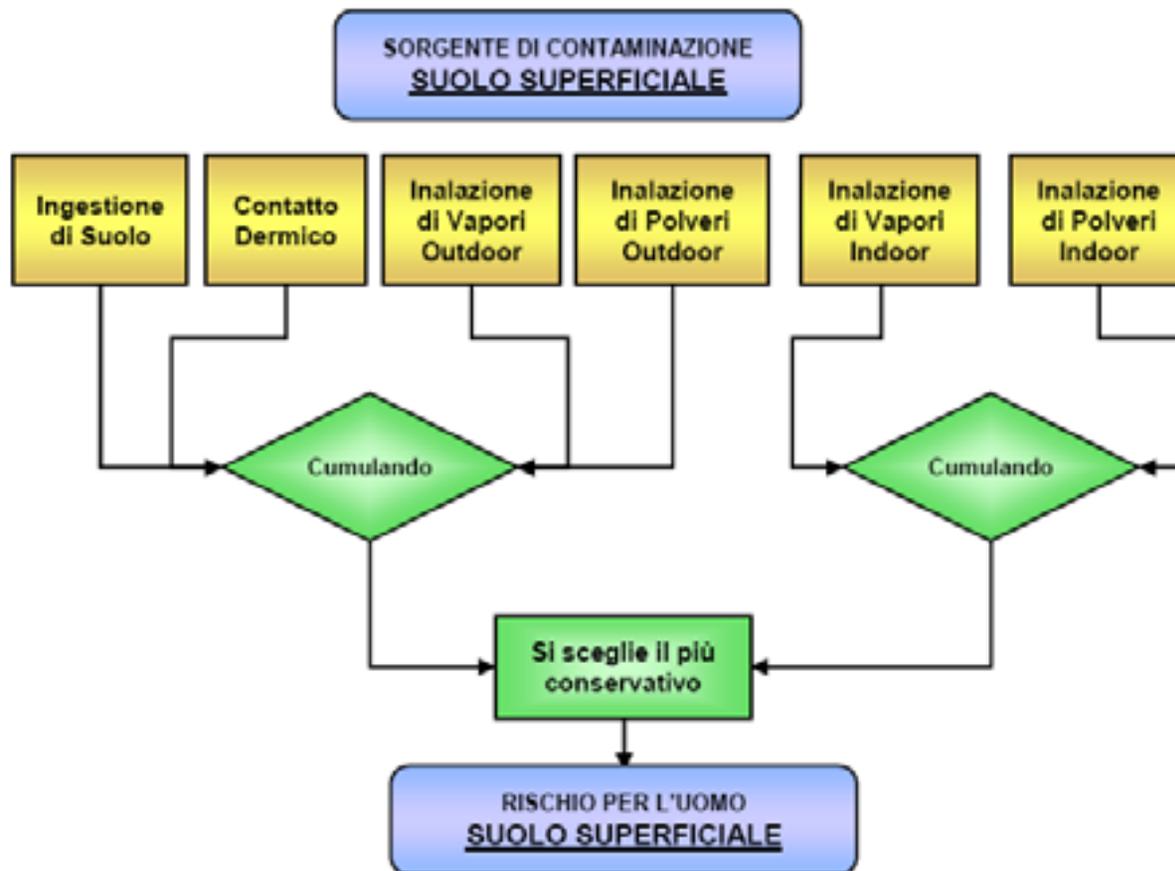
Criteri di Cumulazione

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



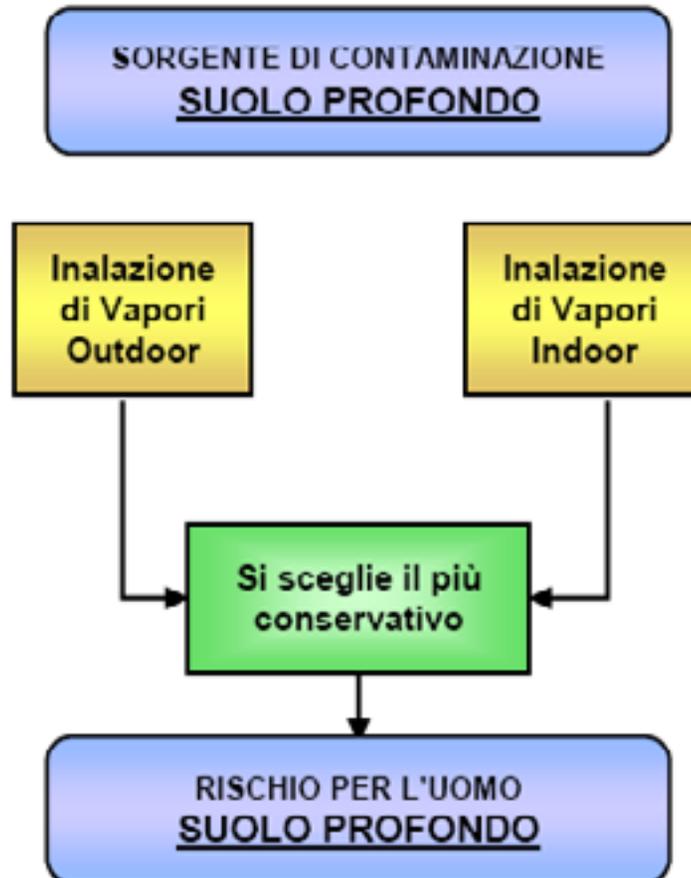
Criteri di Cumulazione

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).

Criteri di Cumulazione

Suolo Profondo



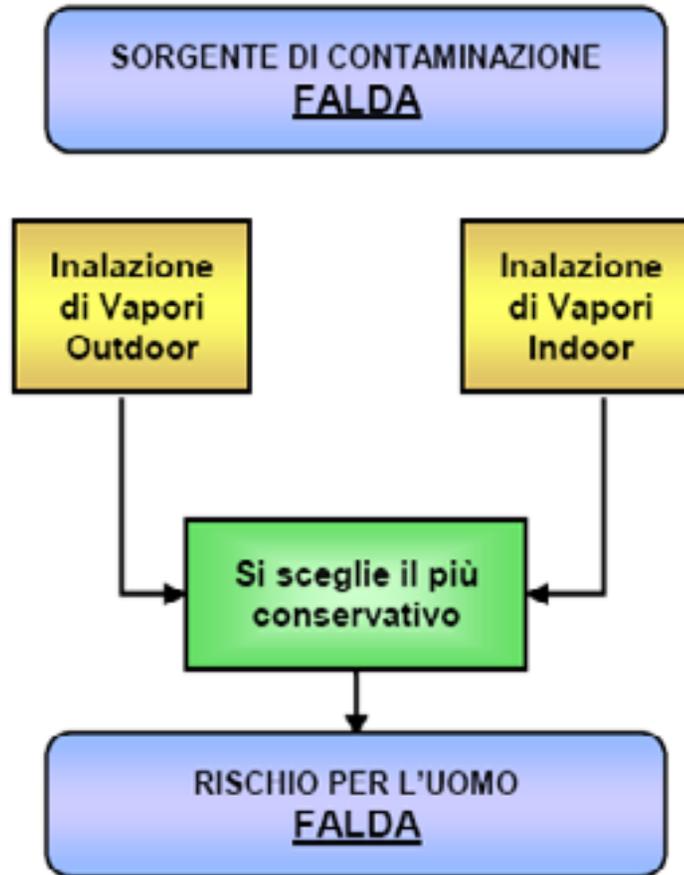
Criteri di Cumulazione

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).

Criteri di Cumulazione

Falda



Rischio per la risorsa idrica

Definizione

Si definisce Rischio per la risorsa idrica il rapporto tra la concentrazione in falda del generico inquinante misurata al punto di conformità e la corrispondente CSC.

$$R_{GW} = \frac{C_{POE}^{GW}}{CSC_{GW}}$$

$$R_{GW(\text{accettabile})} \leq 1$$

Rischio per la risorsa idrica

Definizione

Il punto di conformità è definito come il punto “teorico” o “reale” di valle idrologico in corrispondenza del quale l'Ente di Controllo deve richiedere il rispetto degli obiettivi di qualità delle acque sotterranee.

Tale punto deve essere posto coincidente con il più vicino pozzo ad uso idropotabile o, qualora all'interno del sito non siano presenti pozzi ad uso idropotabile, in corrispondenza del limite di proprietà dell'area, o nel caso di siti di grandi dimensioni, in corrispondenza dei limiti della subarea.

Rischio per la risorsa idrica

Procedura di calcolo

Il calcolo del rischio per la risorsa idrica si differenzia in funzione della possibile sorgente di contaminazione e le stime di rischio non vengono cumulate.



Calcolo del Rischio

Criteri di accettabilità del rischio

Ai fini della stesura del presente manuale, così come proposto da ISS e riportato nel DLgs 04/08, i valori di rischio considerati tollerabili per le sostanze cancerogene sono:

sostanze cancerogene: $TR = 10^{-6}$ (valore di rischio individuale)

sostanze cancerogene $TR_{CUM} = 10^{-5}$ (valore di rischio cumulativo)

Calcolo del Rischio

Criteri di accettabilità del rischio

Quindi, il criterio di accettabilità riferito a specie chimiche contaminanti che comportano effetti tossici sulla salute umana, si traduce nell'imporre il non superamento della dose di contaminante (effettivamente assunta rispetto alla TDI o RfD), da cui ne consegue che **sia nel caso di Indice di Pericolo individuale (HQ) che cumulativo (HQ_{TOT}) gli stessi debbono essere inferiori all'unità.** **L'Indice di Pericolo tollerabile individuale (THQ) e cumulativo (THQ_{TOT}) sono quindi pari all'unità.**