

Costruzione del Modello Concettuale del Sito e definizione della Sorgente di Contaminazione (1)

Prof. Renato Baciocchi

Università di Tor Vergata

Indice

1. Introduzione
2. Materiale di riferimento
3. Costruzione del modello concettuale
4. Calcolo del rischio e delle concentrazioni residuali acc.li
5. Analisi critica dei software e criteri di validazione

Appendici:

A-L Definizione equazioni per calcolo fattori di trasporto

M Approccio statistico Monte Carlo

N Analisi di sensibilità

O Banca dati proprietà chimico-fisiche e tossicologiche

P Prodotto libero (NAPL)

1. Introduzione

1.1 L'Analisi di Rischio sanitario-ambientale

1.2 Livelli di analisi previsti dalla procedura RBCA (Tier 1, 2 e 3)

Definizione di Rischio

DEFINIZIONE ADOTTATA NELLE PROCEDURE DI SICUREZZA INDUSTRIALE:

$$R = P \times D = P \times Fp \times Fe$$

R: rischio associato ad un dato evento
P: probabilità di accadimento
D: danno provocato dall'evento
Fp: fattore di pericolosità (entità del possibile danno - morte, lesioni, intossicazione)
Fe: fattore di contatto (funzione della durata di esposizione)

DEFINIZIONE ADOTTATA NEL CASO DI SITI CONTAMINATI:

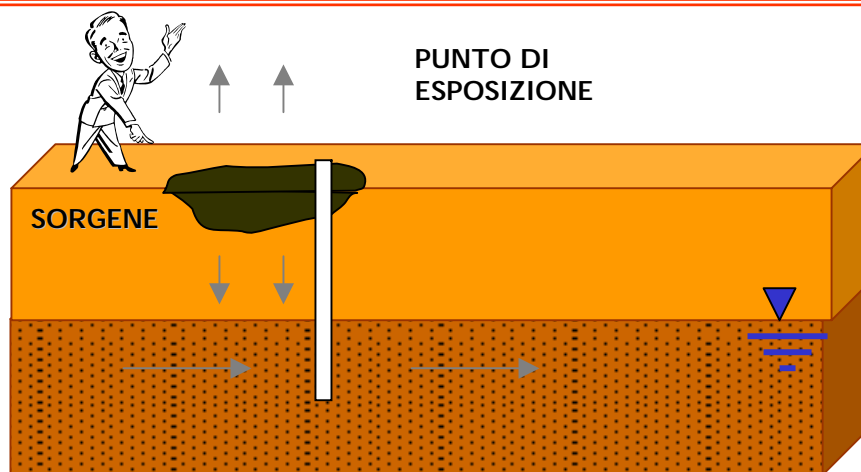
$$R = E \times T$$

P = probabilità accadimento del danno conclamata (P = 1)
Fp = T [mg/kg d]⁻¹ (Tossicità dell'inquinante)
Fe = E [mg/kg d] (Portata di Esposizione)

Livello di Analisi 1

- ✓ ANALISI DI TIPO SITO-GENERICA;
- ✓ LA VALUTAZIONE DEI POTENZIALI PER BERSAGLI ON-SITE;
- ✓ SIMULAZIONE DEL TRASPORTO ATTRAVERSO MODELLI ANALITICI;

PRO:



CONTRO:

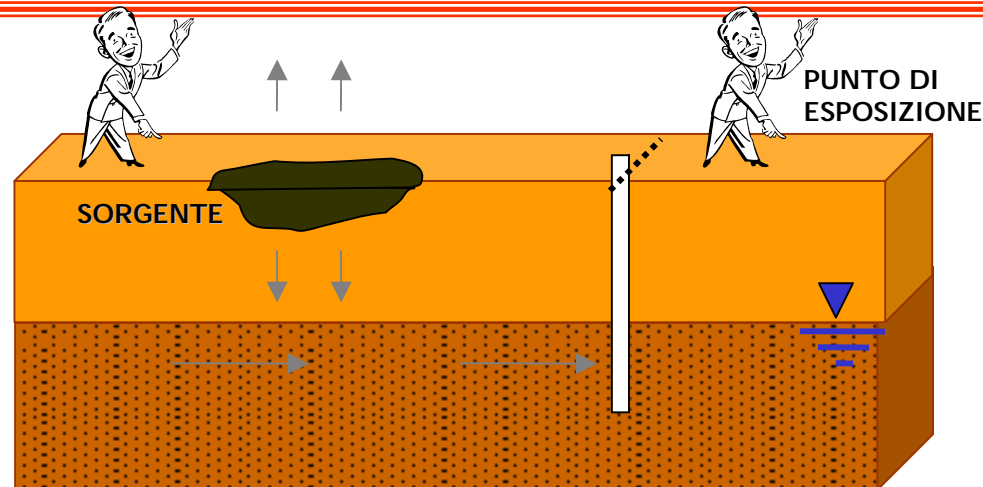
Occorre conoscere la sola concentrazione in sorgente e la posizione dei bersagli;

Costi di analisi molto ridotti;

Risultati estremamente conservativi

Livello di Analisi 2

- ✓ L'ANALISI DI TIPO **SITO-SPECIFICA**;
- ✓ VALUTAZIONE DEI POTENZIALI EFFETTI PER BERSAGLI **ON-SITE** ed **OFF-SITE**;
- ✓ SIMULAZIONE DEL TRASPORTO ATTRAVERSO **MODELLI ANALITICI**;



PRO:

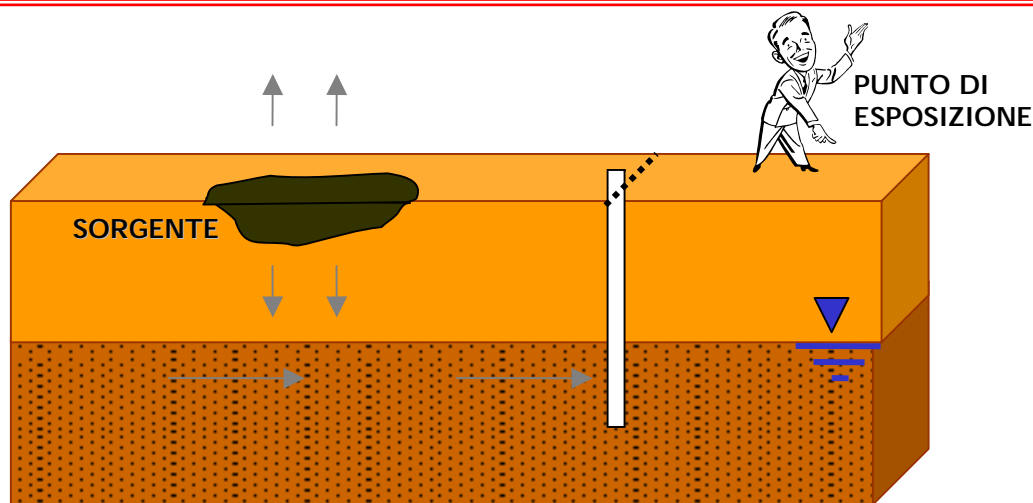
L'analisi risulta essere più dettagliata e precisa;

CONTRO:

Sono necessari diversi parametri sito-specifici;
Costi più elevati;

Livello di Analisi 3

- ✓ L'ANALISI DI TIPO SITO-SPECIFICA;
- ✓ VALUTAZIONE DEI POTENZIALI EFFETTI PER BERSAGLI OFF-SITE;
- ✓ SIMULAZIONE DEL TRASPORTO AVVERA' ATTRAVERSO MODELLI NUMERICI;



PRO:

**L'analisi risulta essere molto dettagliata;
La valutazione tiene conto anche del tempo;**

CONTRO:

**Sono necessari molti parametri sito-specifici;
Costi più elevati;**

Riepilogo dei vantaggi e svantaggi in funzione del livello di analisi

LIVELLO 1	LIVELLO 2	LIVELLO 3
	Numero di dati ed indagini richieste	
	Quantità di risorse necessarie	
Assunzioni conservative		
	Efficacia economica degli interventi correttivi	

Analisi di Rischio



$$C_{poe} = C_s \cdot FT$$

$$E = C_{poe} \cdot EM$$

$$EM = \frac{CR \cdot EF \cdot ED}{BW \cdot AT}$$

$$E = C_s \cdot FT \cdot \frac{CR \cdot EF \cdot ED}{BW \cdot AT}$$

C_{poe} = concentrazione al punto di esposizione

C_s = concentrazione in sorgente

FT = fattore di trasporto

EM = Portata effettiva di esposizione

CR = Tasso di contatto

EF = Frequenza dell'esposizione

ED = Durata dell'esposizione

BW = Peso corporeo

AT = Tempo di mediazione

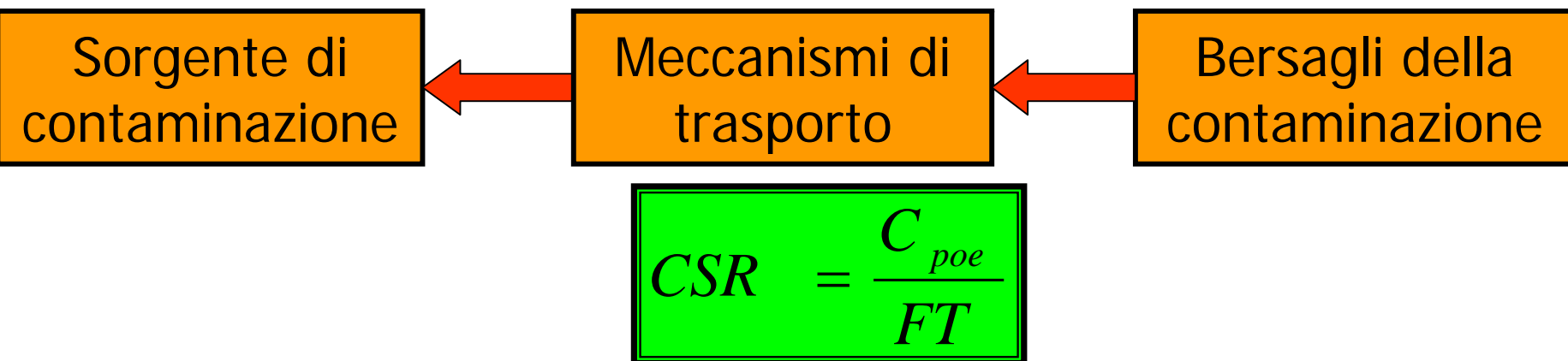
Effetti cancerogeni

$$R = C_s \cdot FT \cdot \frac{CR \cdot EF \cdot ED}{BW \cdot AT} \cdot SF$$

Effetti tossici

$$R = C_s \cdot FT \cdot \frac{CR \cdot EF \cdot ED}{BW \cdot AT} \cdot \frac{1}{RfD}$$

Analisi di Rischio



Effetti cancerogeni

$$CSR = \frac{TR \cdot BW \cdot AT}{CR \cdot EF \cdot ED \cdot FT} \cdot \frac{1}{SF}$$

Effetti tossici

$$CSR = \frac{THQ \cdot BW \cdot AT}{CR \cdot EF \cdot ED \cdot FT} \cdot RfD$$

Criteria per il calcolo delle CSR in presenza di più vie di esposizione e/o più contaminanti (Appendice Q-Revisione 1).

2. Materiale di Riferimento

2.1 Standard ASTM E-1739-95 e PS-104-98

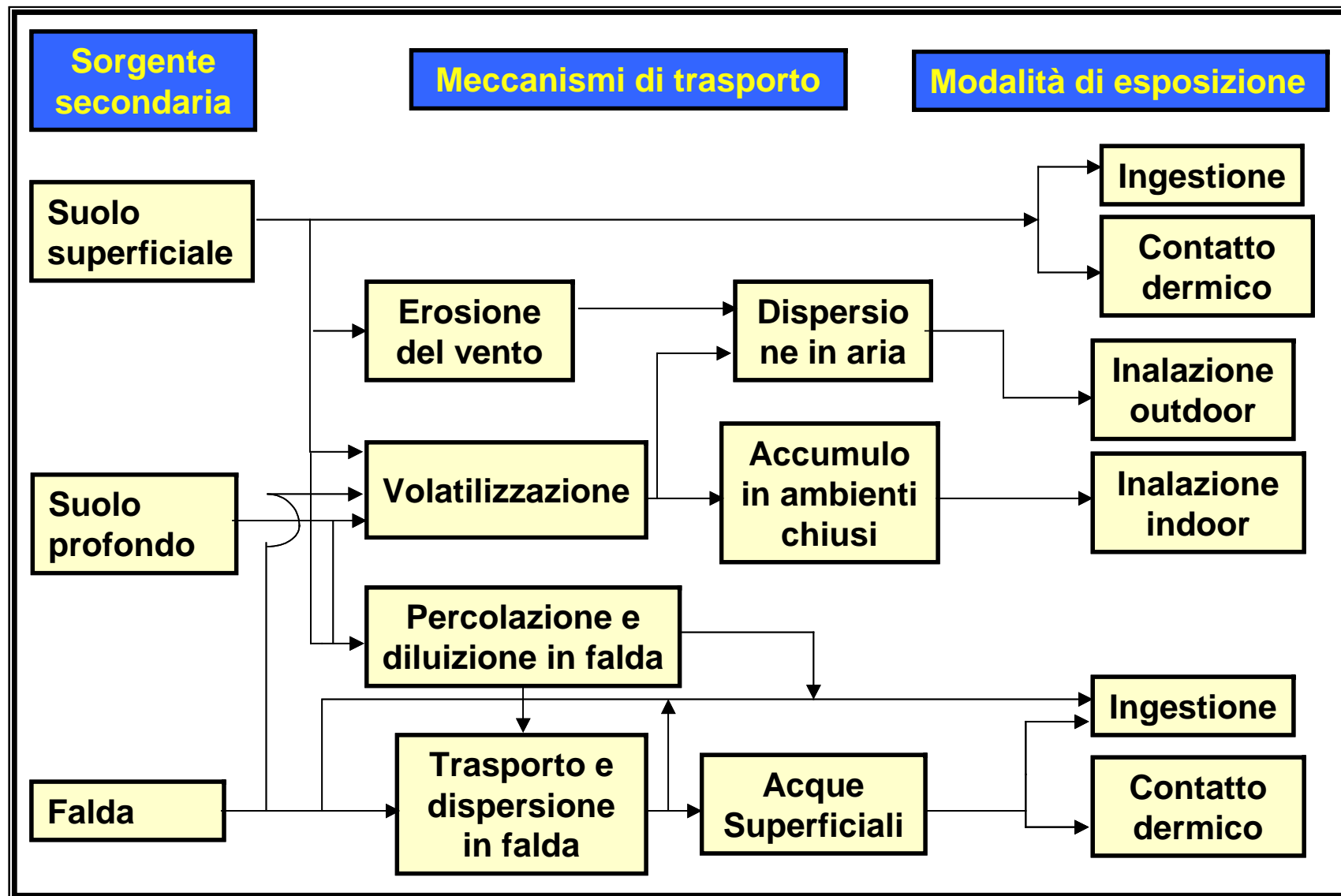
2.2 Manuale UNICHIM n. 196/1 del 2002

2.3 Documenti EPA relativi alla determinazione dei SSG

2.4 CONCAWE report 3/03

2.5 Risk Assessment Guidance for Superfund (RAGS)

3. Costruzione del Modello Concettuale



3. Costruzione del Modello Concettuale

3.1 Sorgente di contaminazione (suolo e/o falda)

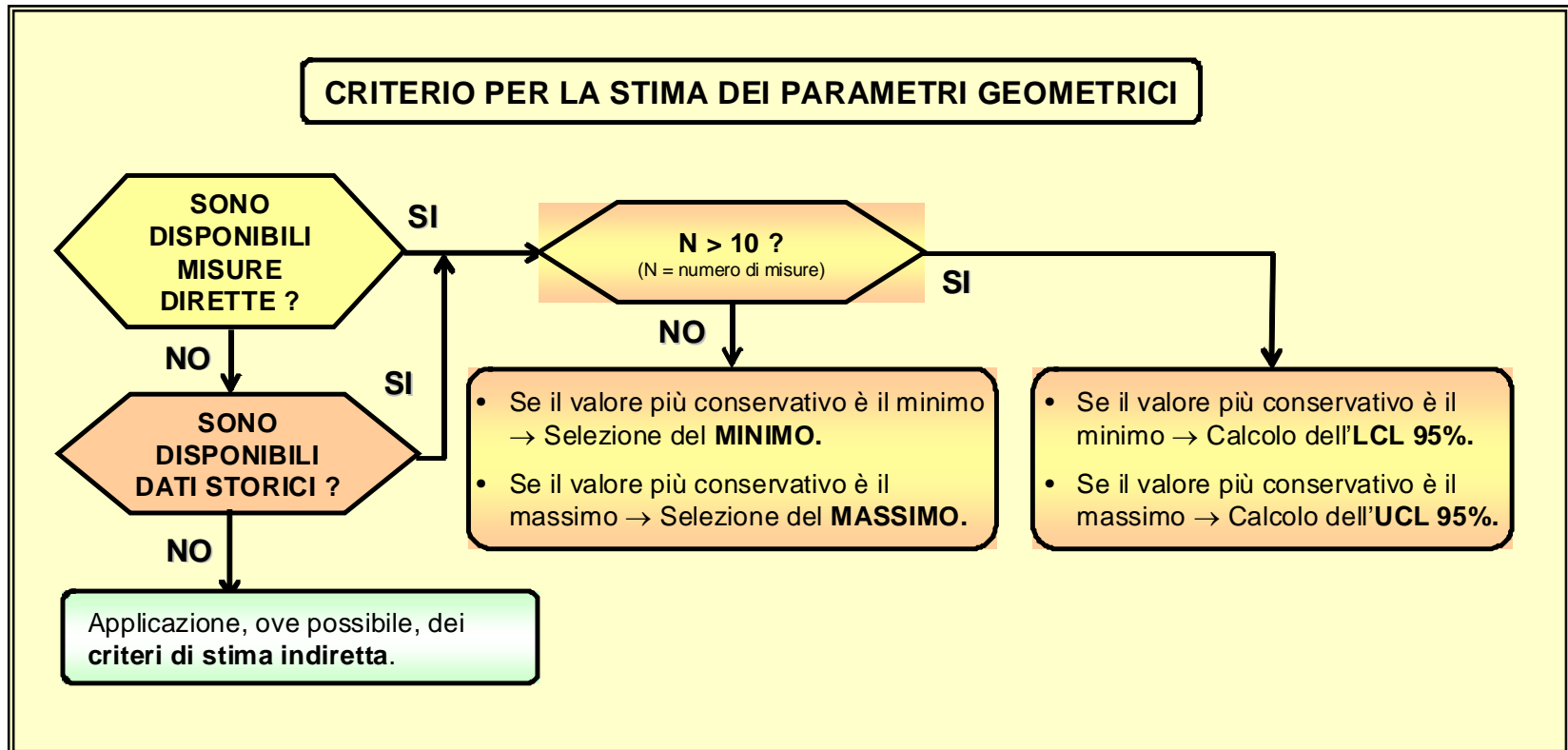
- 3.1.1 Geometria della zona satura e insatura di suolo
 - 3.1.1a Criteri per la stima dei parametri geometrici
 - 3.1.1b Geometria della zona satura di suolo
 - 3.1.1c Geometria della zona insatura di suolo
- 3.1.2 Geometria della sorgente di contaminazione in zona insatura
- 3.1.3 Geometria della sorgente di contaminazione in zona satura
- 3.1.4 Definizione della concentrazione rappresentativa alla sorgente
- 3.1.5 Proprietà chimico-fisiche e tossicologiche dei contaminanti
- 3.1.6 Selezione degli inquinanti indicatori

3.1.1.b Criteri per la suddivisione in subaree di un sito di grandi dimensioni

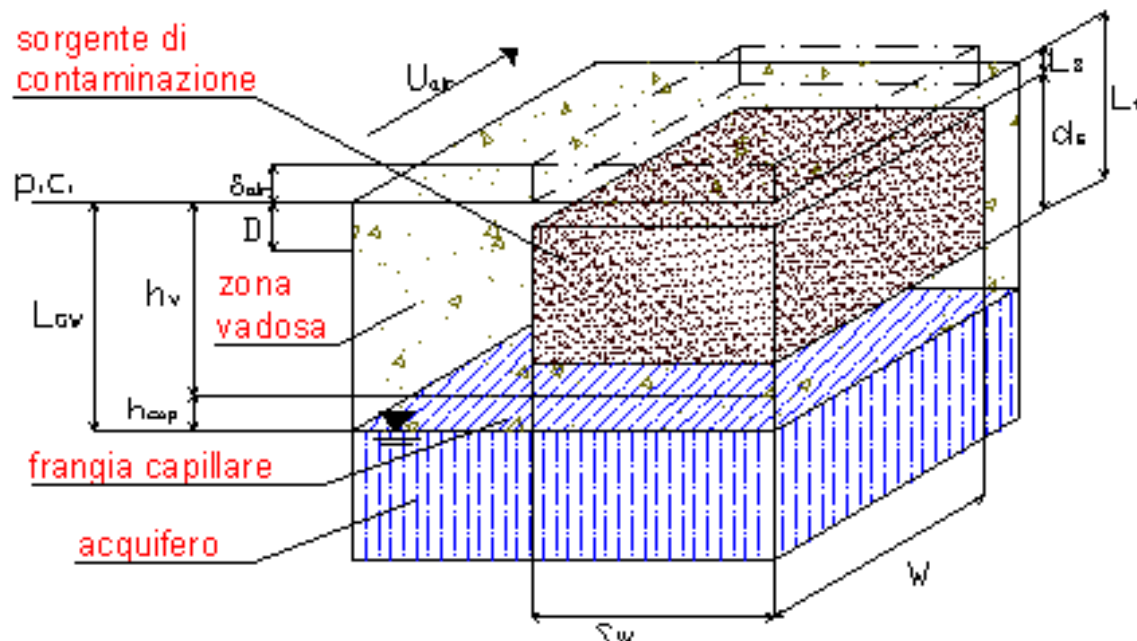
La possibilità di suddivisione di un sito di grandi dimensioni in subaree può essere valutata da parte dell'ente controllore solo qualora sussistano le seguenti condizioni:

1. Evidente disomogeneità delle caratteristiche geologiche ed idrogeologiche all'interno dell'area perimetrata (ad esempio presenza di faglie, condizioni di eteropia, etc.);
2. Netta differenziazione di tipologia ed origine della contaminazione all'interno dell'area perimetrata (ad esempio aree contaminate esclusivamente da metalli ed aree contaminate esclusivamente da idrocarburi);
3. Evidenti differenze nell'utilizzo dell'area perimetrata, nelle modalità di esposizione e/o nella tipologia dei ricettori esposti.

Geometria della zona satura e insatura Criteri per la stima dei parametri geometrici



Geometria della zona insatura

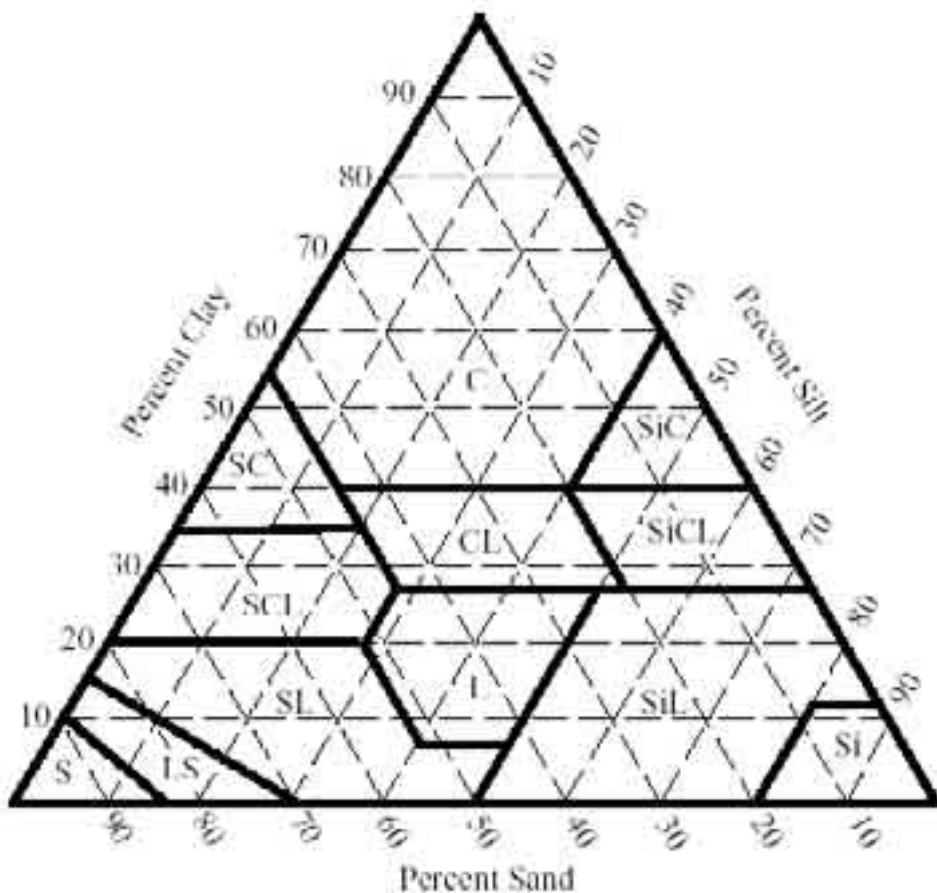


Simbolo	Parametro	Unità	Range	Uso del suolo	
				Residenziale	Industriale
				Valore di default ASTM PS-104	
L_{GW}	Profondità del piano di falda	cm		300	300
h_{cap}	Spessore frangia capillare	cm		5	5
h_v	Spessore della zona insatura	cm	$h_v = L_{gw} - h_{cap}$	295	295
D	Spessore di suolo superficiale	cm		100	100
η_{out}	Frazione areale di fratture nel pavimento outdoor (*)	adim.	0 - 1		

(*) parametro non previsto dallo standard PS-104-98

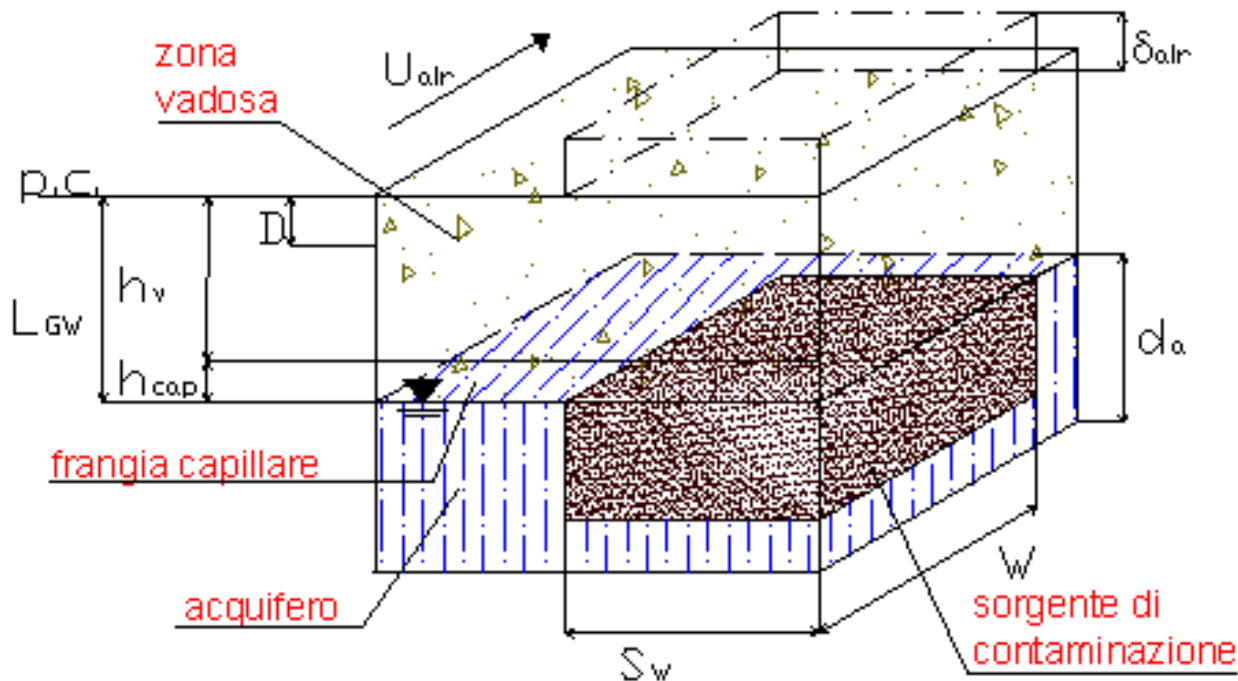
Geometria della zona insatura

Spessore della frangia capillare



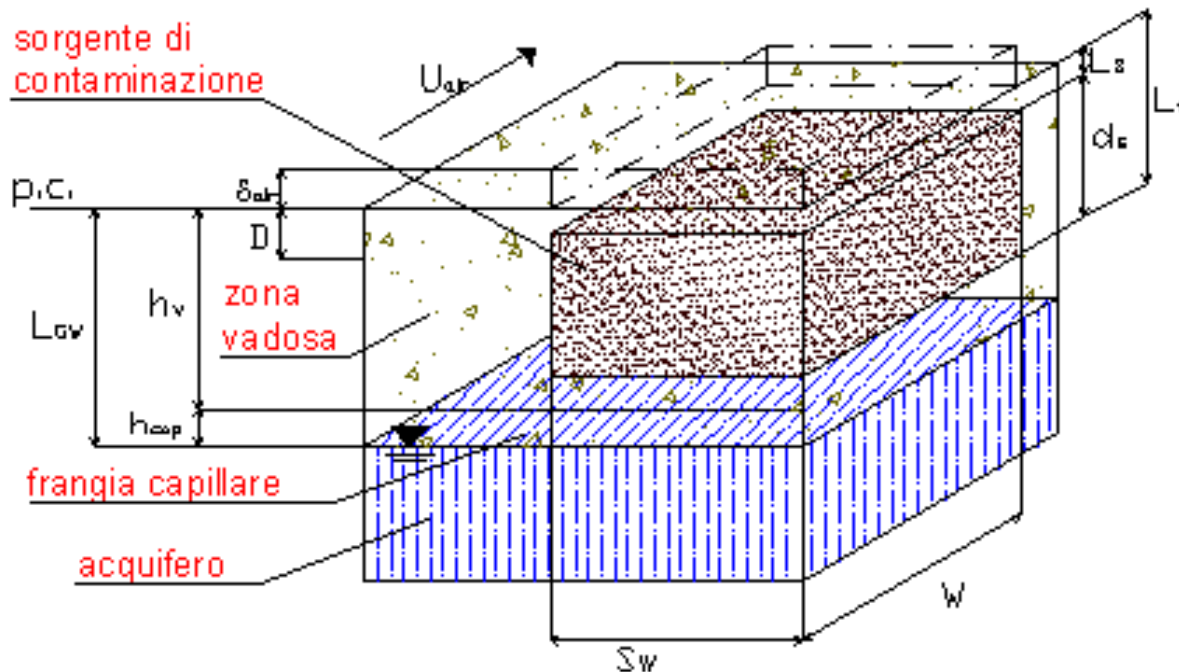
Tessitura del suolo	h_{cap} [cm]	
	Fetter(1994)	0,5 x Fetter(1994)
Sand	10	5
Loamy Sand	18,8	9
Sandy Loam	25	13
Sandy Clay Loam	25,9	13
Loam	37,5	19
Silt Loam	68,2	34
Clay Loam	46,9	23
Silty Clay Loam	133,9	67
Silty Clay	192	96
Silt	163	82
Sandy Clay	30	15
Clay	81,5	41

Geometria della zona satura



Simbolo	Parametro	Unità	Range	Uso del suolo	
				Residenziale	Industriale
				Valore di default ASTM PS-104	
d_a	Spessore della falda	cm		200	200

Geometria della sorgente in zona insatura



Simbolo	Parametro	Unità	Range	Uso del suolo	
				Residenziale	Industriale
				Valore di default ASTM PS-104	
L_s	Profondità del top della sorgente rispetto al p.c.	cm		100	100
L_f	Profondità della base della sorgente rispetto al p.c.	cm		300	300
d_s	Spessore della sorgente nel suolo profondo (insaturo)	cm	$d_s = L_f - L_s$	200	200
d	Spessore della sorgente nel suolo superficiale (insaturo)	cm		100	100
L_F	Soggiacenza della falda rispetto al top della sorgente	cm	$L_F = L_{gw} - L_s$	200	200

Criterion for the definition of the Geometry of the source of contamination in the saturated zone

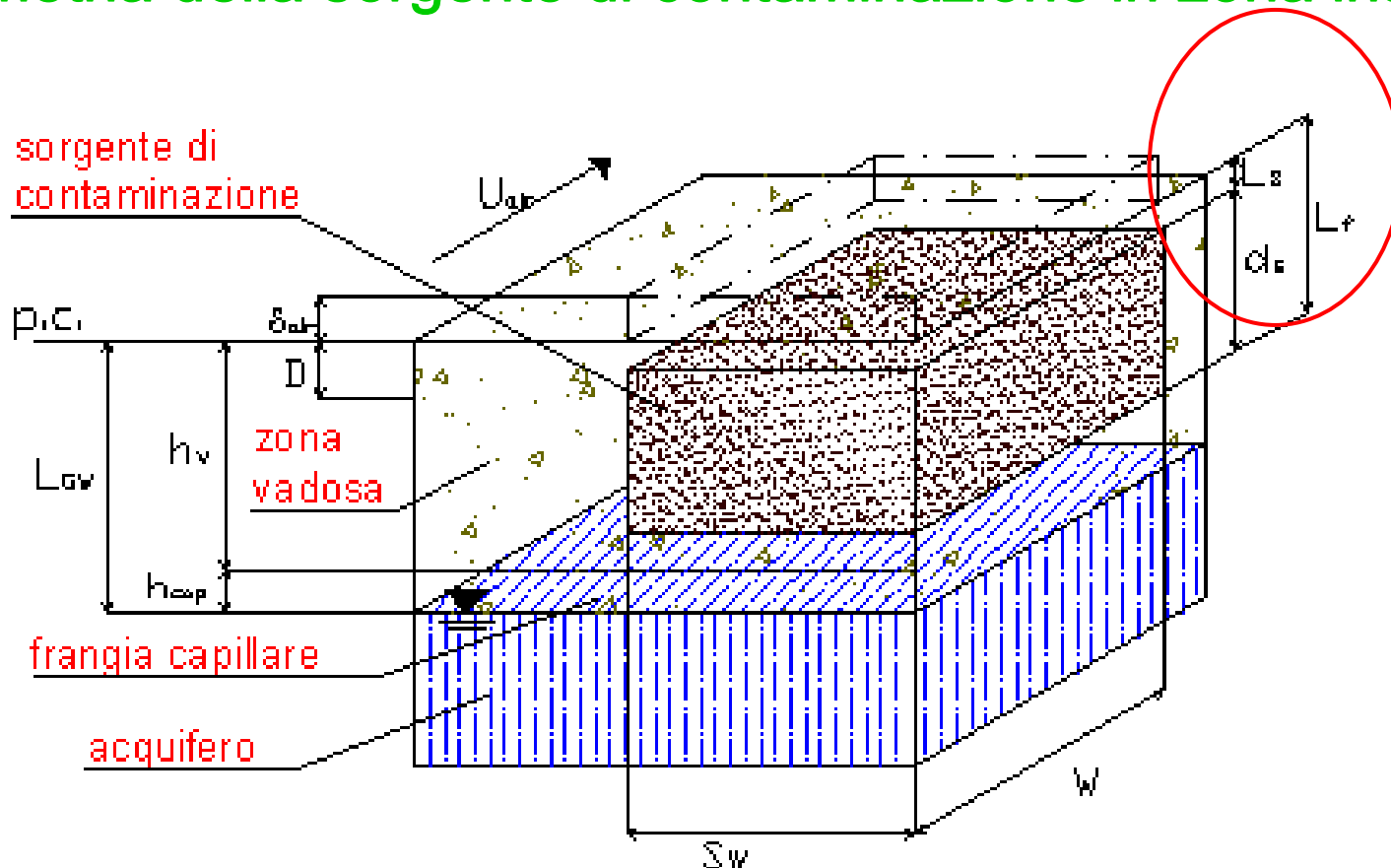
Surface extension (length and width) of the source

- sampling performed according to a grid disposition, for sites not subdivisible into sub-areas or for the single sub-areas of sites of large dimensions.
- Surface extension identified from the area delimited by the outermost grids containing at least one sampling point with a concentration of at least one contaminant higher than the CLA.

Vertical extension of the source

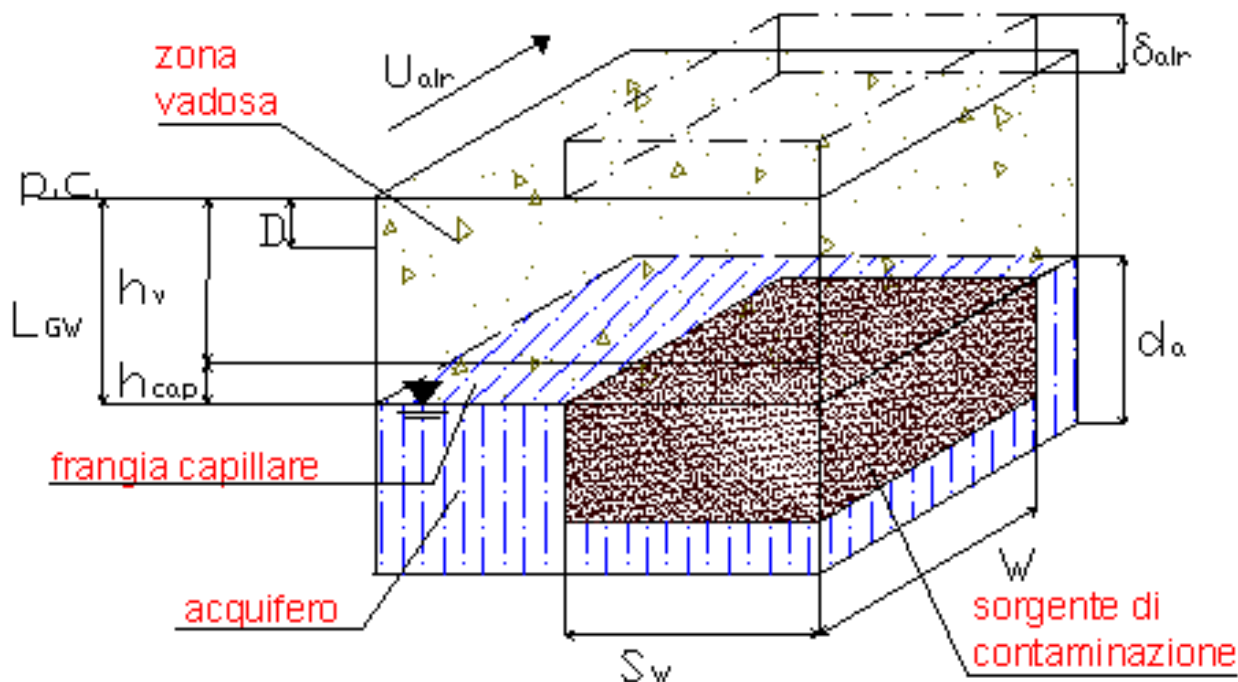
the vertical extension shall be equal to the difference between the minimum and maximum depth, relative to the ground level, at which a concentration of at least one contaminant higher than the CLA was found.

Geometria della sorgente di contaminazione in zona insatura



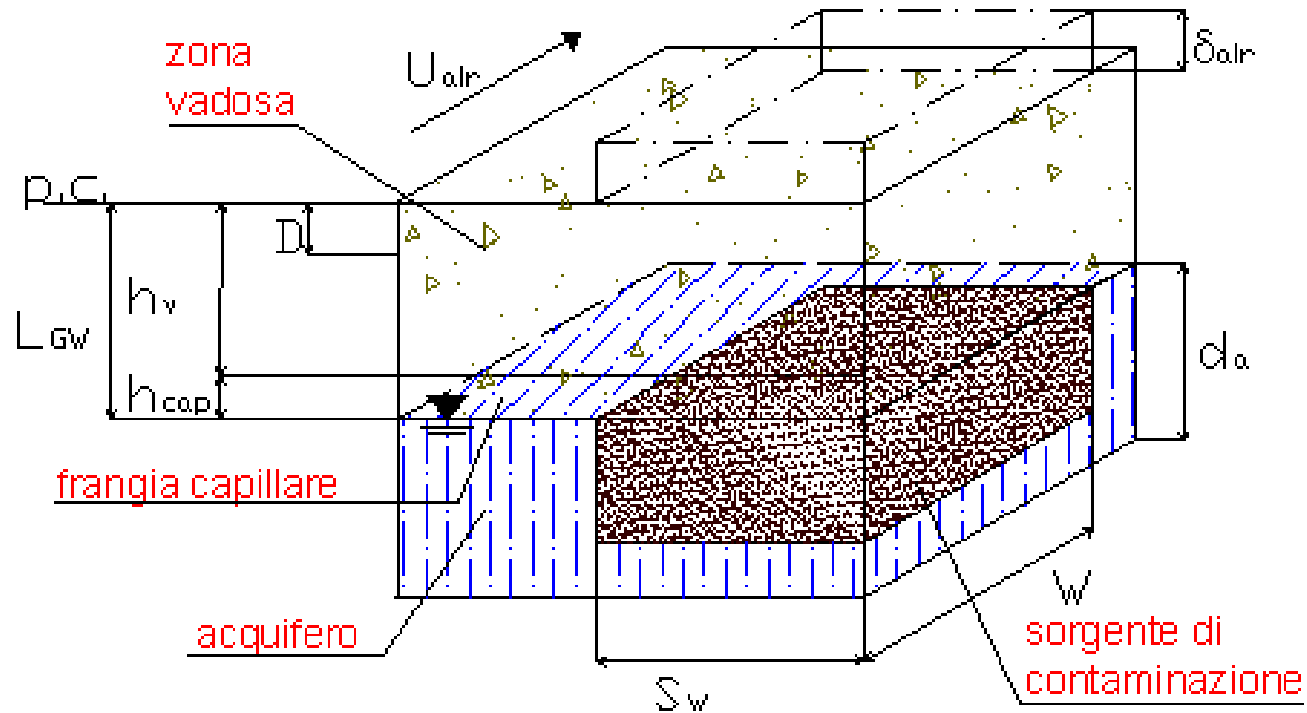
- L_s = minima profondità rispetto al p.c., alla quale è stata riscontrata concentrazione di almeno un contaminante superiore alla CLA.
- L_f = massima profondità rispetto al p.c., alla quale è stata riscontrata concentrazione di almeno un contaminante superiore alla CLA.

Geometria della sorgente in zona satura



Simbolo	Parametro	Unità	Range	Uso del suolo	
				Residenziale	Industriale
				Valore di default ASTM PS-104-98	
W	Estensione della sorgente nella direzione del flusso di falda	cm		4500	4500
S_w	Estensione della sorgente nella direzione ortogonale al flusso di falda	cm		4500	4500
δ_{gw}	Spessore della zona di miscelazione in falda	cm		200	200
A	Area della sorgente (rispetto alla direzione del flusso di falda)	cm ²	= W x S_w	20.250.000	20.250.000

Geometria della sorgente di contaminazione in zona satura



- S_w / W : massima estensione della sorgente (definita come sopra) in direzione ortogonale/parallela alla direzione del flusso di falda.

- δ_{gw} : misure dirette o: (spessore zona mix)

$$\delta_{gw} = (2 \cdot \alpha_v \cdot W)^{0,5} + d_a \cdot \left(1 - \exp \left[\frac{-W \cdot I_{ef}}{K_{sat} \cdot i \cdot d_a} \right] \right)$$