

# Software applicativi per l'Analisi di Rischio Caratteristiche - Criticità

**Ing. Antonella Vecchio**

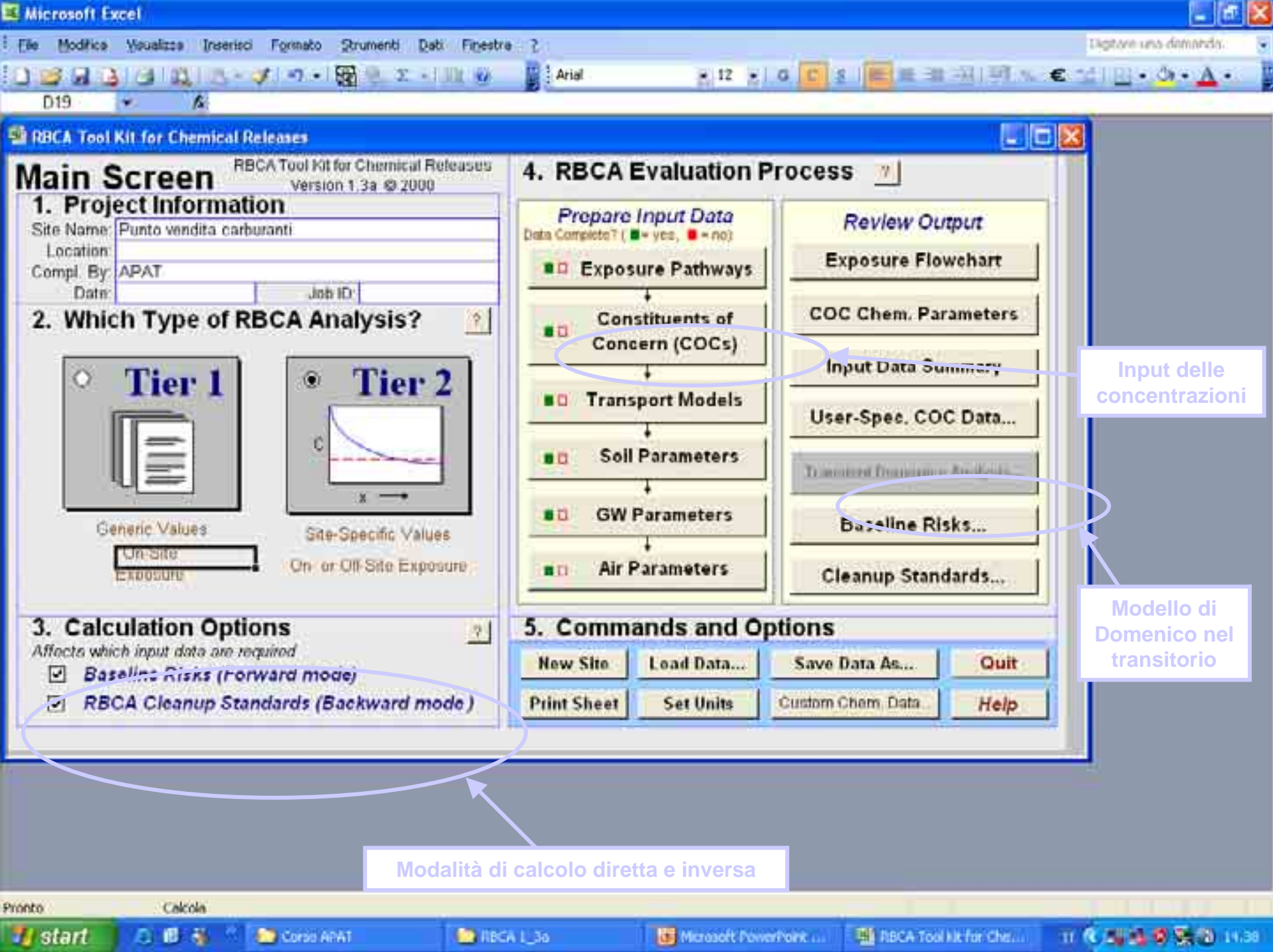
Servizio Tecnologie e Siti Contaminati  
APAT

## Software - Modelli applicativi

- I software maggiormente utilizzati in Italia sono:
  - ROME ver. 2.1 (APAT) - pubblico
  - Giuditta ver. 3.1beta (Provincia di Milano) - pubblico
  - RBCA ToolKit ver. 1.3a (GSI) - commerciale
  - RISC ver. 4.0 (British Petroleum) - commerciale
- Tali software presentano diverse peculiarità per quel che concerne:
  - la preparazione dei dati di input;
  - la costruzione del modello concettuale;
  - i modelli di F&T utilizzati;
  - i criteri di calcolo del rischio e/o degli obiettivi di bonifica;

## Caratteristiche di RBCA Tool Kit

- Applica la procedura graduale RBCA e i modelli di F&T ASTM, con opzioni aggiuntive (es. SAM, Johnson & Ettinger modificato, Domenico nel transitorio ecc.).
- Esegue l'Analisi di Rischio nella procedura diretta (stima del rischio a partire dai livelli di contaminazione in sito) ed inversa (calcolo degli obiettivi di bonifica).
- Lavora come MACRO all'interno di Excel.
- La concentrazione rappresentativa nel suolo viene inserita come concentrazione tal quale ( $C_{\text{suolo}_t.q}$ ); non prevede in input la concentrazione espressa rispetto al suolo secco ( $C_{\text{suolo}_s.s}$ ).
- Il valore di concentrazione in input nel suolo è unico per tutto l'insaturo.
- La distinzione tra suolo superficiale e suolo profondo si riferisce unicamente all'attivazione di alcuni percorsi (es. ingestione+contatto dermico e inalazione di polveri).



# Main Screen

RBCA Tool Kit for Chemical Releases  
Version 1.3a © 2000

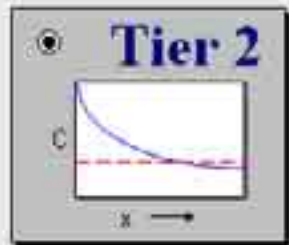
## 1. Project Information

Site Name: Punto vendita carburanti  
Location: \_\_\_\_\_  
Compl. By: APAT  
Date: \_\_\_\_\_ Job ID: \_\_\_\_\_

## 2. Which Type of RBCA Analysis?



Generic Values  
On-site Exposure



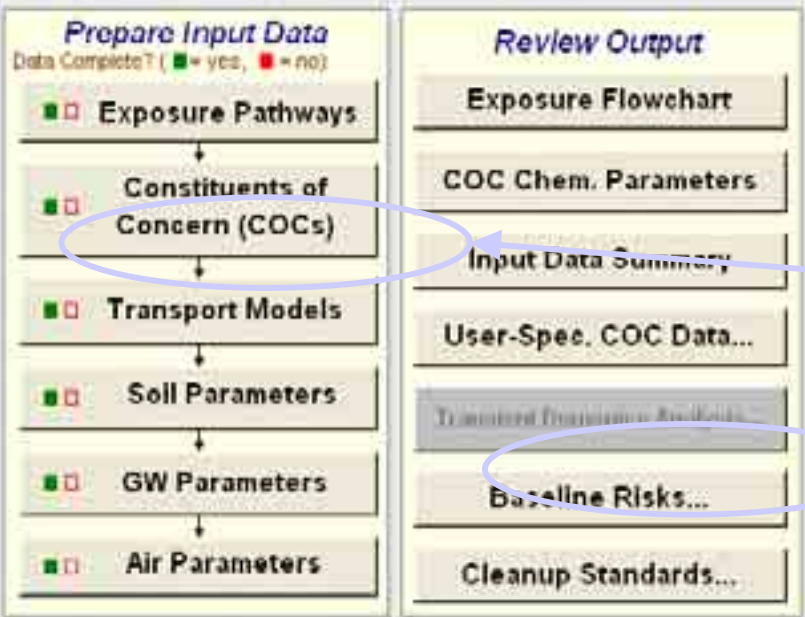
Site-Specific Values  
On- or Off-Site Exposure

## 3. Calculation Options

Affects which input data are required

- Baseline Risks (Forward mode)
- RBCA Cleanup Standards (Backward mode)

## 4. RBCA Evaluation Process



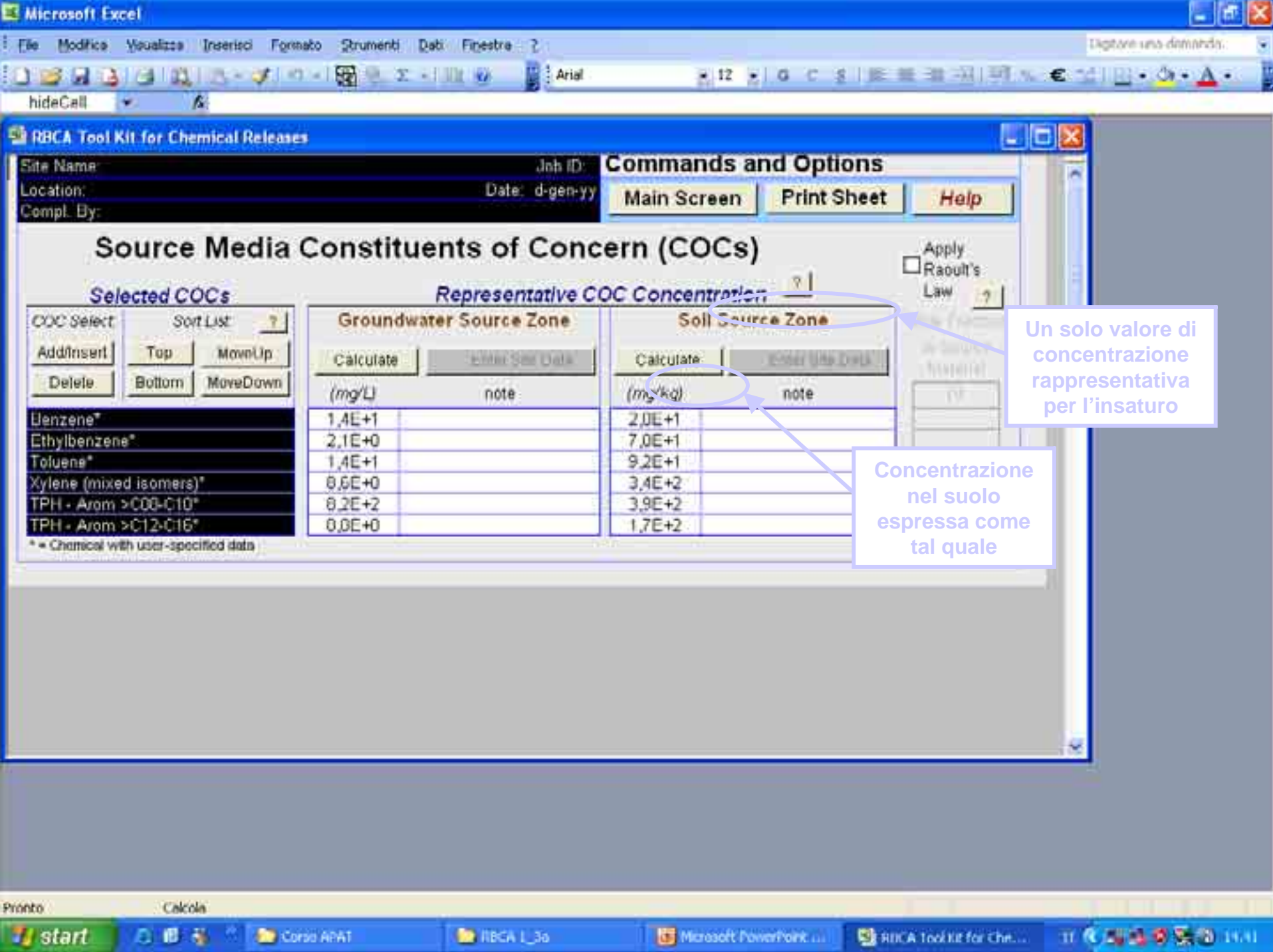
## 5. Commands and Options

New Site	Load Data...	Save Data As...	Quit
Print Sheet	Set Units	Custom Chem. Data	Help

Input delle concentrazioni

Modello di Domenico nel transitorio

Modalità di calcolo diretta e inversa



Site Name: Job ID:  
Location: Date: d-gen-yy  
Compl. By:

**Commands and Options**  
Main Screen Print Sheet Help

### Source Media Constituents of Concern (COCs)

Apply Raoult's Law

**Selected COCs**

COC Select Sort List ?

Add/insert Top MoveUp  
Delete Bottom MoveDown

**Groundwater Source Zone**

Calculate Enter Site Data

(mg/L) note

**Soil Source Zone**

Calculate Enter Site Data

(mg/kg) note

Benzene*
Ethylbenzene*
Toluene*
Xylene (mixed isomers)*
TPH - Arom >C00-C10*
TPH - Arom >C12-C16*

\* = Chemical with user-specified data

1,4E+1	
2,1E+0	
1,4E+1	
0,6E+0	
0,2E+2	
0,0E+0	

2,0E+1	
7,0E+1	
9,2E+1	
3,4E+2	
3,9E+2	
1,7E+2	

Un solo valore di concentrazione rappresentativa per l'insaturo

Concentrazione nel suolo espressa come tal quale

## Caratteristiche di RBCA Tool Kit

- Può effettuare il calcolo della concentrazione rappresentativa nel suolo e nelle acque sotterranee a partire dai dati di concentrazione disponibili (punti di campionamento).
- La selezione del valore rappresentativo di concentrazione (max., media, UCL 95% o 99%) è lasciata all'utente e non è effettuata in automatico dal software.
- Il calcolo dell'UCL viene effettuato unicamente nell'ipotesi di distribuzioni normali o log-normali scelte automaticamente dal software.
- Ha un database interno per le proprietà chimico fisiche e tossicologiche direttamente modificabile all'interno del software.



Anal - 10 - G C S

ChemName.inp = Benzene

Database delle sostanze modificabile all'interno del software

### User-Specified Custom Chemical Database

Chemical Name: Benzene

CAS No.: 71-43-2

Type: A

#### Physical Properties

Property	Value	Reference
Molecular weight (g/mol)	78.1	PS
Solubility @ 20-25°C (mg/L)	1750	PS
Vapor pressure @ 20-25°C (mmHg)	95.2	PS
Herry's Law constant @ 20°C	0.2288863	PS
Ionization/association constants (pH units): acid pKa	-	
base pKb	-	
Scorption coefficient (log L/kg)	1.77	PS
Diffusion coefficient in air (cm <sup>2</sup> /s)	0.088	PS
Diffusion coefficient in water (cm <sup>2</sup> /s)	0.0000098	PS

#### Miscellaneous Parameters

Analytical Detection Limits:

Groundwater (mg/L): 0.002 \$ Soil (mg/kg): 0.005 \$

First-Order Decay Half Lives (days):

Saturated: 720 Unsaturated: 720 H

Bioconcentration Factor (-): 12.6

#### Toxicity Data

Parameter	Value	Reference
CPA weight of evidence	A	
Oral slope factor (1/(mg/kg/day))	0.029	PS
Dermal slope factor (1/(mg/kg/day))	0.0298969	TK
Inhalation unit risk factor (1/(µg/m <sup>3</sup> ))	8.286E-06	PS
Oral reference dose (mg/kg/day)	0.003	R
Dermal reference dose (mg/kg/day)	-	
Inhalation reference conc. (mg/m <sup>3</sup> )	0.00595	RI

#### Dermal Exposure

Dermal relative adsorption factor (-)	0.5	D
Dermal permeability coefficient (cm/hr)	0.021	
Lag time for dermal exposure (hr)	0.26	
Critical dermal exposure time (hr)	0.63	
Relative contribution of perm. coeff. (-)	0.013	

#### Regulatory Standards

Groundwater MCL (mg/L)	0.005	fw
Air PEL/TWA (mg/m <sup>3</sup> )	3.25	
Aquatic life print criterion (mg/L)	-	

#### Commands and Options

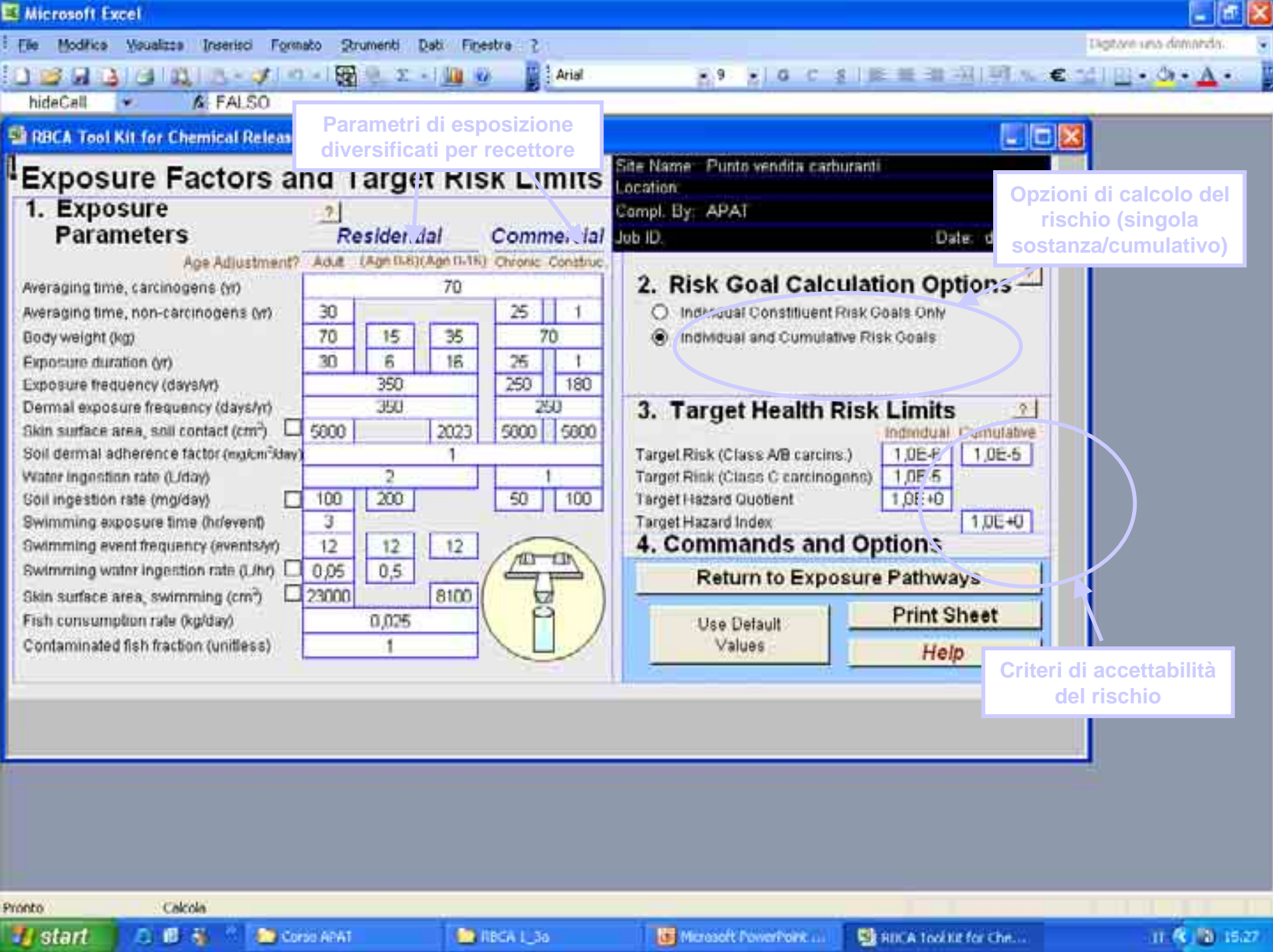
Buttons: Update Database, Close, Restore Values, Print Sheet, Help, Refs.





## Caratteristiche di RBCA Tool Kit

- I parametri di input sito-specifici da inserire sono guidati dal software a seconda dei percorsi di esposizione attivati e dei modelli di F&T utilizzati.
- I recettori considerati sono:
  - scenario residenziale: adulti, bambini (0-6 anni), bambini (0-16 anni)
  - scenario commerciale/industriale: lavoratori sul sito, operatori addetti alla bonifica (construction workers)
- Ai recettori considerati sono associati gli specifici parametri di esposizione.
- Consente di calcolare il rischio e/o gli obiettivi di bonifica anche sulla base di effetti cumulativi delle sostanze, sommando rispettivamente i rischi cancerogeni e gli indici di pericolo determinati per la singola sostanza.
- I criteri di accettabilità del rischio (singola sostanza) per le sostanze cancerogene sono diversificati a seconda della classe di cancerogenicità della sostanza.



Parametri di esposizione diversificati per recettore

Opzioni di calcolo del rischio (singola sostanza/cumulativo)

Criteri di accettabilità del rischio

# Exposure Factors and Target Risk Limits

## 1. Exposure Parameters

Residential Commercial

Age Adjustment? Adult (Age 0-8)(Age 0-15) Chronic Construct

Averaging time, carcinogens (yr)	70				
Averaging time, non-carcinogens (yr)	30			25	1
Body weight (kg)	70	15	35	70	
Exposure duration (yr)	30	6	18	25	1
Exposure frequency (days/yr)	350			250	180
Dermal exposure frequency (days/yr)	350			250	
Skin surface area, soil contact (cm <sup>2</sup> )	<input type="checkbox"/> 5000	2023		5000	5000
Soil dermal adherence factor (mg/cm <sup>2</sup> day)	1				
Water ingestion rate (L/day)	2			1	
Soil ingestion rate (mg/day)	<input type="checkbox"/> 100	200	<input type="checkbox"/> 50 100		
Swimming exposure time (hr/event)	3				
Swimming event frequency (events/yr)	12	12	12		
Swimming water ingestion rate (L/hr)	<input type="checkbox"/> 0,05	0,5			
Skin surface area, swimming (cm <sup>2</sup> )	<input type="checkbox"/> 23000	8100			
Fish consumption rate (kg/day)	0,025				
Contaminated fish fraction (unitless)	1				

## 2. Risk Goal Calculation Options

- Individual Constituent Risk Goals Only
- Individual and Cumulative Risk Goals

## 3. Target Health Risk Limits

	Individual	Cumulative
Target Risk (Class A/B carcins.)	1,0E-6	1,0E-5
Target Risk (Class C carcinogens)	1,0E-5	
Target Hazard Quotient	1,0E+0	
Target Hazard Index		1,0E+0

## 4. Commands and Options

Return to Exposure Pathways

Use Default Values      Print Sheet

Help

## Caratteristiche di RBCA Tool Kit

- Il calcolo del rischio (individuale o cumulato su più sostanze) avviene per singola via di esposizione:
  - percorsi diretti: ingestione+contatto dermico col suolo
  - inalazione outdoor: inalazione di vapori (da suolo+falda) e inalazione polveri outdoor (da suolo)
  - inalazione indoor: inalazione di vapori indoor (da suolo+falda)
  - ingestione di acqua di falda: contaminazione lisciviata dal suolo o già presente in falda
  - ingestione e contatto dermico (nuotando) con acque superficiali: contaminate dalla falda
  - consumo di pesci: presenti in acque superficiali contaminate
- Il valore di rischio selezionato è quello più elevato tra le vie di esposizione attivate.
- L'obiettivo di bonifica per le diverse matrici (suolo, acque sotterranee) viene calcolato sulla base del percorso di esposizione più critico (es. inalazione vapori indoor).
- Gli obiettivi di bonifica sono anch'essi espressi come concentrazione riferita al tal quale.



RBCA Tool Kit for Chemical Releases

Return Print Sheet **RBCA SITE ASSESSMENT** Baseline Risk Summary-All Pathways

Site Name: Completed By: Hydrotech Date Completed: 8-gen-yy 1 of 1

**TIER 2 BASELINE RISK SUMMARY TABLE**

EXPOSURE PATHWAY	Individual COC Risk		Cumulative COC Risk		Risk Limit(s) Exceeded?	Hazard Quotient		Hazard Index		Toxicity Limit(s) Exceeded?
	Maximum Value	Target Risk	Total Value	Target Risk		Maximum Value	Applicable Limit	Total Value	Applicable Limit	
<b>OUTDOOR AIR EXPOSURE PATHWAYS</b>										
Complete:	4.7E-4	1.0E-6	4.7E-4	1.0E-5	■	1.7E-1	1.0E+0	1.8E-1	1.0E+0	□
<b>INDOOR AIR EXPOSURE PATHWAYS</b>										
Complete:	9.0E-4	1.0E-6	9.0E-4	1.0E-5	■	4.7E+1	1.0E+0	4.9E+1	1.0E+0	■
<b>SOIL EXPOSURE PATHWAYS</b>										
Complete:	2.2E-3	1.0E-6	2.2E-3	1.0E-5	■	2.1E-1	1.0E+0	2.5E-1	1.0E+0	□
<b>GROUNDWATER EXPOSURE PATHWAYS</b>										
Complete:	3.2E-4	1.0E-6	3.2E-4	1.0E-5	■	8.6E+0	1.0E+0	8.7E+0	1.0E+0	■
<b>SURFACE WATER EXPOSURE PATHWAYS</b>										
Complete:	NA	NA	NA	NA	□	NA	NA	NA	NA	□
<b>CRITICAL EXPOSURE PATHWAY (Maximum Values From Complete Pathways)</b>										
	2.2E-3	1.0E-6	2.2E-3	1.0E-5	■	4.7E+1	1.0E+0	4.9E+1	1.0E+0	■
	Soil			Soil		Indoor Air		Indoor Air		

Calcolo del rischio per via di esposizione

Percorso critico s. cancerogene

Percorso critico s. non cancerogene



## Criticità





- Non è chiaro come calcola il rischio nel caso di uso residenziale (recettore adulto, recettore bambino o entrambi?).
- Non distingue tra suolo superficiale e profondo per il calcolo dell'obiettivo di bonifica.
- I modelli di volatilizzazione outdoor da suolo superficiale e profondo presentano delle incongruenze (es. sostanze volatili: maggiore volatilizzazione dal suolo profondo rispetto al suolo superficiale).
- Nel caso in cui gli obiettivi di bonifica per il suolo superficiale la "concentrazione di saturazione" non vi è un controllo sui percorsi diretti (ingestione+contatto dermico).
- Il rischio cumulato su più sostanze sembra non partecipare alla rimodulazione degli obiettivi di bonifica.
- Considera la presenza di LNAPL in falda, a patto che si sia caratterizzata la miscela.

## Caratteristiche di ROME ver.2.1

- Applica la procedura graduale RBCA e gli algoritmi ASTM, USEPA e CONCAWE.
- Esegue l'Analisi di Rischio nella procedura diretta (stima del rischio a partire dai livelli di contaminazione in sito) ed inversa (calcolo degli obiettivi di bonifica).
- Livelli di analisi:
  - Livello 1: confronto con Limiti di Accettabilità Generici (LAG), livelli di screening risk-based (equivalenti ai RBSLs di ASTM/RBCA);
  - Livello 2: analisi di rischio sito-specifica e valutazione LAS (obiettivi di bonifica per suolo e acque sotterranee).
- Nel primo step della procedura è previsto un 'Confronto tabellare' sia con limiti ex DM 471/99 che con i LAG di 'Livello 1'.
- I LAG sono calcolati partendo dai livelli di accettabilità del rischio  $10^{-5}$  (sostanze cancerogene) e 1 (sostanze non cancerogene) attivando tutti i percorsi di esposizione presenti nel software e considerando un recettore on-site.
- Il 'Livello 1' e il 'Livello 2' sono svincolati.

Descrizione	Matrice Suolo			Matrice Falda		
	Ritrovato (mq/kg) s.s.	DM 471 (RES) (mq/kg) s.s.	DM 471 (IND) (mq/kg) s.s.	Ritrovato (mg/l)	DM 471(Falda) (mg/l)	
Benzene	20	0,1	2	13,0		0,001
Etilbenzene	70	0,5	50	2,05		0,05
Idrocarburi C < 12 (Range delle Benzine)	391,7	10	250	823,7		
Idrocarburi C > 12 (Range del Gasolio)	174	50	750	0		
Toluene	92	0,5	50	13,5		0,015
Xileni	330	0,5	50	8,0		

Confronto con i limiti tabellari ex D.M. 471/99

-  = Superamento del limite RES
-  = Superamento del limite IND
-  = Superamento dei limiti RES e IND
-  = Superamento del limite DM171 Falda

**Limiti per il suolo :**  
 RES : comprende fuso residenziale, ricreativo  
 IND : comprende fuso industriale e commerciale





Descrizione	Matrice Suolo			Matrice Falda	
	Ritrovato (mg/kg) s.s.	LAG (RES) (mg/kg) s.s.	LAG (IND) (mg/kg) s.s.	Ritrovato (mg/l)	LAG (Falda) (mg/l)
Benzene	20	0,01	0,01	13,8	0,001
Etilbenzene	70	1,5	1,5	2,05	0,05
Idrocarburi C<12 (Range delle Benzine)	341,7	0,16	2	103,7	
Idrocarburi C>12 (Range del Gasolio)	174	89	89	0	
Toluene	92	0,3	0,3	13,5	0,015
Xileni	330	244	305	8,6	

Confronto con i LAG (risk-based) a protezione uomo e risorsa idrica sottomanea

-  = Superamento del limite RES
-  = Superamento del limite IND
-  = Superamento dei limiti RES e IND
-  = Superamento del limite LAG Falda

**Limiti per il suolo :**  
 LAG : limiti di accettabilità generici equivalenti ai livelli di screening  
 RES : comprende l'uso residenziale, ricreativo  
 IND : comprende l'uso industriale e commerciale



## Caratteristiche di ROME ver.2.1

- Le concentrazioni da inserire in input sono riferite al suolo secco ( $C_{\text{suolo\_s.s}}$ ). Il software trasforma automaticamente queste ultime in tal quale ( $C_{\text{suolo\_t.q}}$ ).
- Il Modello Concettuale del Sito (MCS) è uno schema a blocchi da cui è possibile selezionare sorgenti, percorsi, recettori e inserire i valori dei parametri di input.
- All'interno dell'MCS è possibile inserire valori di concentrazione diversi per suolo superficiale e profondo.
- E' possibile inserire valori di concentrazione nell'eluato determinati mediante test di cessione ed attivare alcuni contaminanti come prodotto libero in falda (LNAPL).

Contaminanti presenti nel database

- 1,1,1-Tricloroetano - 71556
- 1,1,2,2-Tetracloroetano - 79345
- 1,1,2-Tricloroetano - 79005
- 1,1-Dicloroetano - 75343
- 1,1-Dicloroetilene - 75354
- 1,2,3-Tricloropropano - 96184
- 1,2,4,5-Tetraclorobenzene - 95943
- 1,2,4-Triclorobenzene - 120821
- 1,2-Dibromoetano - 106934
- 1,2-Diclorobenzene - 95501
- 1,2-Dicloroetano - 107062
- 1,2-Dicloroetilene - 540590
- 1,2-Dicloropropano - 78875
- 1,2-Dinitrobenzene - 520290
- 1,3-Diclorobenzene - 541731
- 1,3-Dinitrobenzene - 99650
- 1,4-Diclorobenzene - 106467
- 2,3,4,6-Tetraclorofenolo - 58902
- 2,4,6-Triclorofenolo - 88062
- 2,4-Diclorofenolo - 120032
- 2-Clorofenolo - 95578
- Acenafene - 83329
- Acenafilene - 200960
- Acido Ftalico - 88933
- Acilammide - 79061
- Acilnitrile - 107131
- Alador - 15972601
- Aldrin - 309002
- Alfa-resacloroetano - 319846
- Anilina - 62533
- Antimonio - 7440360
- Antracene - 120127
- Argento - 7440224
- Arsenico - 7440382
- Atrazina - 1912249
- Bario - 7440390
- Benzo(a)antracene - 56553
- Benzo(a)pirene - 50328
- Benzo(b)fluorantene - 205992

Contaminanti e concentrazioni osservate

Contaminante	Suolo (mg/Kg) s.s.	Falda (mg/l)
benzene	20	1,11
Etilbenzene	70	,05
Idrocarburi C<12 (Range delle Benzine)	391,7	23,7
Idrocarburi C>12 (Range del Gasolio)	174	0
Toluene	92	13,5
Xileni	338	8,6

Input delle concentrazioni rappresentative riferite al suolo secco.

# Modello concettuale

**Terreno superficiale (<1m prof)**

**Terreno profondo (>1m prof)**

**Fase dissolta in falda**

**Fase separata (prodotto libero)**

**Dettaglio delle concentrazioni delle matrici ambientali**

**Assorbimento di suolo**

- Contatto dermico
- Inalazione indoor di polveri
- Inalazione outdoor di polveri
- Inalazione indoor di vapori
- Inalazione outdoor di vapori
- Dilavamento suolo sup. e migrazione verso punto di conformità
- Dilavamento suolo sup. e migrazione verso risorsa idrica superficiale

- Inalazione indoor di vapori
- Inalazione outdoor di vapori
- Dilavamento suolo e migrazione verso punto di conformità
- Dilavamento suolo e migrazione verso risorsa idrica superficiale

- Inalazione indoor di vapori
- Inalazione outdoor di vapori
- Migrazione verso punto di conformità
- Migrazione verso risorsa idrica superficiale

- Inalazione indoor di vapori
- Inalazione outdoor di vapori
- Migrazione fase dissolta verso punto di conformità
- Migrazione fase dissolta verso risorsa idrica superficiale

**Bambini ed adulti per uso del sito Residenziale/Ricreativo**

Uomo

**Lavoratori per uso del sito Industriale/Commerciale**

**Risorse Idriche sotterranee**

Risorse Idriche

**Risorse Idriche superficiali**

acque superficiali



↳ Dettaglio delle concentrazioni delle matrici ambientali

Descrizione contaminante	Conc. Suolo sup. (mg/kg) s.s.	Conc. Suolo prof. (mg/kg) s.s.	Eluato (mg/l)	LNAPL
Benzene	20	20	0	SI
Etilbenzene	70	70	0	SI
Idrocarburi C<12 (Range delle Benzine)	391,7	391,7	0	SI
Idrocarburi C>12 (Range del Gasolio)	174	174	0	SI
Toluene	92	92	0	SI
Xileni	330	330	0	SI

**Concentrazioni differenziate per suolo superficiale e profondo**

**Concentrazione nell'eluato e presenza di LNAPL**

Suolo superficiale : < 1m dal piano campagna  
 Suolo profondo : > 1m dal piano campagna

LNAPL : Prodotto libero in galleggiamento sulla falda. Per escludere il calcolo del rischio per il prodotto in galleggiamento sulla falda occorre selezionare casella corrispondente e premere i tasti 'freccia destra' o 'freccia sinistra' per cambiare in SI o NO.

 [Stampa](#)



## Caratteristiche di ROME ver.2.1

- I valori di default dei parametri di input sono contenuti in un file ACCESS esterno a ROME.
- Nella costruzione del modello concettuale è possibile inserire i parametri di input sito-specifici (geometria della sorgente, caratteristiche del sito, ecc.) e modificare i parametri di esposizione all'interno del software.
- L'inserimento dei parametri sito-specifici è guidato dal software all'interno del modello concettuale a seconda dei percorsi di esposizione attivati.
- I parametri chimico-fisici delle sostanze sono aggiornabili all'interno del software, mentre i parametri tossicologici devono essere modificati nel database ACCESS esterno.
- Anche per aggiungere nuove sostanze occorre aggiornare il file ACCESS includendo tutti i campi richiesti.





- Parametri
- Esposizione umana
- Caratteristiche del sito
- Parametri chimico-fisici**
- Parametri tossicologici

Contaminante	MW	Sol	H		Dair	Dwat
Benzene	78,1	1,75E+03	2,28E-01	6,20E+01	8,00E-02	9,00E-06
Etilbenzene	106,2	1,69E+02	3,23E-01	2,01E+02	7,50E-02	7,80E-06
Idrocarburi C<12 (Range delle Benzine)	120	5,10E+01	3,30E-01	1,78E+03	7,00E-02	1,00E-05
Idrocarburi C>12 (Range del Gasolio)	150	5,00E+00	3,00E-02	5,00E+03	6,00E-02	1,00E-05
Toluene	92,1	5,26E+02	2,72E-01	1,10E+02	6,70E-02	8,60E-06
Xileni	106,2	1,85E+02	3,14E-01	1,96E+02	8,70E-02	7,80E-06

**Parametri chimico-fisici delle sostanze aggiornabili all'interno del software**

[Stampa](#)

Parametri chimico - fisici

- MW Peso molecolare (g/mole)
- Sol Solubilità di un componente puro in acqua (mg/l)
- H Costante della legge di Henry (adm.)
- Dair Coefficiente di diffusione in aria (cm²/s)
- Koc Coefficiente di partizione Carbonio organico-acqua (ml/g) (\*\*)
- Dwat Coefficiente di diffusione in acqua (cm²/s)
- Kd Coefficiente di partizione suolo/acqua (adm.)

(\*) parametro di base per le sostanze organiche

(\*\*) parametro di input per le sostanze inorganiche





## Caratteristiche di ROME ver.2.1

- Il calcolo del rischio per il recettore uomo avviene per matrice ambientale sommando tutti i percorsi attivati dalla matrice:
  - suolo superficiale: ingestione+contatto dermico +inalazione indoor e outdoor di vapori e polveri;
  - suolo profondo: inalazione indoor e outdoor di vapori;
  - falda: inalazione di vapori indoor e outdoor di vapori;
  - prodotto libero: inalazione di vapori indoor e outdoor di vapori;
- Il calcolo del rischio da sostanze cancerogene per lo scenario residenziale viene effettuato sulla base di un'esposizione mediata sul corso della vita (AT=70 anni) tenendo conto delle durate di esposizione da bambino (ED=6 anni) e da adulto (ED=24 anni).
- Il calcolo del rischio da sostanze tossiche per lo scenario residenziale viene effettuato separatamente tra adulto e bambino. Viene selezionato il valore più cautelativo ('recettore critico').

Sostanze cancerogene: Rischio per i residenti

Contaminante	Rischio totale dal suolo profondo	Rischio totale dalla falda	Rischio totale dal prodotto libero	Rischio unificato
Benzene	1,00E-05	3,81E-04	2,10E-04	
Etilbenzene	1,94E-04	5,54E-05	9,65E-04	

Calcolo del rischio (sostanze cancerogene) per matrice ambientale Scenario residenziale

- Sostanze Canc.
- Residenti
  - Lavoratori

- Sostanze non Canc.
- Bambini (res)
  - Adulti (res)
  - Lavoratori

Riepilogo

Limite di accettabilità sostanze cancerogene

- 1,00E-05
- 1,00E-04
- 1,00E-05
- 1,00E-06

Criteri di accettabilità del rischio cancerogeno



Sostanze Canc.  
 Residenti  
 Lavoratori

Sostanze non Canc.  
 **Bambini (res)**  
 Adulti (res)  
 Lavoratori

Sostanze non cancerogene: 'hazard index' per i bambini residenti

Contaminante	HI totale dal suolo profondo	HI totale dalla falda	HI totale dal prodotto libero	HI Inalazione
Benzene	1,09E+01	4,11E+01	1,16E+01	1,16E+01
Etilbenzene	8,19E-01	2,42E-02	1,23E+00	1,23E+00
Idrocarburi C<12 (Range delle Benzine)	1,09E+01	1,95E-02	1,95E+01	1,95E+01
Idrocarburi C>12 (Range del Gasolio)	3,22E-02		5,51E-02	5,51E-02
Toluene	3,89E+00	3,98E-01	3,19E+01	3,19E+01
Xileni	6,85E+00	1,60E-01	6,13E+00	6,13E+00

Calcolo dell'Hazard Index  
 (sostanze non cancerogene) per matrice ambientale  
 Scenario residenziale  
 (recettore bambino)

Riepilogo

Limite di accettabilità sostanze non cancerogene

Stampa

Criteri di accettabilità del rischio tossico



## Caratteristiche di ROME ver.2.1

- Il calcolo del rischio per le risorse idriche sotterranee viene stimato tramite il confronto con standard di qualità (limiti ex. D.M 471/99). Il 'rischio falda' è calcolato come rapporto tra la concentrazione attesa al punto di conformità e lo standard di qualità.
- Per le sostanze non normate rispetto alla falda lo standard di qualità 'D.M. 471 surrogato' viene calcolato a partire dal percorso 'ingestione di acqua potabile'.
- Il calcolo del rischio per le risorse idriche superficiali viene effettuato come rapporto tra la concentrazione attesa nel corpo idrico e gli standard di qualità (limiti ex. D.Lgs. 152/99).
- I 'rischi' per le risorse idriche vengono valutati partendo da ciascuna matrice ambientale contaminata (suolo superficiale e profondo, sorgente in falda, eluato, LNAPL).

Riepilogo

Stampa

Contaminante	Rischio dal suolo	Rischio dalla falda	Rischio dal prodotto
Benzene	1,90E+01	1,00E+01	1,70E+00
Etilbenzene	3,20E+02	4,10E+01	3,30E+03
Idrocarburi C<12 (Range delle Benzine)	1,01E+01 *	7,52E+02 *	
Idrocarburi C>12 (Range del Gasolio)	1,61E+00 *		
Toluene	2,00E+03	9,00E+02	3,51E+04
Xileni	1,13E+01 *	1,18E+00 *	

**'Rischi' per la falda stimati a partire dalle matrici ambientali contaminate**

**Confronto con il 'D.M. 471 surrogato' per gli Idrocarburi C<12**



## Caratteristiche di ROME ver.2.1

- I LAG e gli obiettivi di bonifica (LAS) sono calcolati per matrice ambientale secondo l'approccio CONCAWE (somma delle esposizioni):

$$LAG = \frac{MDI_{I(polveri)} + MDI_{I(vapori)}}{TDI_I} + \frac{1}{\frac{MDI_{O(ingestione)} + MDI_{O(contatto\ dermico)}}{TDI_O}}$$

- L'MDI (Maximum Daily Intake = EM) è la variabile che calcola la portata di esposizione;
- Per il calcolo dei LAG sono attivi tutti i percorsi di esposizione;
- Per i LAS viene usato lo stesso algoritmo ma si considerano solo i percorsi attivi ed i parametri specifici del sito.
- I LAS possono essere calcolati considerando l'additività delle sostanze. Si sommano gli effetti dovuti alle sostanze cancerogene, mentre per le sostanze tossiche si sommano gli effetti solo se hanno lo stesso organo bersaglio (approccio USEPA).

Contaminante	PROTEZIONE DELLA SALUTE UMANA (addittività non considerata)				PROTEZIONE DELLE RISORSE IDRICHE				
	Iniziale / Ricm.	Industriale / Commerciale		Falda	Sotterranea		Superficiale		Suolo (eluato)
		Falda	Suolo superficiale		Soilo profondo	Soilo	Suolo (suato)	Falda	
Benzene			7,72E+00	7,70E+00	1,60E-03		1,00E-03		
Etilbenzene			5,05E+01		2,39E-01		5,00E-02		
Idrocarburi C<12 (Range delle Benzine)				1,05E+02	4,34E+01 *		1,10E+00 *		
Idrocarburi C>12 (Range del Gasolio)					1,21E+02 *				
Toluene					5,01E-02		1,50E-02		
Xileni					3,35E+01 *		7,30E+00 *		

LAS per le diverse matrici ambientali a protezione del recettore uomo

LAS per il suolo a protezione della falda

LAS per la sorgente in falda

Considera l'addittività delle sostanze

Opzione per derivare i LAS sulla base dell'addittività delle sostanze

I LAS sono evidenziati solo se i rischi eccedono il massimo livello di rischio accettabile.

Suolo superficiale = LAS per il suolo superficiale (mg/kg) s.s.     
 Suolo = LAS per il suolo (mg/kg) s.s.     
 Suolo (eluato) = LAS per l'eluato (mg/l)  
 Suolo profondo = LAS per il suolo profondo (mg/kg) s.s.     
 Falda = LAS per la falda (mg/l)     
 \* DM71 Surrogata



Toolbar with icons for: Nuovo, Apri, Proprietà, Esci, Inserimento Contaminanti, Confronto con i Limiti Tabellari, Analisi di rischio (Livello 2), and a color palette.



# R EAS O NABLE M AXIMUM E XPOSURE

Stima dell'esposizione e rischio dei siti contaminati per la gestione delle bonifiche



Agenzia Nazionale  
per la Protezione  
Ambientale

**versione 2.1**  
**<http://www.apat.it>**  
**[rome@apat.it](mailto:rome@apat.it)**



## Criticità

- Maggiore onere computazionale nel modificare il database ACCESS esterno (datato 2001).
- I recettori falda e acque superficiali sono considerati come “recettori ecologici” per cui si richiede il rispetto dei limiti ex DM 471/99 ed ex D Lgs 152/99. Il calcolo del rischio per ingestione di acqua potabile non è incluso.
- Solo per le sostanze non normate in falda (ex DM 471/99) viene calcolato il valore di concentrazione relativo all'ingestione di acqua potabile (DM 471 surrogato).
- Poca chiarezza nel manuale su alcune scelte effettuate e su alcuni parametri di input.
- Modelli di F&T vincolati, occorrerebbe maggiore flessibilità/opzioni.
- Modello di volatilizzazione outdoor di vapori da suolo superficiale giudicato troppo cautelativo.

## Caratteristiche di Giuditta ver.3.1

- Applica gli algoritmi ASTM (con opzioni aggiuntive, es. SAM, Johnson & Ettinger modificato, ecc.), USEPA e CONCAWE.
- Eseguce l'Analisi di Rischio nella procedura diretta (stima del rischio a partire dai livelli di contaminazione in sito) ed inversa (calcolo degli obiettivi di bonifica).
- Livelli di analisi:
  - Livello 1: confronto con le Concentrazioni Soglia di Contaminazione - CSC (D.Lgs. 152/06)
  - Livello 2: analisi di rischio sito-specifica e valutazione delle Concentrazioni Soglia di Rischio – CSR (D.Lgs. 152/06)
- Il 'Livello 1' e il 'Livello 2' non sono svincolati. Questo vuol dire che l'analisi di rischio sito-specifica viene condotta unicamente per le sostanze che superano le CSC nel suolo insaturo e/o nelle acque sotterranee.

## Caratteristiche di Giuditta ver.3.1

- La preparazione dell'input relativo alla sorgente di contaminazione consiste nel definire:
  - l'area di esposizione considerata (l'intero sito o parte di esso) e la destinazione d'uso (scenario di esposizione)
  - l'area di campionamento includendo i sondaggi/campioni analizzati
  - l'input delle concentrazioni dei contaminanti rilevati per ogni sondaggio/campione relativo alle matrici ambientali caratterizzate (suolo insaturo, acque sotterranee, eluato, LNAPL).
- Le concentrazioni nel suolo in input sono riferite al suolo secco ( $C_{\text{suolo}_{s.s}}$ ). Il software trasforma queste ultime in tal quale ( $C_{\text{suolo}_{t.q}}$ ) solo se viene inserita in input l'umidità del campione.
- L'input delle concentrazioni viene differenziato tra gli idrocarburi e le altre sostanze incluse nel D.Lgs. 152/06.
- Per gli idrocarburi, le concentrazioni sono differenziate a seconda delle frazioni presenti nella miscela (classificazione MADEP o classificazione TPHWG).
- Nel caso in cui non sia stata fatta un'analisi delle frazioni (rispettivamente per i  $C < 12$  e i  $C > 12$ ) deve essere selezionato il componente della miscela più tossico e più solubile secondo quanto indicato dai "Criteri Metodologici" APAT.

AREA GENERALE

CODICE : A1  
DESCRIZIONE : Punto vendita carburanti  
PROPRIETARIO :

Definizione delle zone di esposizione e della destinazione d'uso

ZONE DI ESPOSIZIONE

Codice	Codice interno	Descrizione	Destinazione d'uso
A1	Z1	Punto vendita carburanti	Commerziale

Indicazione dei punti di campionamento nella zona di esposizione

PUNTI DI CAMPIONAMENTO - ZONA A1

Codice	X(m)	Y(m)	Z(m)	PC (m.s.l.m.)	Umidità (%)	suolo	Falda	Ekato	EL>2mm	LNAPL
GM15	11,1	10,5	1,5	0	12	1	0	0	0	0
GM16	42,1	2,2	1,5	0	12	1	0	0	0	0
SM15	45,6	12,7	1,5	0	12	1	0	0	0	0
SM16	48	1,5	1,5	0	12	1	0	0	0	0
SM17	36,9	18,4	1,5	0	12	1	0	0	0	0
pozso16	2,5	33	4,6	0	0	0	1	0	0	0
PZM1.123	5,1	10,6	5,123	0	0	0	1	0	0	0
PZM1.228	42,1	2,2	4,228	0	0	0	1	0	0	0
PZM1.652	45,6	12,7	4,652	0	0	0	1	0	0	0
PZM1.050	40	1,5	0,050	0	0	0	1	0	0	0
PZM1.041	36,9	18,4	0,041	0	0	0	1	0	0	1

### AREA GENERALE

Riattorniva

CODICE :

DESCRIZIONE :

PROPRIETARIO :

### ZONE DI ESPOSIZIONE

Stampa      Esporta in excel

Codice	Codice Interno	Descrizione	Destinazione urbanistica
A1	Z1	Punto vendita carburanti	Commerciale

Inserisci      Modifica      Elimina

### MODIFICA PUNTO DI CAMPIONAMENTO

CODICE :

SONDAGGIO :

X :  m

Y :  m

Prof. di camp. (Z) :  m

UMIDITA' :  %

PUNTO CAMP. :  m s.l.m.

TIPOLOGIA DEL CAMPIONE :  Suolo       Estratto suolo (10 cm)

Falda       LNAPL

Eluato

FILE IMMAGINE :            

Indicazione della matrice ambientale caratterizzata

Coordinate del punto di campionamento

Umidità del campione per la trasformazione in tal quale

A1 - Punto vendita carburanti

- A1 - Punto vendita carburanti
  - S1/1,5
  - S2/1,5
  - S3/1,5
  - S4/1,5
  - S5/1,5
  - pozzo/4,6
  - P21/5,120
  - P22/4,228
  - P23/4,652
  - P24/3,350
  - P25/3,341

Contaminanti per il punto : S1/1,5

Descrizione
3,3-Diclorobenzidina
3,3-Dimetilbenzidina
Acenattilene
Acenattilene
Acido Ftalico
Acetilammide
Alacina
Aldrin
Alla-essicloroetano
Anilina
Animonio
Antrasene
Argento
Arsenico
Azadina
<b>Benzene</b>
Benzidina
Benzidilene
Benzo(a)pirene
Benzo(b)fluorantene
Benzo(g,h,i)perilene
Benzo(k,l)fluorantene
Diellio
Dieta-essicloroetano

**Inserimento concentrazioni**

Suolo s.s.:  mg/kg s.s.

Suolo t.q.:  mg/kg t.q.

Falda:  mg/l

Eluato:  mg/l

Eluato > 2 min:  mg/l

Calcola t.q. Annulla Conferma

**Attenzione**

Per procedere nell'analisi di rischio la concentrazione in tal quale deve essere specificata nella relativa casella, o deve essere calcolata in via teorica dal sistema premendo il tasto 'CALCOLA T.Q.'

CONTAMINANTI RITROVATI NEL PUNTO DI CAMPIONAMENTO

CAS	Descrizione
71432	Benzene
100414	Etilbenzene
100803	Toluene
1330207	Stireni
	C6-H aromatici
	C6-H aromatici

Ordina per:  Nome  D.M. 471  CAS

Visualizza:  Tutti  Organici  Inorganici

Idrocarburi  Insetticidi  Modifica  Elimina

Input delle concentrazioni riferite al suolo secco

Calcolo delle concentrazioni come tal quale sulla base dell'umidità del campione

Input delle concentrazioni riferite agli idrocarburi

	C<12	
	SUOLO mg/Kg	FALDA mg/l
<b>MADEP</b>	5	0
<b>TPH</b>	0	0

- ALIFATICI
  - MADEP
    - C>5-6 alifatici
    - C>6-8 alifatici
    - C>8-10 alifatici
    - C>10-12 alifatici
  - TPHCWG
    - EC>5-6 alifatici
    - EC>6-8 alifatici
    - EC>8-10 alifatici
    - EC>10-12 alifatici
- AROMATICI
  - MADEP
    - C>5-7 aromatici
    - C>7-8 aromatici
    - C>8-10 aromatici
    - C>10-12 aromatici
  - TPHCWG
    - EC>5-7 aromatici
    - EC>7-8 aromatici
    - EC>8-10 aromatici
    - EC>10-12 aromatici

	C>12	
	SUOLO mg/Kg	FALDA mg/l
<b>MADEP</b>	5	0
<b>TPH</b>	0	0

- ALIFATICI
  - MADEP
    - C>12-16 alifatici
    - C>16-18 alifatici
    - C>18-36 alifatici
  - TPHCWG
    - EC>12-16 alifatici
    - EC>16-18 alifatici
    - EC>18-35 alifatici
- AROMATICI
  - MADEP
    - C>12-16 aromatici
    - C>16-21 aromatici
    - C>21-32 aromatici
  - TPHCWG
    - EC>12-16 aromatici
    - EC>16-21 aromatici
    - EC>21-35 aromatici

Mostra le concentrazioni inserite

Selezione delle classi di idrocarburi secondo l'approccio MADEP o TPH Working Group

## Caratteristiche di Giuditta ver.3.1

- Una volta completato l'input, si passa al Livello 1 di confronto con le CSC e il software indica i sondaggi/campioni dove si rilevano concentrazioni superiori ai livelli di screening.
- La costruzione del modello concettuale e l'attivazione dei percorsi di esposizione avviene a valle del Livello 1.
- Nella costruzione del modello concettuale è possibile inserire i parametri di input sito-specifici (geometria della sorgente, caratteristiche del sito, ecc.) e modificare i default di esposizione all'interno del software.
- Per quel che riguarda i parametri chimico-fisici e tossicologici delle sostanze le modifiche vanno effettuate nel database ACCESS esterno al software.
- Anche per aggiungere nuove sostanze occorre aggiornare il file ACCESS includendo tutti i campi richiesti.



**PUNTI DI CAMPIONAMENTO CHE ECCEDENO LE CONCENTRAZIONI SOGLIA DI CONTAMINAZIONE** Riassuntivo generale

- AT - Punto vendita carburanti
  - AI - Punto vendita carburanti
    - S2/1,5
    - S3/1,5
    - S5/1,5
    - pietra/4,6
    - PZ1/5,123
    - PZ2/4,228
    - PZ3/4,652
    - PZ4/3,358

**Livello 1: confronto delle concentrazioni nei sondaggi/campioni disponibili con le CSC**

**CONTAMINANTI CHE ECCEDENO LE CSC - RIASSUNTIVO** Stampa Esporta in excel

CAS	Descrizione	Suola mg/Kg ss	Tipo Limite	Valore Limite mg/Kg ss	Superamento mg/Kg ss	Falda mgt
<b>ZONA Punto vendita carburanti</b>						
<b>PUNTO S2/1,5</b>						
71432	Benzene	20	IndCom	2	18	
100414	Etilbenzene	70	IndCom	50	20	
105591	Toluene	92	IndCom	50	42	
1230207	Ideni	338	IndCom	50	288	
<b>PUNTO S3/1,5</b>						
1230207	Ideni	50	IndCom	50	0	
<b>PUNTO S5/1,5</b>						
1002007	Ideni	100	IndCom	50	130	
	C18H0 aromatici	591,7	IndCom	250	141,7	

- A1 - Punto vendita carburanti
  - A1 - Punto vendita carburanti
    - Caratteristiche della zona
    - Percorsi di esposizione
      - Dal suolo
      - Dalla falda
      - Dal prodotto
    - Introduzione parametri

Input delle caratteristiche sito-specifiche e modifica dei parametri di esposizione

### Percorsi di esposizione dal suolo

<input type="checkbox"/> Ingestione di suolo	Formule
<input type="checkbox"/> Contatto dermico	Formule
<input type="checkbox"/> Inalazione indoor di polvere	Formule
<input type="checkbox"/> Inalazione all'aperto di polvere	Formule
<input type="checkbox"/> Vapor indoor dal suolo superficiale	Formule
<input type="checkbox"/> Vapori all'aperto dal suolo superficiale	Formule
<input checked="" type="checkbox"/> Vapor indoor dal suolo profondo	Formule
<input checked="" type="checkbox"/> Vapori all'aperto dal suolo profondo	Formule
<input checked="" type="checkbox"/> Dilevamento di suolo verso la falda	Formule

Visualizzazione delle equazioni di esposizione e delle equazioni di F&T per il percorso selezionato

Percorsi di esposizione selezionati

PARAMETRI TERRENO ED ACQUIFERO - ZONA : A1

Definizione della geometria della sorgente nel suolo e in falda

Inserimento dei valori sito specifici relativi alle caratteristiche del suolo e della falda

Parametri delle zone sorgenti

Zona satura

Descrizione	Simbolo	Valore
Densità secca (g/cm <sup>3</sup> )	R <sub>s</sub>	1,7
Foc della zona non satura (adm.)	Foc	0,01
Contenuto d'aria nel non saturo (adm.)	T <sub>as</sub>	0,26
Contenuto d'acqua nel non saturo (adm.)	T <sub>ws</sub>	0,12

Descrizione	Simbolo	Valore
Soggecenza della falda (cm)	L <sub>gw</sub>	334
Spessore della frangia capillare (cm)	H <sub>cap</sub>	5
Contenuto d'aria in frangia capillare (adm.)	T <sub>acap</sub>	0,038
Contenuto d'acqua in frangia capillare (adm.)	T <sub>wcap</sub>	0,342
Conducibilità idraulica (m/giorno)	K	0,00054
Gradiente idraulico (adm.)	i	0,25
Porosità efficace (adm.)	T <sub>e</sub>	0,15
Infiltrazione efficace (m/anno)	I	0,3
Densità secca dell'acquifero (g/cm <sup>3</sup> )	R <sub>s(sat)</sub>	1,7
Foc nella zona satura (adm.)	Foc(sat)	0,001
Dispersività longitudinale (m)	A <sub>x</sub>	10
Dispersività trasversale (m)	A <sub>y</sub>	3,3
Dispersività verticale (m)	A <sub>z</sub>	0,5
Profondità del prodotto (cm)	L <sub>pl</sub>	334
Spessore del prodotto libero (m)	S <sub>d</sub>	1
Lunghezza zona con Prodotto (m)		10
Lunghezza zona con Prodotto (m)		10
Distanza dal punto di conformità (m)	X	0
Spessore dell'acquifero (m)	d <sub>a</sub>	10

INSERIMENTO / MODIFICA VALORE

Utilizza S.A.M. (Soil Attenuation Model)  Formule

Chiudi

Utilizzo opzionale del Soil Attenuation Model (SAM) per il percorso lisciviazione dal suolo alla falda

Caratteristiche del sito e Percorsi di esposizione  
Database dei parametri

STAMPA

Esporta in excel

**Parametri chimico - fisici**

Contaminante	Mw	H	Koc/Kd	logKow	Sol (mg/l)	VoPt (mmHg)	Dair (cm2/s)
Arsenico		0	0.00E+00	4.50E+01	0	1.00E+06	0.00E+00
Arsenico		0	0.00E+00	2.90E+01	0	4.41E+05	0.00E+00
Berillio		0	0.00E+00	7.90E+02	0	1.00E+06	2.59E-20
Cadmio		0	0.00E+00	6.69E+00	0	6.51E+05	8.98E-18
Cobalto		0	0.00E+00	5.40E+01	0	0.75E+04	0.00E+00
Cromo totale		0	0.00E+00	1.80E+06	0	1.00E+02	0.00E+00
Cromo (VI)		0	0.00E+00	1.90E+01	0	1.69E+06	0.00E+00
Mercurio		0	4.67E-01	5.20E+01	0	6.00E+02	2.00E-03
Nichel		0	0.00E+00	6.50E+01	0	4.22E+05	4.24E-09
Piombo		0	0.00E+00	5.50E+01	0	9.58E+03	7.28E-11
Rame		0	0.00E+00	3.50E+01	0	2.93E+05	0.00E+00
Selenio		0	0.00E+00	2.72E+00	0	3.41E+05	1.42E-10
Stagno		0	0.00E+00	5.00E+01	0	0.00E+00	0.00E+00
Tallio		0	0.00E+00	5.99E+04	0	0.00E+00	1.81E-36
Vanadio		0	0.00E+00	1.00E+03	0	1.31E+04	4.24E-09
Zinco		0	0.00E+00	1.64E+01	0	6.06E+05	3.32E-02
Cianuri liberi		27	1.10E-06	9.90E+00	0	1.00E+05	7.42E+02
Argento		0	0.00E+00	0.30E+00	0	1.00E+06	0.00E+00
Ferro		0	0.00E+00	1.65E+02	0	6.24E+05	4.24E-09
Manganese		0	0.00E+00	5.00E+01	0	9.30E+02	0.00E+00
Benzene		78.1	2.26E-01	6.20E+01	2.13	1.75E+03	9.53E+01
Etilbenzene		106.2	3.23E-01	2.04E+02	3.13	1.69E+02	1.00E+01
Stirene		104.1	1.13E-01	5.18E+02	3.05	3.10E+02	7.30E+00
Toluene		92.1	2.72E-01	1.40E+02	2.69	5.26E+02	3.00E+01
Xileni		106.2	3.14E-01	1.90E+02	3.2	1.05E+02	0.70E+00
para-Xileno		106.2	3.14E-01	3.11E+02	3.2	1.62E+02	8.78E+00

Selezione parametri:  Parametri chimico - fisici  Parametri tossicologici

**Proprietà chimico-fisiche e tossicologiche delle sostanze non modificabili all'interno del software**

## Caratteristiche di Giuditta ver.3.1

- La definizione della concentrazione rappresentativa (max, UCL 95%) è effettuata in automatico dal software utilizzando, laddove applicabili (n. dati >10), criteri statistici.
- I criteri statistici per la definizione della concentrazione rappresentativa tengono conto unicamente dei campioni che superano le CSC.
- Relativamente al suolo, l'assegnazione del valore di concentrazione rappresentativa al suolo superficiale o al suolo profondo è effettuata in automatico dal software sulla base della profondità dei campioni che superano le CSC.
- Le determinazioni statistiche riguardano anche alcuni parametri geometrici ed ambientali (es. profondità del top della contaminazione nel suolo superficiale e profondo, soggiacenza della della falda).

### STRUTTURA DELL'AREA DI INTERESSE

- AI - Punto vendita carburanti
- AI - Punto vendita carburanti

### CRITERI STATISTICI APPLICABILI

Contaminante: **Benzene**      Tipo campione: **Suolo profondo**

Criterio statistico:  Minimo  Massimo  Percentile  Limite di confidenza superiore

Punto utilizzato: **52/1.5**

Selezione dei parametri della zona:

- Prof. di campionamento acque di falda: m
- Prof. sorgente suolo superficiale: m
- Prof. sorgente suolo profondo: **1.5** m
- Profondità della falda: m

**CALCOLA RISCHIO**

Numero di campioni che superano le CSC

Assegnazione della contaminazione al suolo profondo sulla base della profondità dei campioni che superano le CSC

Profondità del top della sorgente (suolo profondo) sulla sulla base della profondità dei campioni che superano le CSC

### RISULTATO DELLE STATISTICHE - ZONA Punto vendita carburanti

Stampa      Esporta in excel

CAS	Descrizione	Tip. Camp.	N. Campioni	Media	Massimo	Percentile	Limite confidenza
7M32	Benzene	S.Pro	1	17,6000	17,6000		
105993	Toluene	S.Pro	2	45,9800	80,9600	71,9640	490,4430
1000414	Etilbenzene	S.Pro	2	33,9900	63,8000	56,0780	384,8983
1330207	Xleni	S.Pro	3	171,8933	297,4400	271,0400	475,0701
	Ci-8-10 aromatici	S.Pro	1	344,6960	344,6960		
7M32	Benzene	Falda	4	5,9468	13,8100	12,0820	16,1227
105993	Toluene	Falda	6	4,1623	12,5000	10,9100	11,6564
1000414	Etilbenzene	Falda	5	0,6797	2,0500	1,7020	1,0006
1330207	Xleni	Falda	6	2,0049	0,6100	2,1600	7,0303
	Ci-8-10 aromatici	Falda	6	232,6270	823,7000	698,9800	662,6303

Suolo = mg/Kg - Falda = mg/l - Eluato = mg/l

## Caratteristiche di Giuditta ver.3.1

- Il calcolo del rischio per il recettore uomo avviene per matrice ambientale sommando tutti i percorsi attivati dalla matrice:
  - suolo superficiale: ingestione+contatto dermico +inalazione indoor e outdoor di vapori e polveri;
  - suolo profondo: inalazione indoor e outdoor di vapori;
  - falda: inalazione di vapori indoor e outdoor di vapori;
  - prodotto libero: inalazione di vapori indoor e outdoor di vapori;
- Il calcolo del rischio da sostanze cancerogene per lo scenario residenziale viene effettuato sulla base di un'esposizione mediata sul corso della vita (AT=70 anni) tenendo conto delle durate di esposizione da bambino (ED=6 anni) e da adulto (ED=24 anni).
- Il calcolo del rischio da sostanze tossiche per lo scenario residenziale viene effettuato separatamente tra adulto e bambino. Viene selezionato il valore più cautelativo ('recettore critico').
- Vengono determinati anche i rischi cumulativi su più sostanze sommando rispettivamente i rischi cancerogeni e gli indici di pericolo determinati per la singola sostanza.
- Per gli idrocarburi, nel caso in cui per la definizione delle frazioni si utilizzano entrambi gli approcci (MADEP e TPHWG) viene selezionato dal software il più cautelativo.

Selezione delle zone Limiti accettabili dei rischi Esporta CSV Stampa Esporta in excel

### RISCHI PER SOSTANZE CANCEROGENE

	RISCHIO DAL SUOLO PROFONDO	RISCHIO DALLA FALDA	RISCHIO DAL PRODOTTO
<b>PUNTO VENDITA CARBURANTI - RESIDEN</b>			
SUOLO PROFONDO			
Benzene	1.9E-03		
Etilbenzene	5.5E-04		
FALDA			
Benzene		0.90E-01	2.49E-01
Etilbenzene		2.28E-01	4.18E-01

Calcolo del rischio (sostanze cancerogene) per matrice ambientale Scenario residenziale

TOTALE RISCHI	Suolo Supr.	Suolo Pro.	Falda	Prodotto
<b>PUNTO VENDITA CARBURANTI - RESIDEN</b>		1.49E-03	1.0E-03	2.53E-01
<b>RISCHI TOTALI DELL'AREA</b>		1.49E-03	1.0E-03	2.53E-01

Tipo campione:  Suolo Superficiale  Suolo Profondo  Falda Visualizza zone con:  Residenti  Lavoro



Selezione delle zone **HI per sostanze non cancerogene : BAMBINI**

	HI DAL SUOLO PROFONDO	HI DALLA FALDA	HI DAL PRODOTTO
<b>PUNTO VENDITA CARBURANTI - RESIDEN</b>			
<b>SUOLO PROFONDO</b>			
Benzene	2,23E-01		
Toluene	0,01E+00		
Etilbenzene	2,47E+00		
Xileni	1,17E+02		
<b>FALDA</b>			
Benzene		1,94E-01	4,87E-03
Toluene		1,67E-00	1,41E-02
Etilbenzene		1,61E-01	1,87E-01
Xileni		4,62E+00	1,97E-02

Calcolo dell'Hazard Index (sostanze non cancerogene) per matrice ambientale  
Scenario residenziale (recettore bambino)

TOTALE HI	Suolo Supr.	Suolo Pro	Falda	Prodotto
<b>PUNTO VENDITA CARBURANTI - RESIDEN</b>		1,50E-02	2,58E+01	5,22E-03
<b>TOTALE HI DELL'AREA</b>		1,50E-02	2,58E+01	5,22E-03

Tipo campione:  Suolo Superficiale  Suolo Profondo  Falda Visualizzazione:  Bambini  Adulti  Lavoratori

## Caratteristiche di Giuditta ver.3.1

- Il calcolo del rischio per le risorse idriche sotterranee viene stimato tramite il confronto con la concentrazione tabellare (CSC falda ex D.Lgs. 152/06).
- L' 'Hazard Index' per la falda è calcolato come rapporto tra la concentrazione attesa al punto di conformità e lo standard di qualità.
- L' 'Hazard Index' per le risorse idriche viene valutato partendo da ciascuna matrice ambientale contaminata (suolo superficiale e profondo, sorgente in falda, eluato, LNAPL).
- Non sono considerate le risorse idriche superficiali come recettori della contaminazione.

Selezione delle zone

Stampa Esporta CSV Esporta in excel

	Rischio dal suolo	Rischio dall'atmosfera	Rischio dalla falda	Rischio dal prodotto
<b>PUNTO VENDITA CARBURANTI - RESIDEN</b>				
<b>PUNTO VENDITA CARBURANTI - RESIDENZIALE</b>				
<b>[S.A.M. NON ATTIVO]</b>				
<b>SUOLO PROFONDO</b>				
Benzene	1,01E-04			
Toluene	1,49E-03			
Etilbenzene	3,89E-02			
Xileni	3,25E-03			
C>8-10 aromatici	1,24E-03			
<b>FALDA</b>				
Benzene			1,20E-04	1,75E-06
Toluene			9,00E-02	3,5E-04
Etilbenzene			4,30E+01	3,00E-03
Xileni			0,10E+02	0,05E-04
C>8-10 aromatici			0,24E-04	5,80E-03
<b>HI TOTALE DELLA ZONA (MADEP)</b>	2,24E-04	0,00E+00	9,30E-04	1,01E-06
<b>HI TOTALE DELL'AREA (MADEP)</b>	2,24E-04	0,00E+00	9,30E-04	1,01E-06

'Hazard Index' per la falda stimati a partire dalle matrici ambientali contaminate

Tipo campione:  Suolo Superficiale  Suolo Profondo  Falda  Ekusto  Ekusto > 2mm Visualizzazione:  HI  Accettabilità

## Caratteristiche di Giuditta ver.3.1

- Gli obiettivi di bonifica (CSR) vengono calcolati per singola matrice ambientale tenendo conto della somma dei percorsi (approccio CONCAWE) secondo la seguente formula:

- Le CSR degli idr. 
$$CSR = C_{\text{sito}} \cdot \frac{R_{\text{accettabile}}}{R_{\text{calcolato}}}$$
 a parte rispetto alle altre sostanze.

Selezione delle zone

	Scenario residenziale			Scenario industriale			Protezione della falda		
	Suolo sup.	Suolo prof.	Falda	Suolo sup.	Suolo prof.	Falda	Suolo	Falda	Etan.
<b>PUNTO VENDITA CARBURANTI - INDUST</b>									
Denzene					2,5E-01			1,74E-03	
Toluene					2,5E+02			5,43E+02	
Etilbenzene					1,54E+00			1,07E+01	
Xileni					6,38E+01			3,22E+02	
Benzene						1,90E-01		1,00E-03	
Toluene						2,02E+02		1,50E+02	
Etilbenzene						1,24E+00		8,00E+00	
Xileni						4,63E+01		1,00E+02	

CSR per le diverse matrici ambientali a protezione del recettore uomo

CSR per il suolo a protezione della falda

CSR per la sorgente in falda

Le concentrazioni riportate in rosso corrispondono alle concentrazioni di saturazione. Cliccando sul valore appare la CSR calcolata. Si rimanda al manuale per i dettagli

S.S. = CSR per il suolo superficiale (mg/Kg)      Falda = CSR per la falda (mg/l)  
 S.P. = CSR per il suolo profondo (mg/Kg)      Etan. = CSR per l'etano (mg/l)

Esporta in excel

Esporta CSV

Stampa

Selezione delle zone

	Scenario residenziale			Scenario industriale			Protezione della falda		
	Suolo asp.	Suolo prof.	Falda	Suolo asp.	Suolo prof.	Falda	Suolo	Falda	Eluato
<b>PUNTO VENDITA CARBURANTI - INDUST</b>									
C18-10 aromatici					2.02E-02		2.79E-01		
C10-10 aromatici						2.58E-01		1.00E-02	

**CSR relative agli idrocarburi**

S.S. = CSR per il suolo superficiale (mg/Kg)  
 S.P. = CSR per il suolo profondo (mg/Kg)

Falda = CSR per la falda (mg/l)  
 Eluato = CSR per l'eluato (mg/l)

- Esporta in excel
- Esporta CSV
- Stampa

## Criticità

- Maggiore onere computazionale nel modificare il database Access esterno anche se per la gran parte delle sostanze le proprietà chimico-fisiche e tossicologiche sono conformi alla Banca Dati ISS/ISPESL.
- Maggiore onere computazionale nella preparazione dell'input in quanto, ad esempio, non è possibile inserire autonomamente il valore di concentrazione rappresentativa per il suolo e per le acque.
- Lo spessore del suolo superficiale è posto di default pari ad 1,5 m e non può essere modificato.
- Le valutazioni statistiche effettuate sono molto utili, sebbene poco collegate alla costruzione del modello concettuale e alla definizione delle caratteristiche della sorgente.
- Il recettore falda viene considerato come “recettore ecologico” per cui si richiede il rispetto delle CSC. Il calcolo del rischio per ingestione di acqua potabile non è incluso.
- Le CSR determinate sembrano non tener conto dei rischi cumulativi valutati in modalità diretta.

## Caratteristiche di Risc ver. 4.0

- Utilizza equazioni ASTM, anche se vi sono all'interno modelli di simulazione più sofisticati.
- Viene utilizzato per l'analisi di rischio sito-specifica (non prevede un Livello 1 di analisi). Tuttavia ha al suo interno una tabella (TIER1 Levels) che include valori di screening basati sugli algoritmi contenuti nello standard ASTM E1739-95.
- Esegue l'Analisi di Rischio nella procedura diretta (stima del rischio a partire dai livelli di contaminazione in sito) ed inversa (calcolo degli obiettivi di bonifica).
- Contiene al suo interno algoritmi complessi (Modelli di lisciviazione e volatilizzazione da suolo con caratteristiche eterogenee, Monte Carlo sull'esposizione, ecc.) che sembrano quasi assimilabili ad un Livello 3 della Procedura RBCA.
- La procedura utilizzata da RISC si divide in diversi step che guidano l'utente fino al completamento dell'analisi.

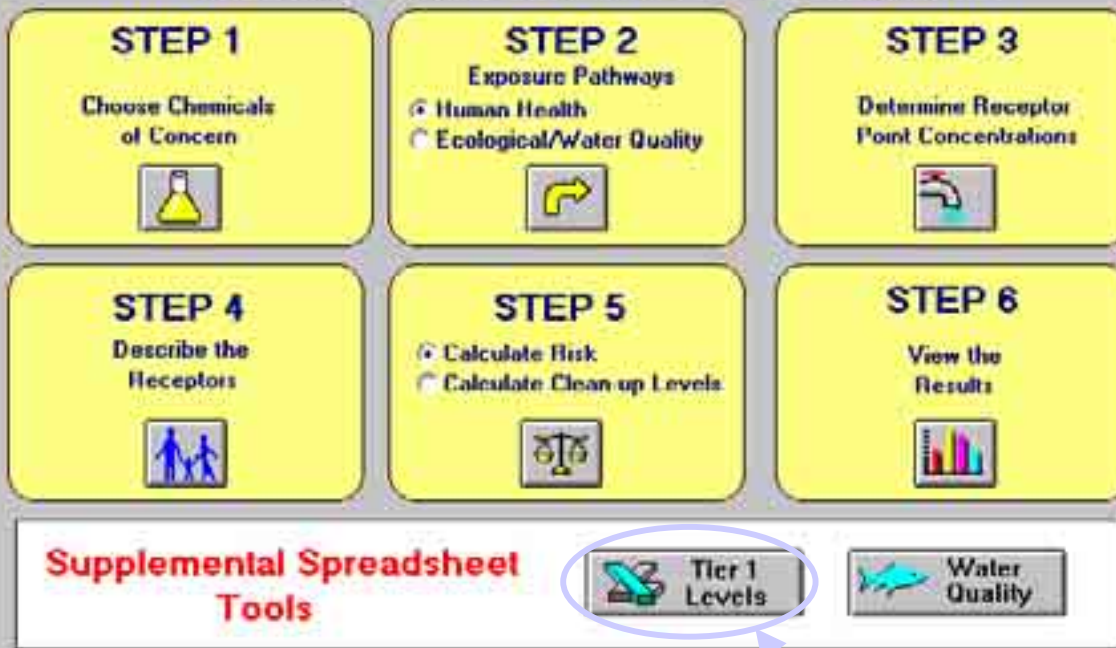




Description:   
Save Date: 06/24/06 20:37



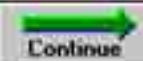
Complete the Steps Shown Below to Perform a Risk Analysis



Valori di screening di Livello1

## Caratteristiche di Risc ver. 4.0

- Il software prevede una procedura guidata graduale attraverso i seguenti step:
  - Step 1: selezione dei contaminanti indice
  - Step 2: selezione dei percorsi di esposizione
  - Step 3: calcolo della concentrazione al punto di esposizione
  - Step 4: individuazione dei recettori esposti all'interno dello scenario di esposizione individuato e valutazione delle caratteristiche di esposizione
  - Step 5: calcolo del rischio (modalità diretta) o degli obiettivi di bonifica (modalità inversa)
  - Step 6: visualizzazione dei risultati
- Nello Step 1 è possibile modificare le caratteristiche chimico fisiche e tossicologiche degli inquinanti direttamente all'interno del software.
- Le modifiche operate sono salvate nel database ed utilizzabili per altri run del software.
- Lo Step 2 guida alla selezione dei percorsi attivi.
- A differenza degli altri modelli illustrati, però, non è possibile selezionare contemporaneamente tutti i percorsi attivi (es. volatilizzazione indoor e outdoor) e tutte le sorgenti (suolo, falda, ecc.), ma occorre operare delle scelte o eseguire più run del software.
- Il software comunque include alcuni percorsi (es. consumo di vegetali) non contemplati da altri modelli.



Description: **New Project**  
Save Date: 06/24/06 20:37



Selezione dei contaminanti indice per l'analisi

**Chemicals in the Database:**

- Acenaphthene
- Acenaphthylene
- Acetone
- Anthracene
- Arsenic
- Barium
- Benz(a)anthracene
- Benzene
- Benzo(a)pyrene
- Benzo(b)fluoranthene
- Benzo(g,h,i)perylene
- Benzo(k)fluoranthene
- Beryllium
- Bis(2ethylhexyl)phthalate
- Butyl benzyl phthalate
- Cadmium
- Carbon Disulfide
- Carbon Tetrachloride

View Chemical Properties

Add New Chemical to DB

Remove Chemical from DB

Select Chemical →

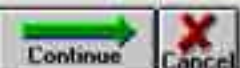
← Deselect Chemicals

**Chemicals of Concern:**

- Benzene
- Ethylbenzene
- Toluene
- TPH Aromatic C8-10
- TPH Aromatic C12-16
- Xylenes

Inserimento di nuove sostanze

Modifica delle proprietà chimico-fisiche e tossicologiche



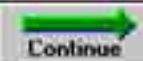
Description: **New Project**  
 Save Date: **06/24/06 20:37**



## Database delle sostanze modificabile

Choose Chemical:

Chemical	Benzo(a)pyrene	1st Title Line:	Benzo(a)	2nd	pyrene
<b>Chemical Parameters</b>	<b>Value</b>	<b>Toxicity Parameters</b>	<b>Value</b>		
CAS Number	50-32-8	EPA Carcinogenic Classification	B2		
Molecular Weight [g/mole]	252.3	Ingestion Slope Factor [1/(mg/kg-day)]	7.3E+00		
Density [g/cm <sup>3</sup> ]	1.35	Inhalation Slope Factor [1/(mg/kg-day)]	3.1E+00		
Vapor Pressure [mmHg]	5.5E-09	Dermal Slope Factor [1/(mg/kg-day)]	7.3E+00		
Solubility [mg/l]	1.62E-03	Oral Reference Dose [mg/kg-day]	ND		
Henrys Law [(mg/l)/(mg/l)]	4.63E-05	Inhalation Reference Dose [mg/kg-day]	ND		
log Kow	6.1E+00	Dermal Reference Dose [mg/kg-day]	ND		
Koc [cm <sup>3</sup> /g]	1.0E+06	Oral-Soil Abs. Adjust Factor [-]	1		
Kd [(mg/l)/(mg/kg)]	ND	Oral-Water Abs. Adjust Factor [-]	1		
Diffusion in Air [cm <sup>2</sup> /s]	4.3E-02	Dermal-Soil Abs. Adjust Factor [-]	0.1		
Diffusion in Water [cm <sup>2</sup> /s]	9.0E-06	Dermal-Water Abs. Adjust Factor [-]	1		
Vegetable Uptake Factor [-]	Use Kow	Inhalation Abs. Adjust Factor [-]	1		
Degradation (high-end) [1/d]	6.1E-03	Skin Permeability Coefficient [cm/hr]	1.2E+00		
Degradation (low-end) [1/d]	6.5E-04	MCL (Maximum Contaminant Level) [mg/l]	2.0E-04		



Description: **New Project**  
Save Date: 06/24/06 20:37



Selezione delle matrici ambientali contaminate

### Select Contaminated Media and Fate and Transport Models

- Surface Soil
- Soil Leaching
- Groundwater
- Surface Water
- Indoor Air
- Outdoor Air

La matrice falda può essere una sorgente di contaminazione oppure viene contaminata per lisciviazione da suolo

Per la matrice acque superficiali la contaminazione viene veicolata dalla falda

### Select Exposure Pathways

#### Exposure Routes for Surface Soil

- Ingestion
- Dermal contact
- Inhalation in the shower

#### Groundwater Used Indoors

- Ingestion
- Dermal contact
- Inhalation in the shower

#### Groundwater Used For Irrigation

- Ingestion
- Inhalation of volatiles
- Dermal contact w/spray
- Vegetable ingestion

#### Indoor Air

- Inhalation Indoors

#### Outdoor Air

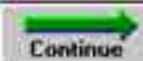
- Inhalation Outdoors

#### Surface Water

- Ingestion
- Dermal contact

Percorso consumo di vegetali

Per la matrice aria (contaminata per volatilizzazione da suolo o da falda) occorre scegliere tra esposizione indoor o outdoor



Description: New Project

Save Date: 06/24/06 20:37



## Choose Options for Estimating Groundwater and Surface Water Concentrations:

## Groundwater

 Estimate/Enter Groundwater Concentrations:

- Fixed groundwater concentrations
- GW conc. estimated downgradient
  - Vadose zone soil to GW
  - Saturated zone soil to GW
  - Dissolved source GW model

## Surface Water

 Estimate/Enter Surface Water Concentrations:

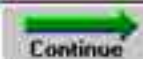
- Fixed surface water concentrations
- Mixing model with groundwater
  - River
  - Lake/estuary



La sorgente di contaminazione per le acque superficiali è la fase dissolta in falda

Per le acque di falda occorre scegliere una sola sorgente (suolo insaturo o suolo saturo o fase dissolta in falda)

Non si considerano più sorgenti per le acque sotterranee

Description: **New Project**

Save Date: 06/24/06 20:37



Anche per l'aria indoor (o outdoor)  
si seleziona una sola sorgente di  
contaminazione (suolo o falda)

### Choose Options for Estimating Indoor or Outdoor Air Concentrations:

#### Choose Indoor or Outdoor Air

- Estimate/Enter Air Concentrations:
- Indoor air concentrations
  - Outdoor air concentrations



#### Choose Model

##### Options for Estimating Concentrations:

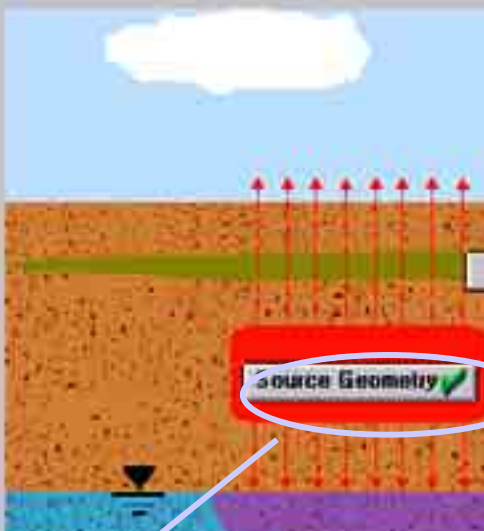
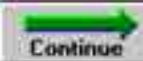
- Fixed air concentrations
  - Vapor model from groundwater
  - Vapor model from soil
    - Johnson and Ettinger
    - Dominant layer model
    - Oxygen-limited model
- Source Term:  Soil  Soil Gas

Scelta del modello di volatilizzazione  
e della concentrazione in input  
(riferita al suolo o al soil gas)

## Caratteristiche di Risc ver. 4.0

- Lo Step 3 (calcolo della concentrazione al punto di esposizione) si divide in varie fasi:
  - Step 3a: inserimento delle caratteristiche sito-specifiche
  - Step 3b: inserimento delle concentrazioni nelle matrici ambientali considerate
  - Step 3c: run dei modelli di F&T selezionati
  - Step 3d: visualizzazione dei risultati (ossia della concentrazione al punto di esposizione)
- L'inserimento dei parametri sito-specifici è guidato dal software a seconda dei percorsi di esposizione attivati.
- Può essere inserito un valore di concentrazione rappresentativa nel suolo (espressa come concentrazione tal quale -  $C_{\text{suolo}_t.q}$ ) e nelle acque sotterranee oppure il software può effettuare il calcolo della concentrazione rappresentativa a partire dai dati di concentrazione disponibili (punti di campionamento) anch'essi riferiti al tal quale.
- I modelli di F&T (volatilizzazione, trasporto falda, ecc.) sono di default applicati in transitorio (ossia tengono conto della variabile tempo). Al fine di ottenere una valutazione a lungo termine delle concentrazioni al punto di esposizione i run dei modelli di F&T devono essere compatibili con la durata di esposizione del recettore ( $t \geq ED$ ).





source Geometry ✓

Unsaturated Zone ✓

Caratteristiche del suolo insaturo

RISC - C:\DOCUME~1\UTENTE~1\DESKTOP\CORSOA-1\PV\_S01-1.PRJ

File Information

Continue Cancel

Help

Enter Unsaturated Zone Parameters

Databases: Example problem

Infiltration Rate [cm/yr]	30.0	
Thickness of Vadose Zone [m]	3.34	
Total Porosity [cm <sup>3</sup> /cm <sup>3</sup> ]	0.38	Range: >0 to 0.6
Residual Water Content [cm <sup>3</sup> /cm <sup>3</sup> ]	0.05	Range: >0 to Porosity
Sat. Conductivity of the Vadose Zone [m/day]	7.13	Range: 1E-4 to 100
Value of Van Genuchten N [-]	2.68	Range: 1.05 (clay) to 3 (cobbles)
Fraction Organic Carbon [g oc/g soil]	0.01	Range: 0.001 to 0.05
Soil Bulk Density [g/cm <sup>3</sup> ]	1.7	Range: 1.4 to 2.2

Enter Unsaturated Zone Degradation Rates for Each Chemical [1/day]

Benzene	9.6E-04
Ethylbenzene	3.0E-03
Toluene	2.5E-02
PH Aromatic C8-10	0.0

RISC - C:\DOCUME~1\UTENTE~1\DESKTOP\CORSOA-1\PV\_S01-1.PRJ

File Information

Continue Cancel

Help

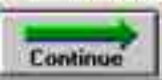
Enter Unsaturated Source Data

Depth to Top of Contamination (may be zero) [m]	1	From ground surface
Thickness of Contamination [m]	2.34	
Length of Source Area [m]	34.5	In the direction of GW flow
Width of Source Area [m]	48	Perpendicular to GW flow

Geometria della sorgente



Well Location ✓



### Enter Source Concentrations

**Inserimento del valore di concentrazione rappresentativa**

**Unsaturated Zone Source**

Single Value  
 Sample Data Base

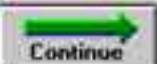
Enter

**Vapor Model Source**

Single Value  
 Sample Data Base

Enter

**Calcolo della concentrazione rappresentativa a partire dalle concentrazioni nei punti di campionamento**



**Run dei modelli di destino e trasporto  
in transitorio ( $t = 50 \text{ anni} \geq ED$ )**

### RUN FATE AND TRANSPORT MODELS

#### Setup Simulation:

Simulation time [years]  
(Maximum = 100 years)

Start Simulation

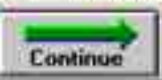
#### Simulation Progress

Running Fate and Transport model.

Model Run(s) Completed  
Please Continue.

## Caratteristiche di Risc ver. 4.0

- La selezione dei recettori avviene nello Step 4.
- E' previsto sia l'approccio deterministico all'esposizione che l'approccio probabilistico (Monte Carlo).
- L'approccio deterministico prevede l'assegnazione di un solo valore a ciascun parametro di esposizione relativo al recettore considerato (adulto, bambino, lavoratore). Inoltre possono essere selezionate sia caratteristiche di esposizione tipiche della popolazione (approccio anglosassone) sia caratteristiche di esposizione relative allo scenario di Reasonable Maximum Exposure (RME – approccio US EPA, ASTM) che stimano l'esposizione massima ragionevolmente possibile.
- Nell'approccio deterministico possono essere selezionati uno o al massimo due recettori (es. adulto e bambino).
- L'approccio probabilistico prevede invece l'assegnazione di una funzione di probabilità ai parametri di esposizione per tener conto della variabilità di alcune caratteristiche (es. peso corporeo, superficie della pelle, ecc.) a seconda dell'età, del sesso e di altri fattori.
- I parametri di esposizione possono essere modificati all'interno del software.



Approccio probabilistico all'esposizione

Approccio deterministico: recettore tipico o scenario RME

Select the analysis type and receptor information for the risk assessment

**Simulation Options:**

- Deterministic
- Monte Carlo

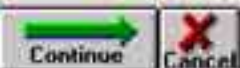
**Number of Receptors:**

- One Receptor
- Two Receptors

**Choose Default Receptor Type**

CASE 1:

- Adult Resident - Typical
- Adult Resident - RME
- Child Resident - RME
- Child Resident - Typical
- Worker - RME**
- Worker - Typical
- Trespasser - RME



## Enter Receptor Specific Data

Worker - RME	
Lifetime [yr]	70
Body Weight [kg]	70
Exp. Freq. for Groundwater [events/yr]	250
Exp. Duration for Groundwater [yr]	25
Ingestion Rate for Groundwater [l/day]	1
Exp. Freq. for Indoor Air [events/yr]	250
Exp. Duration for Indoor Air [yr]	25
Lung Retention Factor [-]	1
Inhalation Rate Indoors [m <sup>3</sup> /hr]	0.83
Time Indoors [hr/day]	8

Parametri di esposizione approccio  
deterministico modificabili all'interno  
del software

## Caratteristiche di Risc ver. 4.0

- Il calcolo del rischio avviene per singola via di esposizione:
  - percorsi diretti: ingestione di suolo o contatto dermico col suolo
  - inalazione outdoor: inalazione di vapori (da suolo o da falda)
  - inalazione indoor: inalazione di vapori (da suolo o da falda)
  - ingestione o contatto dermico o inalazione (durante la doccia) di acqua di falda: contaminazione lisciviata dal suolo o già presente in falda
  - ingestione o contatto dermico o inalazione (durante la doccia) di acque di falda usate per irrigazione: contaminazione lisciviata dal suolo o già presente in falda
  - ingestione contatto dermico (nuotando) con acque superficiali: contaminate dalla falda
  - consumo di vegetali: contaminati dal suolo o da acque di irrigazione
- Il valore di rischio selezionato è quello più elevato tra le vie di esposizione indicate.

## Caratteristiche di Risc ver. 4.0

- L'obiettivo di bonifica per le diverse matrici (suolo, acque sotterranee) viene calcolato sulla base del percorso di esposizione più critico (es. inalazione vapori indoor).
- Vengono calcolati anche gli obiettivi di bonifica da rischi cumulati su più sostanze sommando rispettivamente i rischi cancerogeni e gli indici di pericolo determinati per la singola sostanza.
- Gli obiettivi di bonifica sono anch'essi espressi come concentrazione riferita al tal quale.



## Criticità

- La formulazione del modello concettuale e l'attivazione dei percorsi presenta alcune difficoltà in quanto in alcuni casi non è possibile selezionare contemporaneamente più sorgenti di contaminazione e più percorsi di esposizione.
- Non è possibile simulare più scenari di esposizione (es. residenziale e commerciale/industriale) in quanto i recettori selezionabili sono al massimo due.
- Tutto questo comporta un maggior onere computazionale in quanto occorre, in determinati casi, effettuare più run del software.
- I modelli di destino e trasporto simulati in transitorio (es. trasporto in falda) potrebbero comportare, in alcuni casi, una sottostima delle concentrazioni al punto di esposizione.
- I modelli di destino e trasporto nell'insaturo simulano non solo l'attenuazione per biodegradazione delle sostanze, ma anche la riduzione nel tempo della massa dell'inquinante dovuta appunto ai fenomeni di attenuazione naturale.
- I modelli di destino e trasporto, in alcuni casi, risultano quindi poco congruenti con gli standard di riferimento ASTM.

## Criteria di valutazione sui modelli di F&T utilizzati dai software (APAT, 2005)

	RBCA Tool Kit ver. 1.2	BP-RISC ver. 4.0 (livello 1)	ROME ver. 2.1	GIUDITTA ver. 3.0
Fattore di adsorbazione (LF)	ALTA	MEDIA	MEDIA	ALTA
Fattore di attenuazione laterale in falda (DLA)	MEDIA	MEDIA	MEDIA	MEDIA
Fattore di volatilizzazione di vapori outdoor da suolo superficiale ( $VF_{soil}$ )	MEDIA	MEDIA	MEDIO/BASSA	MEDIA
Fattore di volatilizzazione di vapori outdoor da suolo profondo ( $VF_{soil}$ )	MEDIA	MEDIA	MEDIA	MEDIA
Fattore di volatilizzazione di vapori outdoor da falda ( $VF_{soil}$ )	ALTA	ALTA	ALTA	ALTA
Fattore di emissione di particolato outdoor da suolo superficiale (PEF)	ALTA	ALTA	MEDIA	ALTA
Fattore di emissione di particolato indoor da suolo superficiale (PEF <sub>in</sub> )	-	-	MEDIA	MEDIA
Fattore di dispersione in atmosfera (ADF)	ALTA	ALTA	-	-
Fattore di volatilizzazione di vapori indoor da suolo ( $VF_{soil}$ )	MEDIO/BASSA	MEDIA	ALTA	MEDIA
Fattore di volatilizzazione di vapori indoor da falda ( $VF_{soil}$ )	MEDIA	ALTA	ALTA	MEDIA
Fattore di diluizione da falda ad acque superficiali - fiume (RDF)	ALTA	ALTA	ALTA	-
Aminenza qualitativa complessiva	MEDIA	ALTA	MEDIA	MEDIA

## Criteri di valutazione sui modelli di F&T utilizzati dai software (APAT, 2005)

- Il giudizio espresso si riferisce all'attinenza dei modelli di F&T utilizzati dai software con quelli selezionati all'interno del manuale.
- Tuttavia le criticità esposte in precedenza e soprattutto le scelte effettuate dai software vanno ponderate caso per caso al fine di selezionare l'opzione più aderente al documento.