

# Analisi di Rischio sito-specifica dei siti contaminati , criticità applicative e proposte tecniche da discutere con il Sistema Nazionale

Marco Falconi Antonella Vecchio  
ISPRA

# Argomenti

- **Concentrazioni rappresentative del sito**
- **Percorsi diretti (bioacc./biodisp.)**
- **Modelli F&T**
  - Lisciviazione in falda
  - Inalazione vapori
  - Sollevamento polveri
- **Parametri sito specifici**
- **Parametri di esposizione**
- **Criteri di cumulo**
- **Discrepanza normativa matrice acqua**

# Concentrazione rappresentativa

Vantaggi del campione puntuale

- Limita l'onere del campionamento
- Semplice da comprendere anche per il cittadino non esperto
- Facilità di collaudo (exit strategy)
- Certezza sull'incertezza analitica
- Ma l'eterogeneità spaziale e l'incertezza del campionamento? Influiscono in grande misura sulla bontà della decisione finale (contaminato oppure no).

# L'ordine di grandezza dell'eterogeneità spaziale

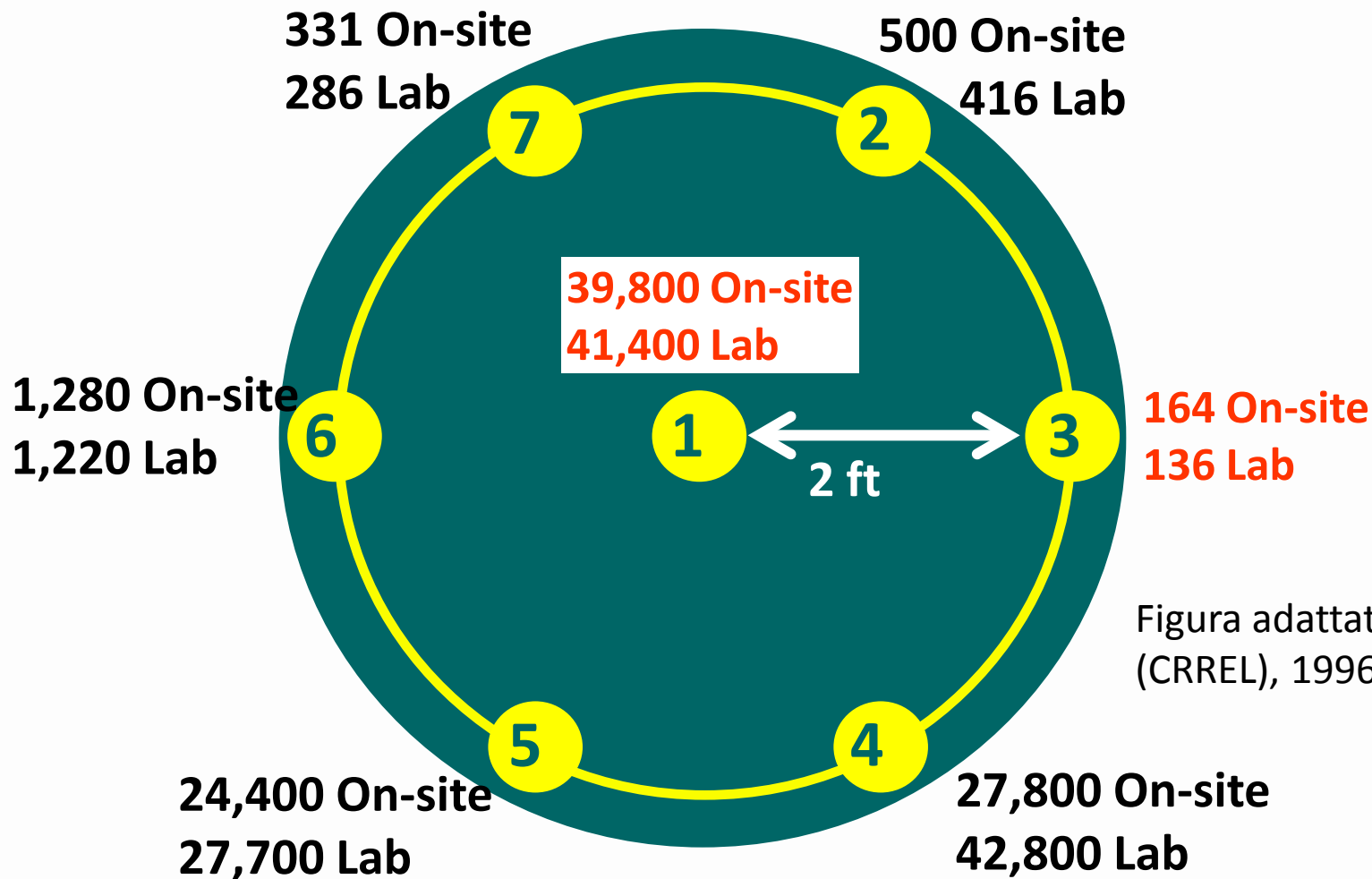
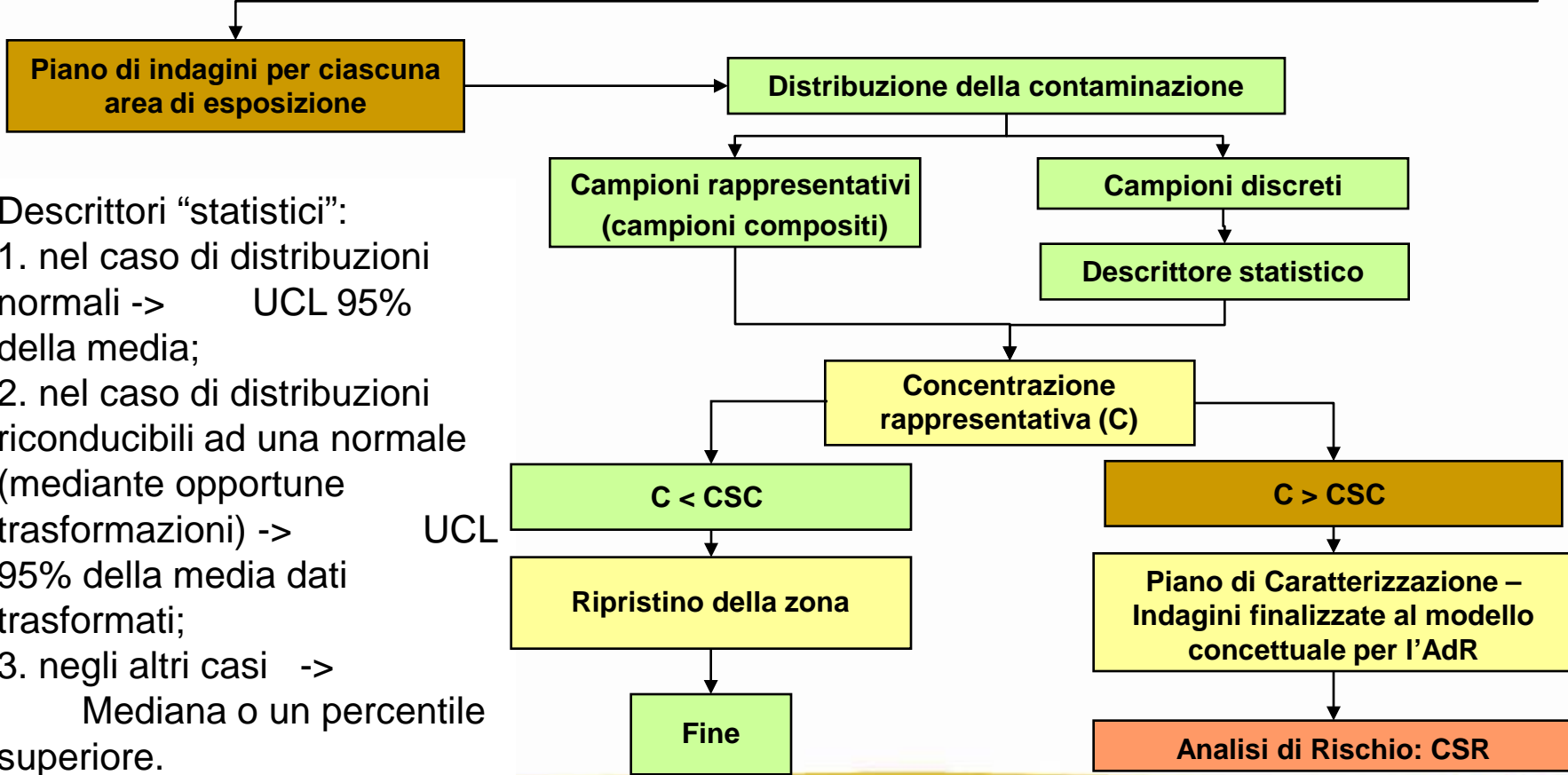
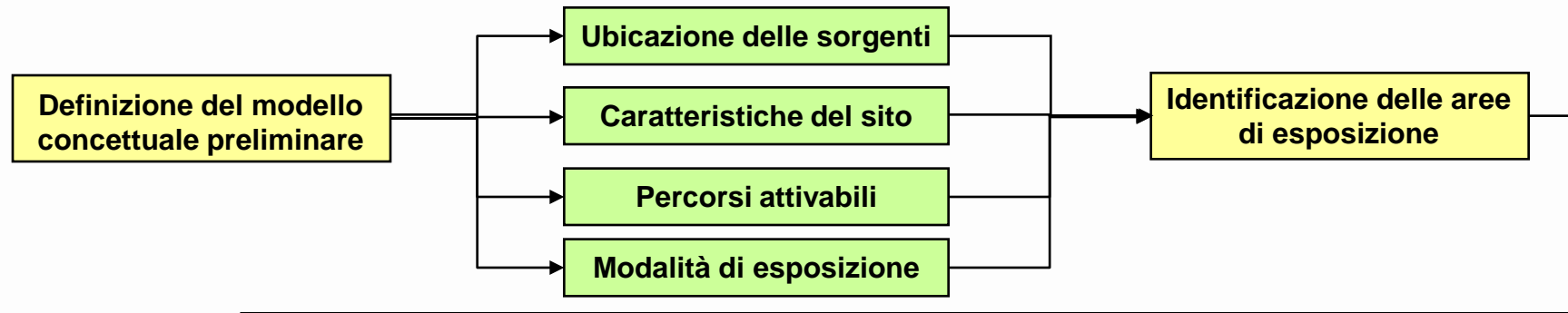


Figura adattata da Jenkins (CRREL), 1996

# Soluzioni per una concentrazione più rappresentativa

- **Composito** meglio che puntuale nel collaudo
- Ragionare sulla **area di esposizione** come unità di valutazione non al singolo poligono di Thiessen
- ATTENZIONE al “green washing”: allargamenti dell’area di esposizione, sovracampionamenti in aree non contaminate





Descrittori "statistici":

1. nel caso di distribuzioni normali -> UCL 95% della media;

2. nel caso di distribuzioni riconducibili ad una normale (mediante opportune trasformazioni) -> UCL 95% della media dati trasformati;

3. negli altri casi -> Mediana o un percentile superiore.

4. medie pesate sulle aree di influenza di punti di campionamento.

# Percorsi “diretti” e valutazione della bioaccessibilità

- Nel caso dei percorsi diretti (ingestione e contatto dermico), in particolare sui composti inorganici sarebbe opportuno derivare le concentrazioni obiettivo (simili alle nostre CSR) basata su dati di **bioaccessibilità**.
- La bioaccessibilità (capacità di essere solubilizzata dalla soluzione digestiva) che è  $\geq$  biodisponibilità, **si fa preferire** alla seconda poichè si valuta attraverso test in vitro, escludendo così la variabilità dovuta ai test su animali.
- Sarebbe anche opportuno, eventualmente ridefinire gli **spessori massimi** di suolo cui applicare i “percorsi diretti” con il suolo anche a seconda dello scenario d’uso (es. top soil, primi **20 cm**, ecc.). Nel caso dello scenario residenziale, soprattutto nel contesto italiano, 1m di spessore di suolo superficiale forse è eccessivo.

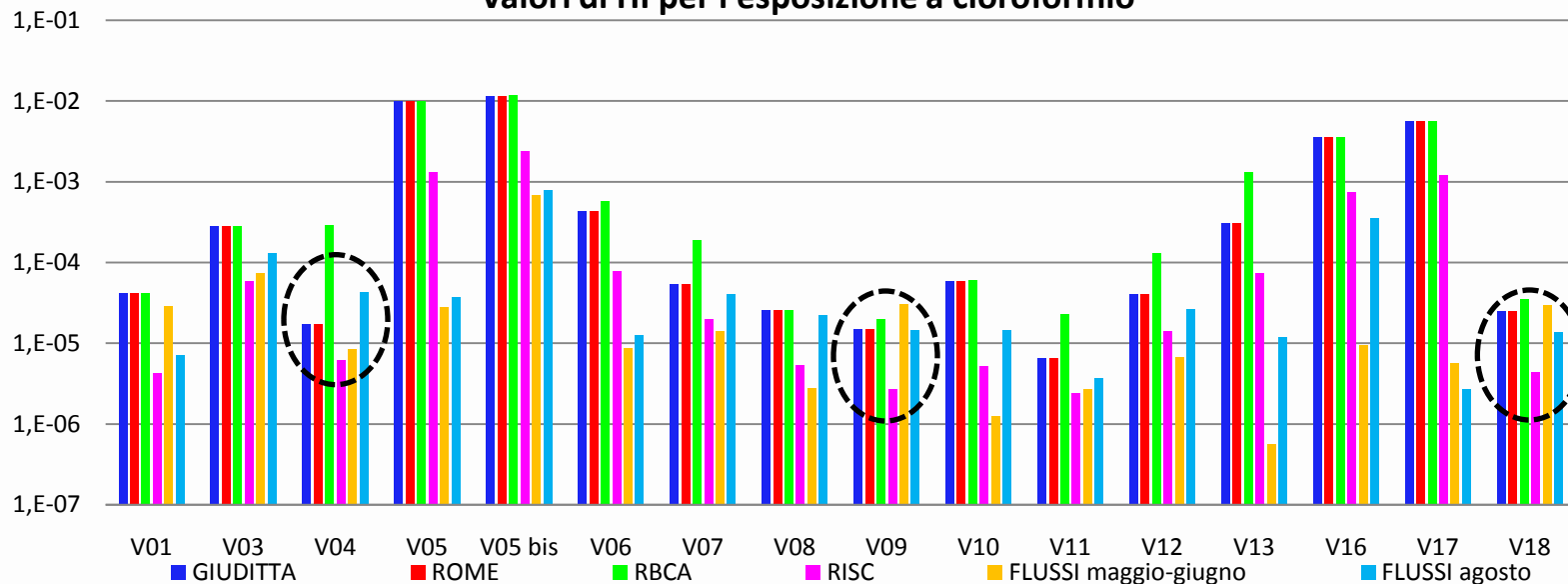
# Criticità modelli Livello 2

- I “Criteri Metodologici” riprendono sostanzialmente i modelli analitici previsti da ASTM e USEPA per l’AdR di Livello 1.
- Le assunzioni di tali modelli semplificati sebbene con input sito specifici, rendono spesso poco congruenti, soprattutto per casi complessi, i risultati dell’AdR con le condizioni specifiche del sito (sovrastima ma talvolta una sottostima dei rischi).
- L’applicazione AdR di Livello 2 e 3 dovrebbe prevedere anche uno sforzo per l’ approfondimento delle indagini sito-specifiche e talvolta degli approcci modellistici che tengano conto anche del trasporto convettivo.
  1. Come «validare» i risultati di altri modelli (livello 3)?
  2. Quali indagini proporre in alternativa ai modelli (livello 3)?
  3. Se e come usarle per il calcolo della CSR?

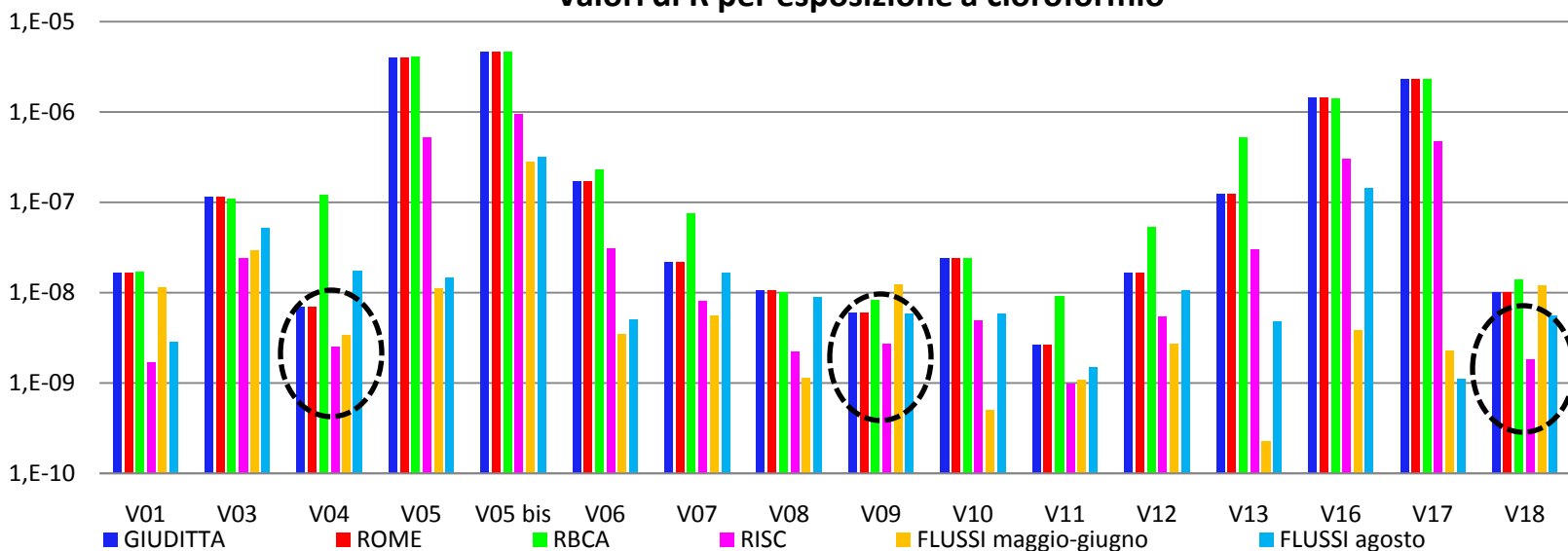


# I modelli sovrastimano sempre? A volte SOTTOSTIMANO!

## Valori di HI per l'esposizione a cloroformio



## Valori di R per esposizione a cloroformio



# Approfondimento delle indagini – Test lisciviazione

- Test di cessione/lisciviazione per la valutazione della “potenziale” frazione lisciviabile dal terreno:
  - Valutazione di diversi test disponibili
    - UNI EN 21268-1 2010 *“Qualità del suolo - Procedure di lisciviazione per successive prove chimiche ed ecotossicologiche del suolo e di materiali del suolo - Parte 1: Prova per lotti che utilizza un rapporto liquido/solido pari a 2 l/kg di sostanza secca”*
    - UNI EN 21268-2 2010 *...rapporto liquido/solido pari a 10 l/kg di s.s.*
    - UNI EN 21268-3 2010 *...prova di percolazione con flusso ascendente*
    - UNI EN 21268-4 2010 *...Influenza del pH sulla lisciviazione con aggiunta iniziale di acido/base*
  - Applicabilità alle sostanze normate dal D.Lgs. 152/06
  - Utilizzo dei risultati nei modelli analitici “classici” e “complessi”
  - E per gli idrocarburi...?

# Approfondimento delle indagini - Soil Gas e Aria Ambiente

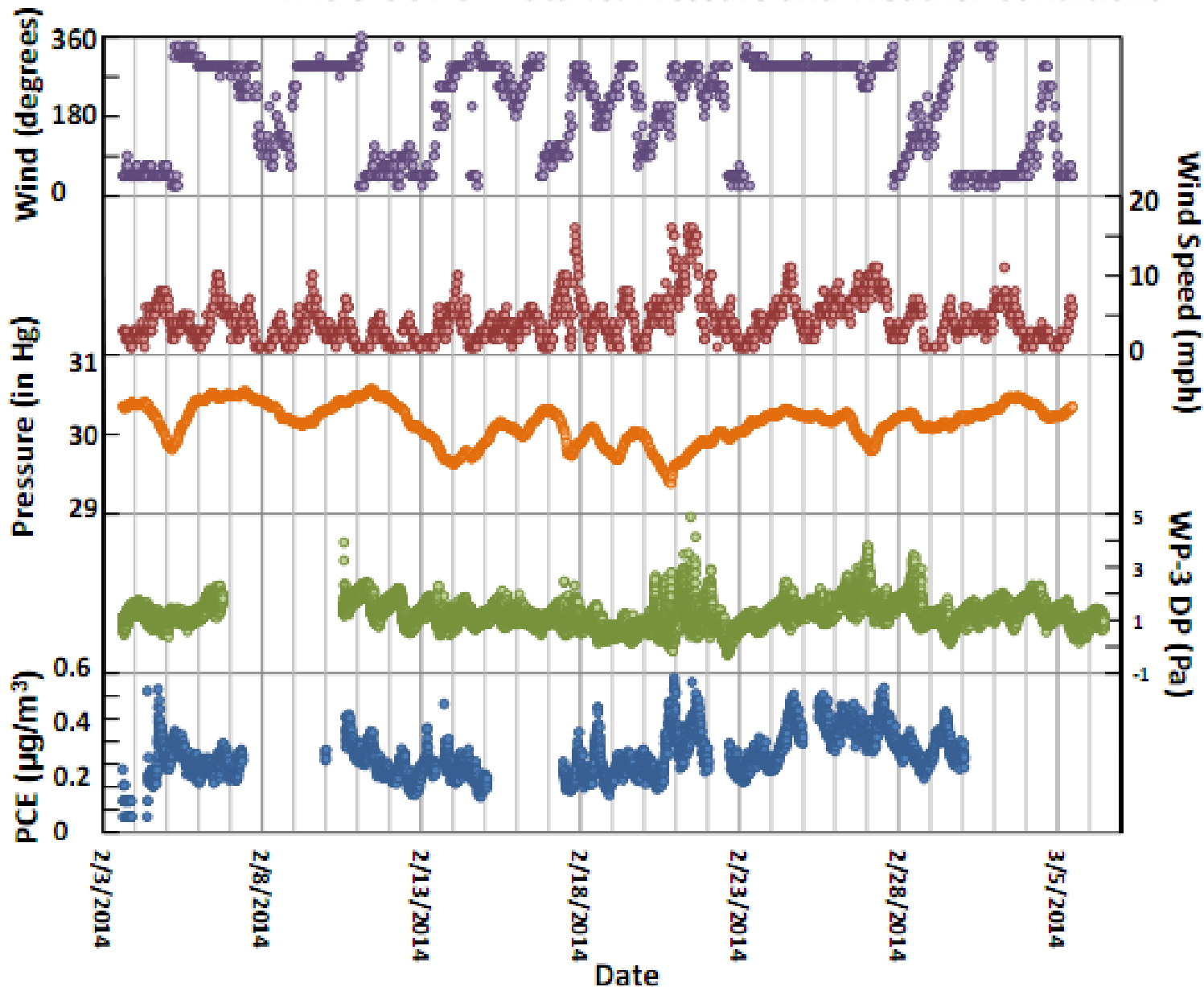
**SOIL GAS**, serve per

- quantificare le sostanze volatili che potenzialmente possono migrare verso gli ambienti outdoor/indoor;
  - effettuare una mappatura dei profili di concentrazione di volatili all'interno dell'insaturo per la valutazione dei fenomeni di diffusione;
  - quantificare l'eventuale accumulo di vapori contaminati in corrispondenza di orizzonti impermeabili, al di sotto di pavimentazioni, impermeabilizzazioni e di edifici.
- 
- Sono di supporto agli interventi di mitigazione del rischio, ma non sono sufficienti da soli, a confermare o escludere la migrazione dei contaminanti

## **ARIA AMBIENTE**

- I monitoraggi aria indoor/aria outdoor sono utili alla valutazione della «esposizione» dei recettori a tutte le fonti di emissione di volatili (suolo contaminato o altre fonti puntuali e diffuse).

# FROG GC PCE Data vs. Pressure and Weather Conditions



Christopher Lutes and Brian Cosky  
 - ARCADIS Inc.  
 Brian Schumacher and John Zimmerman  
 - US EPA National Exposure Research  
 Laboratory  
 Robert Truesdale and Robert Norberg  
 - RTI International



# Approfondimento delle indagini – Flux Chamber

- Camere di flusso per la valutazione dell' "attuale" migrazione di vapori contaminati dal suolo (incluso tutte le componenti di trasporto);
- Possono superare alcune criticità delle misure di soil gas;
- Occorre chiarire l'utilizzo dei risultati (flussi) nei modelli di trasporto;
- Non possono dare informazioni per lo scenario indoor;
- Definizione modalità operative:

- Configurazione della scatola (dimensioni, materiali)
- Condizioni operative (flusso in ingresso, portata di campionamento, durata del campionamento, condizioni ambientali)
- Monitoraggio all'interno della camera (temperatura, pressione).
- Limiti di rilevabilità per campionamento su fiala, canister, analizzatori in continuo.





# Modello “sollevamento polveri”

- Il modello di sollevamento polveri è assolutamente “poco conservativo” rendendo trascurabile il contributo del percorso anche per inquinanti con effetti cancerogeni conclamati per inalazione di polveri (IPA, Diossine, Metalli);
- A tal proposito, si propone di valutare altri modelli di risollevarimento polveri al fine di determinare il flusso di polveri inalabili in aria ambiente [Shao et al., 1993, Marticorena et al., 1995, Alvaro et al., 2001, Tegen et al., 2002] non considerati all’interno dei Criteri Metodologici ISPRA.
- Inoltre, nei casi in cui tale percorso dovesse risultare “critico”, si propone anche l’utilizzo di **deposimetri** per verificare l’effettiva presenza di polveri inalabili contaminate.

$$\hat{F}(d_s) = \frac{C_\alpha g \eta \rho_b}{2\varphi} \left( 0.24 + C_\beta u_* \sqrt{\frac{\rho_p}{\varphi}} \right) \hat{Q}(d_s)$$



# Frazione areale di fratture

- Il valore di default del parametro frazione areale di fratture indoor, visto la letteratura internazionale potrebbe essere posto almeno a 0.001 per gli edifici di **nuova costruzione (per discussione....non vuol dire che domani vada applicato)**
- Una ulteriore modifica di tale valore dovrebbe invece essere supportata da una o più delle seguenti verifiche:
  - indagini strutturali degli edifici
  - Misure dirette (con metodiche da concordare a livello Sistema Nazionale e criterio per quantificazione del parametro  $\eta$ )



# Parametri di esposizione più attendibili

- I valori dei parametri di esposizione indicati non tengono conto delle reali frazioni di tempo spese sul sito contaminato da parte dei recettori.
- 24 h/giorno indoor o alternativamente 24 h/giorno outdoor per 350 giorni/anno per 30 anni pur comprensibili per un livello 1 dell'Analisi di Rischio, non sono aderenti al principio della **Reasonable Maximum Exposure** e non è il caso che siano estese alle valutazioni sito-specifiche.
- Partendo dall'EFH (2011) occorre ripensare all'impostazione per la determinazione dei parametri di esposizione, tenendo presente anche un eventuale adattamento al **contesto italiano**.
- Sarebbe opportuno anche prevedere una taratura degli stessi in funzione delle peculiarità del sito e dell'effettiva **"frazione di tempo"** trascorsa dai recettori nell'area di studio, in contesti differenti e non sempre riconducibili a "residenziale" o "industriale".







# Parametri di esposizione per scenari particolari



## ZONE PER ATTIVITA' COLLETTIVE E DI INTERESSE GENERALE

-  ZONE "Fis" servizi per l'istruzione
-  ZONE "Fic" servizi per l'interesse comune
-  ZONE "FV" verde pubblico attrezzato
-  ZONE "FVs" per attrezzature sportive speciali
-  ZONE "P" parcheggi pubblici
-  ZONE "AA" area archeologica
-  ZONE "PE" parco tematico ecologico ricreativo
-  ZONE "PE" parco tematico ecologico ricreativo compatibile con attrezzature golfistiche per riqualificazione ambientale

## ZONE PER AREE ED ATTREZZATURE SPECIALI

-  ZONA "AP" attrezzature aeroportuali
-  ZONE "IT" per attrezzature tecnologiche ed impianti
-  ZONE "FCI" cimiteriali
-  ZONE "FAP" per impianti ed attività connesse allo sviluppo aeropor



# Calcolo del Rischio – Criteri di cumulo delle sostanze

- Sommare gli effetti di più sostanze sullo stesso bersaglio di diverse sostanze è sicuramente cautelativo, ma forse poco realistico.
- Allo stato attuale si tiene conto contemporaneamente:
  - dei valori massimi di esposizione per ciascun percorso;
  - della somma degli effetti dei percorsi;
  - degli effetti sinergici delle sostanze.
- E' realistico presupporre che le sostanze abbiano **sempre effetti sinergici**???
- Se si considera l'esposizione massima, è realistico sommare gli effetti associati alle esposizioni massime di tutte le sostanze riscontrate in sito (soprattutto nel caso di **effetti tossici, non cancerogeni**)?

# AdR approvata...ma poi?

Serve una maggiore comunicazione/coordinamento tra gli ente procedente e gli enti deputati al controllo

- Tempo di esposizione va riportato nel **DUVRI** (ASL)
- L'AdR in quanto tale è una **limitazione** all'uso del sito a quel modello concettuale (Catasto, per nuovo compratore, Comune per modifiche assetto del sito)
- Controllo **lungo termine** dei dati sito specifici (ARPA)

PARAMETRI	UNITA' DI MISURA	ACQUE POTABILI D.LGS. 31/01	ACQUE MINERALI DECRETO 542/92
Antimonio	µg/L	5,0	-
Arsenico (As totale)	µg/L	10	50
Bario	mg/L	-	1
Benzene	µg/L	1,0	-
Benzo (a) pirene	µg/L	0,010	-
Boro (come B)	mg/L	1,0	5,0
Bromato	µg/L	10	
Cadmio	µg/L	5,0	3
Cianuro	µg/L	50	10
Cromo (Cr <sup>III</sup> + Cr <sup>VI</sup> )	µg/L	50	50
Dicloroetano	µg/L	3	
Fenoli	µg/L	-	0,5
Piombo	µg/L	10	10
Mercurio	µg/L	1,0	1
Nichel	µg/L	20	-
Rame	µg/L	1000	1000
Selenio	µg/L	10	10
Nitrati	mg/L NO <sub>3</sub>	50	45_10 <sup>(**)</sup>
Nitriti	mg/L NO <sub>2</sub>	0,50	0,02
Idrocarburi	µg/L	-	10
Idrocarburi policiclici aromatici	µg/L	0,10	0,1 -0,05 (***)
Pesticidi e bifenili policlorurati	µg/L	0,5 in totale - 0,1 comp. separato	0,5 in totale - 0,1 comp. separato
Tetracloroetilene e tricloroetilene	µg/L	10	0,1-0,5 (***)
Comp. organoalogenati	µg/L	30	0,1-0,5 (***)
Vanadio	µg/L	50	-
Zinco	µg/L	-	-
Ammonio (come NH <sub>4</sub> )	mg/L	0,50	-
Alluminio	µg/L	200	-
Tensioattivi anionici	µg/L	200	25-100(***)
Fluoruro	mg/L	1,50	-
Ossidabilità kubel	mg/L di O <sub>2</sub> consumato	5	

### ACQUE SOTTERRANEE D.LGS. 152/06

Alluminio	200
Antimonio	5
Argento	10
Arsenico	10
Berillio	4
Cadmio	5
Cobalto	50
Cromo totale	50
Cromo (VI)	5
Ferro	200
Mercurio	1
Nichel	20
Piombo	10
Rame	1000
Selenio	10
Manganese	50
Tallio	2
Zinco	3000

Tricloroetilene	1.5
Tetracloroetilene	1.1
Esaclorobutadiene	0.15
Sommatoria organoalogenati	10
PCB	0.01
Acrilammide	0.1
Idrocarburi totali (espressi come n-esano)	350

\*\* valore relativo ad acque da usare per l'infanzia

\*\*\* valori limite variabili in funzione della tecnica analitica, comunque compresi nell'intervallo indicato (modifiche introdotte dal Decreto 31.05.01)



**Quella acqua sotto Porto Marghera la  
dobbiamo bere?**



# Meglio di no....e allora?

Il rispetto degli obiettivi di qualità al punto di conformità (limite del sito):

- E' arduo nel caso di acquiferi superficiali fortemente impattati da fonti locali e "diffuse" e che non sono utilizzati come risorsa idropotabile (**Soluzione = declassamento all'interno dei Piani di Tutela**)
- Rende difficile la gestione "integrata" della bonifica delle acque di falda (**Soluzione = Accordi di Programma**) in aree impattate su larga scala.

# Argomenti

- **Concentrazioni rappresentative del sito**
- **Percorsi diretti (bioacc./biodisp.)**
- **Modelli F&T**
  - Lisciviazione in falda
  - Inalazione vapori
  - Sollevamento polveri
- **Parametri sito specifici**
- **Parametri di esposizione**
- **Criteri di cumulo**
- **Discrepanza normativa matrice acqua**