CONVEGNO – Roma, 11 Febbraio 2020 Roma Eventi – Fontana di trevi Piazza della Pilotta, 4

ANALISI DI RISCHIO: UN PUNTO DI VISTA GEOTECNICO

Marta Di Sante Francesco Mazzieri, Evelina Fratalocchi, Erio Pasqualini

Dipartimento di Scienze e Ingegneria della Materia, dell'Ambiente ed Urbanistica







IL Gruppo di Ricerca di Geotecnica Ambientale - UNIVPM



Marta Di Sante



Francesco Mazzieri



Evelina Fratalocchi



Erio Pasqualini

INCARICHI DI CONSULENZA RELATIVI ALLA CARATTERIZZAZIONE E ANALISI DI RISCHIO (ADR) PER SITI CONTAMINATI:

- ✓ Supervisione alle attività di CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA-AMBIENTALE, sviluppo di ANALISI DI RISCHIO SANITARIO-AMBIENTALE e CONSULENZA PER LA PROGETTAZIONE PRELIMINARE DI BONIFICA per il sito SGL Carbon di Ascoli Piceno dal 01-01-2007 al 31-08-2009
- Supervisione alle attività di CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA-AMBIENTALE, sviluppo di ANALISI DI RISCHIO SANITARIO-AMBIENTALE e CONSULENZA GEOTECNICA-AMBIENTALE per il sito Ex- Montedison (SIN di Falconara Marittima) dal 01-01-2007 al 31-12-2017
- Sviluppo di ANALISI DI RISCHIO SANITARIO-AMBIENTALE e attività di CONSULENZA GEOTECNICO-AMBIENTALE per il Sito di proprietà AFV Acciaierie Beltrame S.p.A. SIN di Porto Marghera (VE) dal 01-11-2009 al 30-04-2011
- ✓ ASSISTENZA TECNICA ALLA DIREZIONE LAVORI DI STABILIZZAZIONE DELLA DISCARICA Comprensoriale in località Collina di Tolentino e SUPERVISIONE DELLA CAMPAGNA DI INDAGINE GEOTECNICA propedeutica alla stabilizzazione definitiva dal 01-04-2010 al 30-09-2010
- Supervisione alle attività di CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA-AMBIENTALE e sviluppo di ANALISI DI RISCHIO SANITARIO-AMBIENTALE per il sito Interporto Marche S.p.A.- Jesi (AN) dal 01-05-2012 al 31-03-2014
- ✓ Sviluppo di ANALISI DI RISCHIO SANITARIO-AMBIENTALE per il Sito Ex Deposito AgipFuel S.p.A., ora Deposito Olii minerali GOIL Napoli dal 01-07-2012 al 30-09-2012
- ✓ Collaborazione alla consulenza tecnica di parte relativa alle INDAGINI DI CARATTERZZAZIONE E BONIFICA PER LA DISMISSIONE DEL SITO TOTALERG S.P.A. in Località Domegge di Cadore (BL) dal 01-06-2014 a oggi
- ✓ Sviluppo di ANALISI DI RISCHIO SANITARIO-AMBIENTALE per il Sito Ex Liquigas (nel SIN di Falconara M.ma) dal 01-06-2014 al 31-07-2014
- ✓ Collaborazione alla supervisione dei LAVORI DI DRAGAGGIO dei fondali ed alla GESTIONE della VASCA DI COLMATA del Porto di Ancona dal 01-01-2016 a oggi
- Consulenza tecnico-scientifica di parte relativa alla RIMOZIONE DI UNA CISTERNA INTERRATA PER STOCCAGGIO OLI E MESSA IN SICUREZZA DI EMERGENZA del sito ex SOMEFA Service in località Piediripa, Comune di Macerata dal 01-03-2018 a oggi
- ✓ Collaborazione alla consulenza per lo studio di fattibilità per la MESSA IN SICUREZZA DEL SITO "EX CAVA BOSCA" MEDIANTE CAPPING SUPERFICIALE Comune di Russi (RA) dal 01-07-2018 a oggi





Introduzione: la Geotecnica e l'Analisi di Rischio Ambientale sito-specifica

- L'IMPORTANZA DEL MODELLO DI SOTTOSUOLO
- L'EFFETTO DEI PARAMETRI GEOTECNICI SUI FATTORI DI TRASPORTO DEI CONTAMINANTI
- CONDIZIONI STAZIONARIE vs CONDIZIONI TRANSITORIE: modelli di lisciviazione
- MISURE DIRETTE E MODELLI DI VOLATILIZZAZIONE
- CONCLUSIONI





INTRO SOTTOSUOLO **GEOTECNICI** e FT

STAZIONARIO vs TRANSITORIO

DI VOLATILIZZAZIONE

La GEOTECNICA tratta IL COMPORTAMENTO DELLE TERRE NELLA LORO SEDE **NATURALE**



INTERVENTO UMANO = ATTIVITÀ INQUINANTI

FFFFTTI ANTROPICI SUI **TFRRFNI**



Simpson & Tatsuoka, 2008 >> Geotechnics: the next 60 years

Applicazione della geotecnica alla riconversione di siti contaminati

Soga & Jefferis, 2008 >> Contibution to Géotechnique 1948-2008

Contributi scientifici su mineralogia, inquinamento e ambiente

Importance of Environmental Geotechnics Johnston & O'Kelly, 2014 >>

Efficace applicazione della GEOTECNICA nella risoluzione di problemi ambientali

GEOTECNICA AMBIENTALE >> ANALISI DI RISCHIO per terreni e acque potenzialmente contaminati





INTRO MODELLO di SOTTOSUOLO

PARAMETRI GEOTECNICI e FT

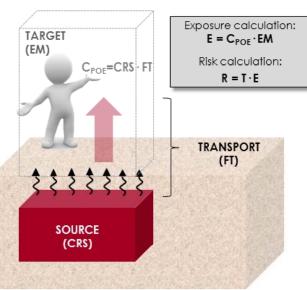
STAZIONARIO vs TRANSITORIO

/ISURE DIRETTE E MODELLI C

CONCLUSIONI

ANALISI DI RISCHIO SANITARIO-AMBIENTALE SITO-SPECIFICA

Modello Concettuale del Sito



T = tossicità della sostanza inquinante
E = esposizione del bersaglio
EM = portata specifica di esposizione
C_{POE} = concentrazione al punto di esposizione
CRS = concentrazione rappresentativa della sorgente
FT = fattori di trasporto

Modello Concettuale del Sito (MCS) >> CAMPAGNA D'INDAGINE:

- Rilievo topografico dei punti di indagine;
- Esecuzione di <u>sondaggi</u> geognostici + campionamento matrici ambientali;
- Installazione di <u>piezometri</u> + campionamento delle acque e rilievo freatimetrico;
- Esecuzione di prove di permeabilità in sito;
- <u>Prelievo di campioni</u> di terreno per analisi granulometriche e determinazione frazione di carbonio organico.





INTRO MODELLO di SOTTOSUOLO

PARAMETRI GEOTECNICI e FT

STAZIONARIO vs TRANSITORIO

MISURE DIRETTE E MODELLI DI VOLATILIZZAZIONE

CONCLUSIONI

ANALISI DI RISCHIO SANITARIO-AMBIENTALE SITO-SPECIFICA

MODELLO DI SOTTOSUOLO

+

DETERMINATIONE DELPARAMETRI SITO-SPECIFICI

COINVOLGIMENTO DI COMPETENZE GEOTECNICHE!



Modello Concettuale del Sito (MCS) >> CAMPAGNA D'INDAGINE:

- <u>Rilievo topografico</u> dei punti di indagine;
- Esecuzione di <u>sondaggi</u> geognostici + campionamento matrici ambientali;
- Installazione di <u>piezometri</u> + campionamento delle acque e rilievo freatimetrico;
- Esecuzione di prove di permeabilità in sito;
- <u>Prelievo di campioni</u> di terreno per analisi granulometriche e determinazione frazione di carbonio organico.



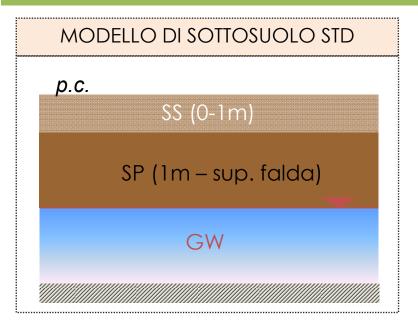


NTRO MODELLO di SOTTOSUOLO PARAMETRI GEOTECNICI e FT

STAZIONARIO vs TRANSITORIO

MISURE DIRETTE E MODELLI DI VOLATILIZZAZIONE CONCLUSIONI

MODELLO DI SOTTOSUOLO



OMOGENEITÀ CARATTERISTICHE:

- FISICHE
- MECCANICHE
- IDRAULICHE

= CONFIGURAZIONE IDEALE

CONFIGURAZIONI REALI:

- Presenza di lenti di spessore significativo
- Presenza di livelli acquiferi separati
- Acquiferi multifalda
- Complessità geomorfologica
- etc.



+

CONOSCENZA OPZIONI DI MODELLAZIONE DELLA MIGRAZIONE OFFERTE DAI SOFTWARE





NTRO MODELLO di SOTTOSUOLO PARAMETRI GEOTECNICI e FT

STAZIONARIO VS TRANSITORIO

MISURE DIRETTE E MODELLI DI VOLATILIZZAZIONE

CONCLUSIONI

MODELLO DI SOTTOSUOLO – Case history 1

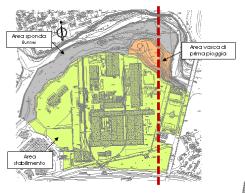
CAMPAGNA DI INDAGINE: 35 Verticali di sondaggio (area influenza 8000m²)

2 Pozzetti esplorativi

25 Piezometri

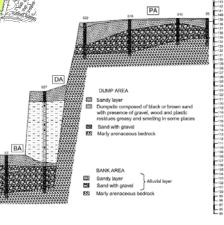
CAMPION. MATRICI AMBIENTALI: 141 Campioni di terreno + 25 Campioni di acque sotterranee

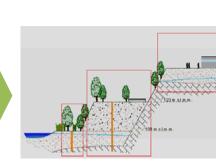
Gravel with sand



Area omogenea	Estensione (ha)	Frazione della Estensione totale (%)	Quote altimetriche medie (m.s.l.m.m.)		
Area Stabilimento	18.6	75	139		
Area Vasca prima pioggia	1.6	6	123		
Area Sponda fiume	47	19	109		

3 Livelli topografici + 2 falde separate SUDDIVISIONE DEL SITO IN 3 SUB-AREE >> base per bonifica e riconversione









NTRO MODELLO di SOTTOSUOLO

PARAMETRI GEOTECNICI e FT

STAZIONARIO vs TRANSITORIO

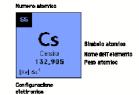
MISURE DIRETTE E MODELLI DI VOLATILIZZAZIONE

CONCLUSION

MODELLO DI SOTTOSUOLO – Case history 2

<u>CAMPAGNA DI INDAGINE</u>: 70 Verticali di sondaggio (area influenza 2600m²) 15 Piezometri

- 1. DATAZIONE DEI DEPOSITI ¹³⁷Cs >> <u>NO movimentazione</u> di terreno negli ultimi 50 anni
- 2. RICOSTRUZIONE ACCURATA di PROFILI DI SOTTOSUOLO

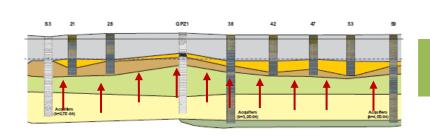


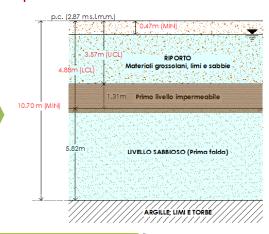




Riporto privo di scarti di lavorazione + continuità strato impermeabile

>> MCS dedicato + esclusione percolazione tra differenti livelli idrici Scelta del software RISC₄









INTRO MODELLO di SOTTOSUOLO PARAMETRI GEOTECNICI e FT

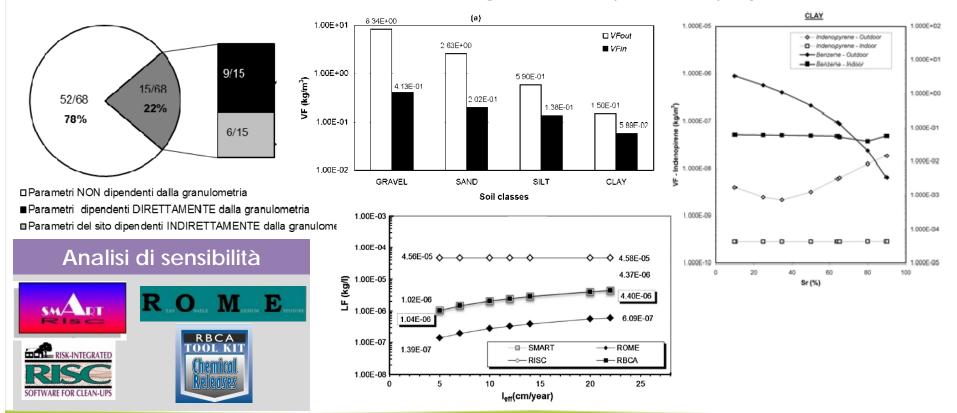
STAZIONARIO vs TRANSITORIO

AISURE DIRETTE E MODELLI CONCL DI VOLATILIZZAZIONE

EFFETTO DEI PARAMETRI GEOTECNICI SULLA MIGRAZIONE

Documento di riferimento per la determinazione e la validazione dei parametri sito-specifici

"Il proponente, dopo aver individuato, secondo criteri di ragionevole conservatività e di concerto con l'Ente di Controllo, gli strati di terreno omogenei rappresentativi del sito/area in cui è applicata l'analisi di rischio, deve eseguire almeno 3 determinazioni granulometriche per ciascuna tipologia di suolo identificata."







GEOTECNICI e FT

Lisciviazione: STAZIONARIO vs TRANSITORIO DI VOLATILIZZAZIONE

MODELLI DI LISCIVIAZIONE: STAZIONARIO VS TRANSITORIO

STAZIONARIO >> Partizione suolo acqua all'equilibrio + generica attenuazione nel percorso + diluizione con le acque sotterranee

TRANSITORIO >> Decadimento della sorgente nel tempo + flusso convettivo e dispersivo + diluizione in transitorio

STA7IONARIO

$$Cw0 := Ct \cdot \frac{\rho b}{\rho b \cdot kd + \theta a \cdot H + \theta w} \quad SAM := \frac{Lw}{\left(D \cdot 100 + \frac{Lw}{2}\right)} \quad LDF := 1 + \left[\frac{\left(ksat \cdot i \cdot \delta gw\right)}{\left(q \cdot W\right)}\right] \quad CwfSS := Cw0 \cdot \frac{SAM}{LDF}$$

$$SAM := \frac{Lw}{\left(D \cdot 100 + \frac{Lw}{2}\right)}$$

$$LDF := 1 + \left[\frac{(ksat \cdot i \cdot \delta gw)}{(q \cdot W)} \right]$$

$$CwfSS := Cw0 \cdot \frac{SAN}{LDF}$$

TRANSITORIO

$$Cw(z, \dagger) := Cw0 \cdot e^{-\beta \cdot \dagger} \cdot B(z, \dagger)$$

$$B\left(z,t\right) := \frac{1}{2} \cdot exp \Bigg[\frac{\left(v-w\right) \cdot z}{2 \cdot Dh} \Bigg] \cdot erfc \Bigg(\frac{R \cdot z - w \cdot t}{2 \cdot \sqrt{Dh \cdot R \cdot t}} \Bigg) + \frac{1}{2} \cdot exp \Bigg[\frac{\left(v+w\right) \cdot z}{2 \cdot Dh} \Bigg] \cdot erfc \Bigg(\frac{R \cdot z + w \cdot t}{2 \cdot \sqrt{Dh \cdot R \cdot t}} \Bigg)$$

$$Cwf(t) := e^{-\left(\frac{q}{\delta gw \cdot \theta w \, sat} + \frac{i \cdot ks \, at}{W \cdot \theta w \, sat}\right) \cdot t} \cdot \int_{0}^{t} \left(Cw(z,s) \cdot \frac{q}{\delta gw \cdot \theta w \, sat} \cdot 1 - \frac{-Jd(z,t)}{\theta w \, sat \cdot \delta gw}\right) \cdot e^{\left(\frac{q}{\delta gw \cdot \theta w \, sat} + \frac{i \cdot ks \, at}{W \cdot \theta w \, sat}\right) \cdot s} \, ds$$





MODELLO di

PARAMETRI GEOTECNICI e FT

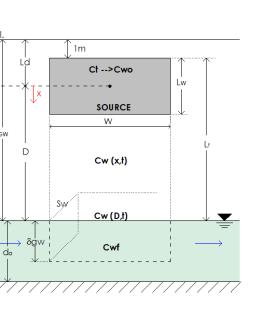
Lisciviazione: STAZIONARIO vs TRANSITORIO MISURE DIRETTE E MODELLI DI VOLATILIZZAZIONE CONCLUSIONI

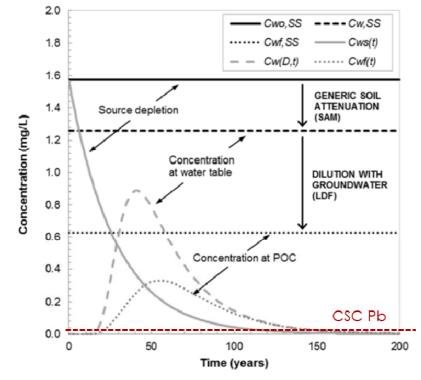
MODELLI DI LISCIVIAZIONE: STAZIONARIO VS TRANSITORIO

ONARIO >> Partizione suolo acqua all'equilibrio + generica attenuazione nel percorso + one con le acque sotterranee

SITORIO >> Decadimento della sorgente nel tempo + flusso convettivo e dispersivo +

one in transitorio





MODELLO di

PARAMETRI

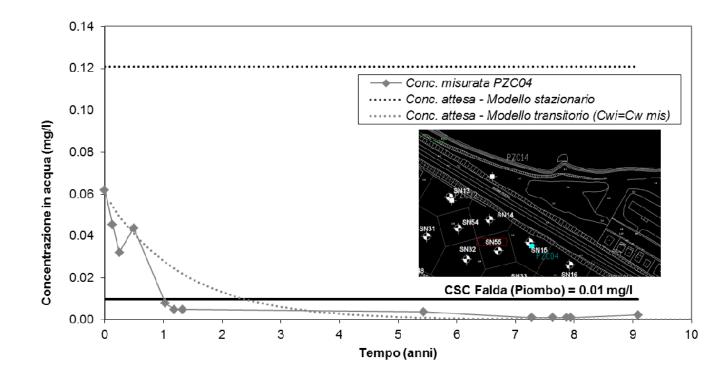
Lisciviazione: STAZIONARIO vs TRANSITORIO MISURE DIRETTE E MODELLI DI VOLATILIZZAZIONE

CONCLUSIONI

MODELLI DI LISCIVIAZIONE: STAZIONARIO VS TRANSITORIO

ONARIO >> Partizione suolo acqua all'equilibrio + generica attenuazione nel percorso + one con le acque sotterranee

SITORIO >> Decadimento della sorgente nel tempo + flusso convettivo e dispersivo + one in transitorio



MODELLO di

PARAMETRI GEOTECNICI e FT

Lisciviazione: STAZIONARIO vs TRANSITORIO MISURE DIRETTE E MODELLI
DI VOLATILIZZAZIONE

CONCLUSIONI

MISURE DIRETTE E MODELLI DI VOLATILIZZAZIONE

IPOTESI DEI COMUNI MODELLI DI VOLATILIZAZIONE:

RENO OMOGENEO

TRIBUZIONE DELLA CONCENTRAZIONE UNIFORME

INCENTRAZIONE COSTANTE PER TUTTA LA DURATA DELL'ESPOSIZIONE

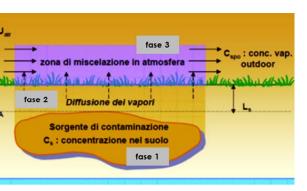
SENZA DI DEGRADAZIONE e/o ATTENUAZIONE DEGLI INQUINANTI DURANTE IL

RCORSO

LOCITÀ DEL VENTO COSTANTE E ASSENZA DI VARIAZIONE DELLA CLASSE DI ABILITÀ ATMOSFERICA

RISCHIO DI SOVRASTIMA DELLA C_{POE}

(Bretti et al., 2014; Verginelli et al., 2014; Di Sante et al., 2015)



FATTORI DI VOLATILIZZAZIONE PIÙ DIFFUSI:

$$VF_{Farmer} = \frac{H\rho_{s}}{(\vartheta_{w} + k_{d}\rho_{s} + H\vartheta_{a}) \cdot \left(1 + \frac{U_{air}\delta_{air}L_{s}}{D_{s}^{eff}W'}\right)} \quad \text{(Farmer et al., 1974)}$$

$$VF_{Jury} = \frac{2W'\rho_S}{U_{air}\delta_{air}} \cdot \sqrt{\frac{D_S^{eff}H}{\pi\tau(\vartheta_W + k_d\rho_S + H\vartheta_a)}}$$
 (Jury et al., 1990)

mod. da Quercia, 2007

MODELLO di

PARAMETRI GEOTECNICI e FT

Lisciviazione: STAZIONARIO vs TRANSITORIO MISURE DIRETTE E MODELLI DI VOLATILIZZAZIONE

CONCLUSIONI

MISURE DIRETTE E MODELLI DI VOLATILIZZAZIONE



BEGINNING of STEP 1

SGS

Soil Gas Survey
Conc. di inquinante nell'aria
interstiziale – fine FASE 1

FC

Flux Chambers Flusso di vapori da suolo (F) – fine FASE 2

$$C_{POE} = (F \cdot W') / (U_{air} \cdot \delta_{air})$$

 $\mathsf{C}_{\mathsf{air}}$

Misuratori aria ambiente Conc. di inquinante in aria ambiente – fine FASE 3

	July 2014		January 2015		May 2015		September 2015	
	FC	Cair	FC	Cair	FC	Cair	FC	Cair
Measurement points	15	-	22	22	22	22	22	22
Flux > DL	2	_	2	_	2	_	12	-

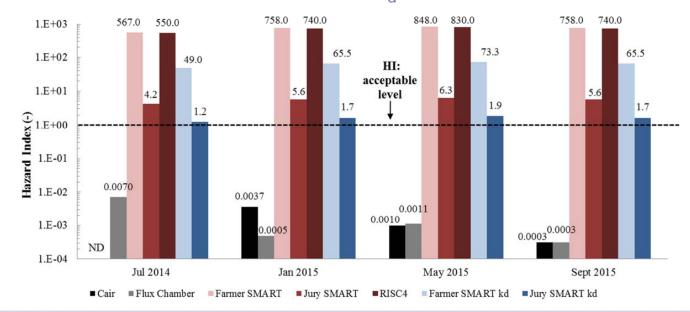
M. Di Sante - Università Politecnica delle Marche, Ancona MISURE DIRETTE E MODELLI OTTOSUOLO **GEOTECNICI** e FT **DI VOLATILIZZAZIONE** STAZIONARIO vs TRANSITORIO MISURE DIRETTE E MODELLI DI VOLATILIZZAZIONE DETERMINAZIONE SITO-SPECIFICA DI k_d E MISURE DIRETTE: MERCURIO DALITÀ DIRETTA - RISK evaluation (Di Sante et al., 2017) 🖲 e SMART-Risc spreadsheet 5.94E-016.0E-01 5.31E-01 5.4E-01 5.31E-01 5.4E-01 1.E+00 3.97E-01 4.0E-01 per gentile concessione di Laboratori Theolab 5.1E-02 1.E-01 4.6E-02 4.6E-02 3.4E-02 1.E-02 4.4E-03 3.0E-03 4.0E-03 4.0E-03 1.3E-03 1.2E-03 1.2E-03 8.7E-04 C_{POE} (mg/m³) 1.E-03 END of STEP 3 1.E-04 1.E-05 4.9E-06 Air Concentration Meas. - CPOE 2.6E-06 7.9E-07 1.E-06 6.9E-07 2.2E-07 2.2E-07 END of 1.E-07 Jul 2014 Jan 2015 May 2015 STEP 2 ■ Flux Chamber ■ Farmer SMART ■ Jury SMART ■RISC4 ■ Farmer SMART kd ■ Jury SMART kd FLUX Meas. = F RISK-INTEGRATED computer spreadsheet UNIVPM SOFTWARE FOR CLEAN-UPS (Di Sante et al.,2013) **TEST CESSIONE** Software RISC₄ kd= 52 l/kg (ISS database) kd = 603 l/ka

MODELLO di Ottosuolo PARAMETRI GEOTECNICI e FT

Lisciviazione: STAZIONARIO vs TRANSITORIO MISURE DIRETTE E MODELLI DI VOLATILIZZAZIONE CONCLUSIONI

MISURE DIRETTE E MODELLI DI VOLATILIZZAZIONE

DETERMINAZIONE SITO-SPECIFICA DI k_d E MISURE DIRETTE: MERCURIO



Nel caso in esame:

ati ottenuti da misure dirette significativamente inferiori a quelli relativi ai modelli (2 odg in C_{POE}) ello di Farmer estremamente cautelativo (Ls pprox 0)

isura sito-specifica di \mathbf{k}_{d} conduce a valori inferiori ai modelli ma superiori alle FC

fferenze ottenute in termini di C_{POE} e HI sono dovute alle HP molto cautelative dei modelli e alla ra del mercurio presente in sito (l'unica forma volatile del mercurio è quella elementare)

MODELLO di

PARAMETRI GEOTECNICI e FT

Lisciviazione: STAZIONARIO vs TRANSITORIO MISURE DIRETTE E MODELLI DI VOLATILIZZAZIONE CONCLUSIONI

INTERAZIONE TRA RISK ASSESSORS ED ENTI DI CONTROLLO



COLLABORAZIONE, NON ANTAGONISMO!!!



VANTAGGI:

lioramento della qualità di caratterizzazione e risk assessment llimento delle procedure formali con benefici in termini di tempo liore predisposizione dell'Ente verso opzioni di gestione del rischio sta percezione del rischio da parte della società...!!!

MODELLO di PARAMET

PARAMETRI
GEOTECNICI e FT STAZIO

Lisciviazione: STAZIONARIO vs TRANSITORIO MISURE DIRETTE E MODELLI CONCLUSIONI DI VOLATILIZZAZIONE

CONCLUSIONI

competenze geotecniche hanno un ruolo ben definito nelle Analisi di Rischio.

lla caratterizzazione dei siti esse sono indispensabili per costruire un adeguato dello di sottosuolo che condiziona il Modello Concettuale del Sito.

an parte dei parametri sito-specifici deriva dalle caratteristiche granulometriche depositi, pertanto la scelta di idonee tecniche di campionamento e la presentatività di tutte le frazioni granulometriche risultano importanti e ndizionano profondamente i fattori di trasporto.

modellazione della migrazione in condizioni transitorie è in grado di fornire Itati più aderenti a quelli reali e consente di conoscere i margini temporali per grammare gli interventi.

misure dirette mostrano che in alcuni casi, i modelli analitici sovrastimano la ncentrazione al punto di esposizione.

a luce del confronto tre le misure dirette e i risultati dei modelli analitici e le ndizioni stazionarie e transitorie, si evidenzia la necessità della messa a punto di ovi strumenti/opzioni di calcolo o incentivare l'uso di misure dirette.

AZIE PER L'ATTENZIONE !!!





