

# Problematiche relative al “Vapor Intrusion” e ai relativi monitoraggi

**Ing. Laura D'Aprile**

APAT

Agenzia per la protezione dell' ambiente e per i Servizi Tecnici

### **3.3 Fattori di trasporto**

Si evidenzia che le equazioni per il **calcolo dei fattori di volatilizzazione, in ambienti aperti (outdoor) e chiusi (indoor)** rappresentano la capacità attuale di descrizione matematica dei fenomeni nell'ambito di applicazione di un Livello 2 di Analisi di Rischio. Laddove l'applicazione di tali equazioni determini un valore di rischio non accettabile per la via di esposizione inalazione di vapori outdoor e/o indoor, dovranno essere eventualmente previste campagne di indagini (misure di soil-gas, campionamenti dell'aria indoor e outdoor) allo scopo di verificare i risultati ottenuti mediante l'applicazione del modello di analisi di rischio; il piano delle indagini e dei monitoraggi dovrà essere concordato con le Autorità di Controllo. Tale approccio risulta in accordo con le più recenti indicazioni tecnico-scientifiche elaborate da organismi di controllo statunitensi sulla base di una consolidata esperienza applicativa. Tra i documenti di riferimento è opportuno citare il riferimento CalEPA (2005).

CalEPA (2005), Guidance for the evaluation and mitigation of subsurface vapour intrusion to indoor air, Department of Toxic Substances Control, California Environmental Protection Agency, USA.

## Problematiche relative al vapor intrusion

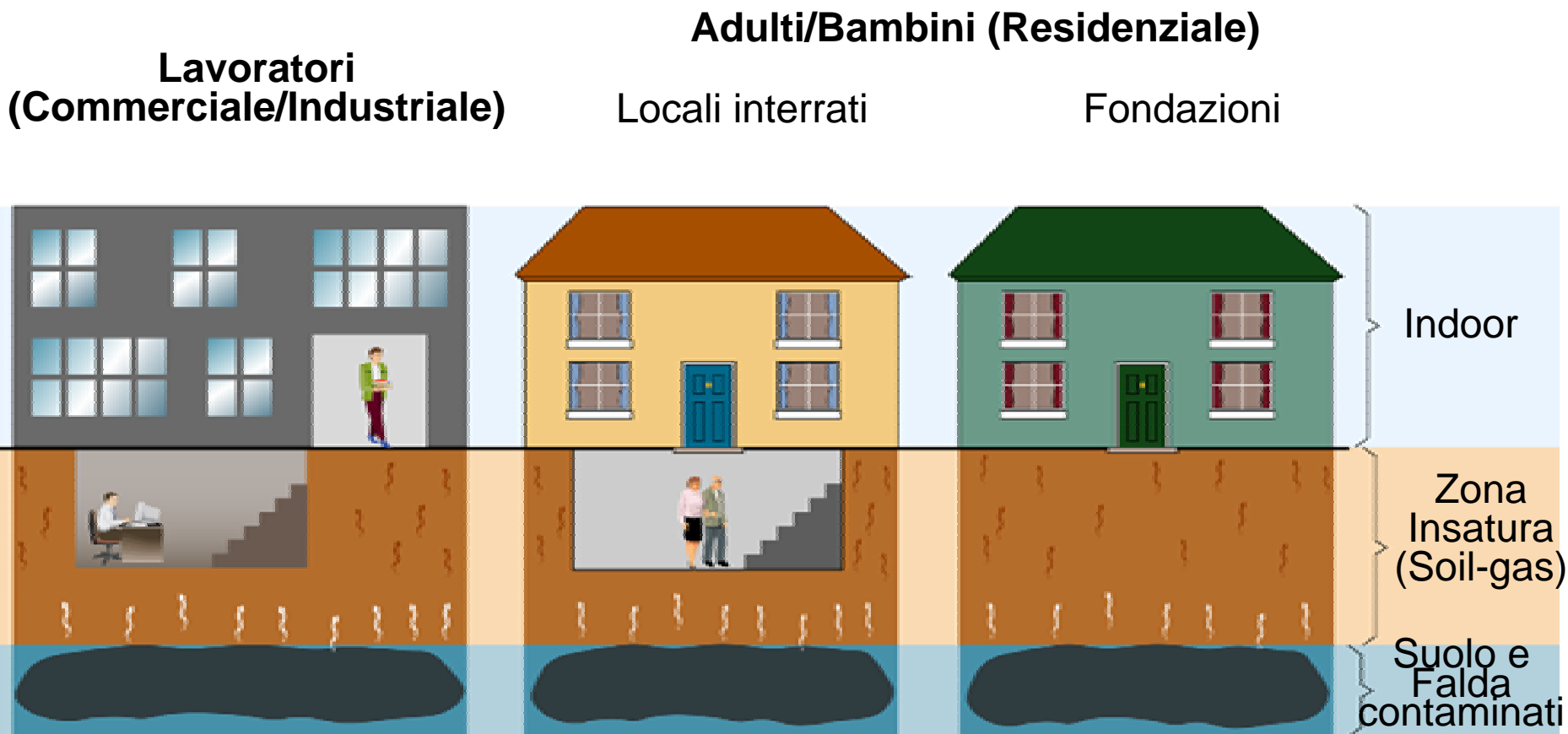


## Contenuti

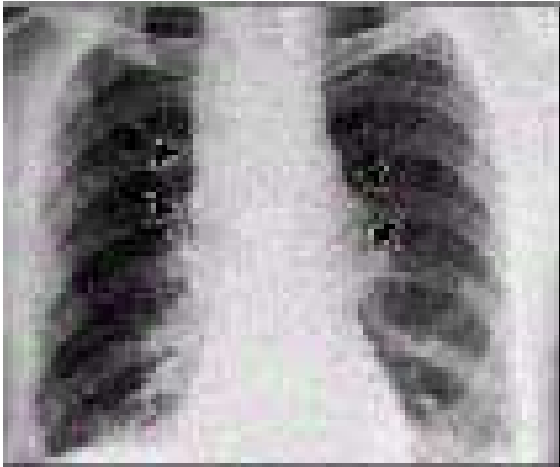
- Che cos'è il “vapor intrusion”
- Perché occuparsi del “vapor intrusion”
- Principali documenti tecnici di riferimento
- Le linee-guida dell'ITRC (2007)

# Che cos'è il vapor intrusion?

*Vapor Intrusion* (Intrusione di Vapori) = Migrazione di sostanze chimiche volatili dal sottosuolo agli edifici sovrastanti (USEPA 2002)



## Perché occuparsi del vapor intrusion?



✓ Rischi per la sicurezza (ad es: esplosioni)

✓ Rischi per la salute:

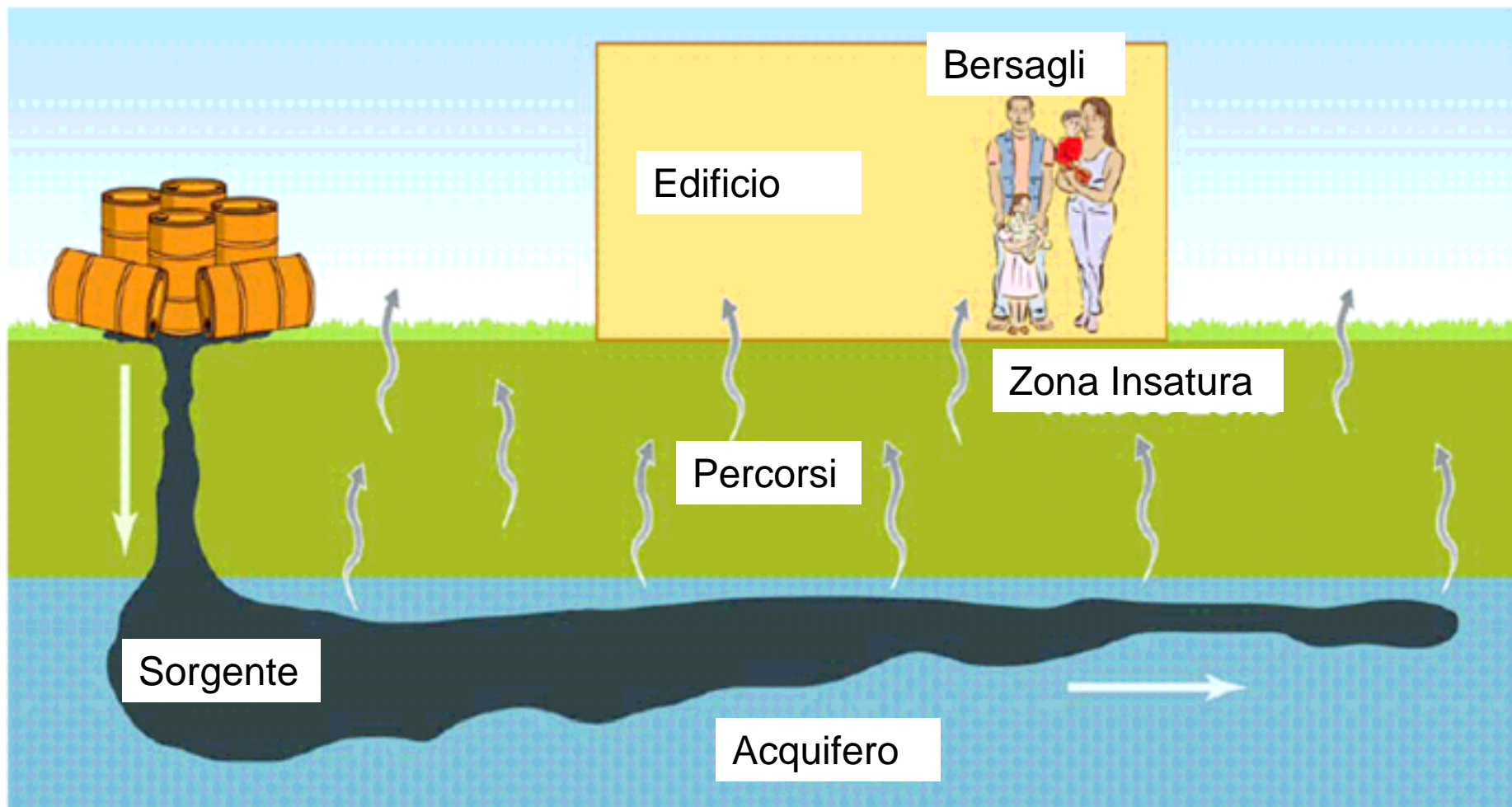
- le persone trascorrono più del 90% del tempo in ambienti chiusi;

- la presenza di COVs spesso non è avvertita (assenza di tracce visive e/o olfattive)

- effetti acuti e cronici

✓ I rischi legati all'intrusione di vapori possono essere di ordini di grandezza superiori rispetto ai rischi connessi ad altri percorsi di esposizione quali ingestione e contatto dermico.

## Modello Concettuale di Base



Modificato da ITRC (Gennaio 2007)

## Come si affronta il vapor intrusion?

- Approccio per fasi:
  - Generico
  - Sito-specifico
- Processo iterativo
- Costruzione del modello concettuale
- Utilizzo di modelli, dati relativi a misure di soil-gas, dati relativi a misure dell'aria indoor, misure di mitigazione;
- Utilizzo di linee di evidenza multiple
- Valutazione dell'esposizione e dell'utilizzo del sit.
- Coinvolgimento di esperti con varie competenze (chimiche, ingegneristiche, sanitarie, ecc.)
- Programmi di comunicazione per la popolazione



## Principali riferimenti tecnici

- ✓ **2002 US EPA** (Draft Guidance for Evaluating the Vapor Intrusion to Indoor Air Pathway from Groundwater and Soils, Subsurface Vapor Intrusion Guidance).
  - utilizzata diffusamente negli U.S.A.
  - 3 livelli di intervento (generico, semi sito-specifico, sito-specifico)
- ✓ **2007 ITRC** (Vapor Intrusion Pathway: A Practical Guideline)
  - molto completa: descrive approcci guidati per fasi applicabili per vari scenari, fornisce strumenti pratici
  - contiene un capitolo dedicato agli interventi di mitigazione del *vapor intrusion*
- ✓ **2008 ASTM (?)**
  - riguarda soprattutto le transazioni immobiliari, fornisce un approccio per fasi che consente una certa flessibilità
  - utilizzo di criteri non numerici; importanza della distanza dalle sorgenti, vengono trattati sia contaminanti clorurati che petroliferi
- ✓ **Riferimenti di altri Stati U.S.A.:** 2005 CalEPA (Guidance for the evaluation and mitigation of subsurface vapour intrusion to indoor air, Department of Toxic Substances Control, California Environmental Protection Agency, USA.), 2006 NYDOH (Guidance for Evaluating Soil Vapor Intrusion in the State of New York),....



## Problematiche principali

- ✓ Contaminazione di fondo (background)
- ✓ Biodegradazione dei contaminanti
- ✓ Percorsi preferenziali
- ✓ Uso presente e futuro del suolo
- ✓ Gestione e comunicazione del rischio
- ✓ Diverso approccio tra aree residenziali e aree industriali

## Contaminazione di Fondo (Background)

La contaminazione di background può derivare da diverse sorgenti:

- Ovvie:
  - Vernici
  - Uso di sostanze chimiche
  - Adesivi
  - Spray
  - Lavaggio a secco
- Meno Ovvie:
  - Fumo di sigaretta
  - Tappeti
  - Caminetti a legna
  - Deodoranti per ambienti
  - Profumi, Spray per capelli

## Aree Residenziali /Aree Industriali

Contaminante	C / NC	Valori di Screening Generici dell'EPA(ppb)	OSHA PEL TWA (ppb)	ACGIH TLV/TWA (ppb)
Tetracloroetilene	C	12	100,000	25,000
Tricloroetilene	C	0.41	100,000	50,000
Cloruro di Vinile	C	11	100,000	5,000
Benzene	C	9.8	10,000	500
Tetracloruro di Carbonio	C	2.6	10,000	5,000
Cloroformio	C	2.2	--	10,000
1,1,1-Tricloroetano	NC	400	350,000	350,000
1,2-Dicloroetilene (cis)	NC	8.8	200,000	200,000
1,2-Dicloroetilene (trans)	NC	18	200,000	200,000
Naftalene	NC	0.57	10,000	10,000

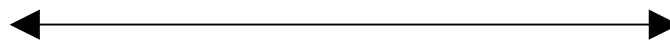
Da R. De Mott, 2006

## Distanza dalle sorgenti



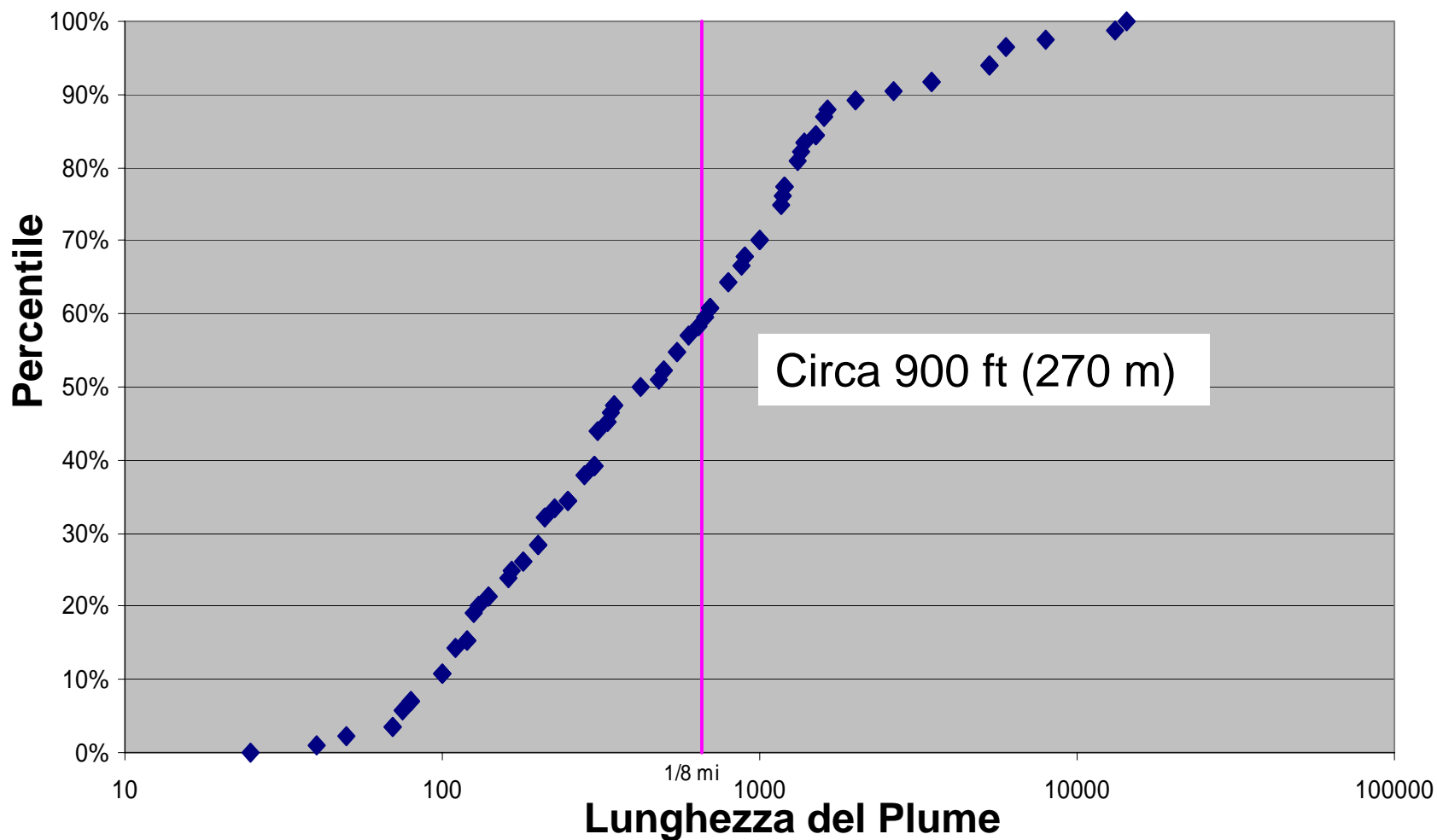
E' corretto considerare solo gli edifici entro 30 m (100 ft) dalla sorgente? (EPA, 2002)

Distanza tra l'edificio e la sorgente



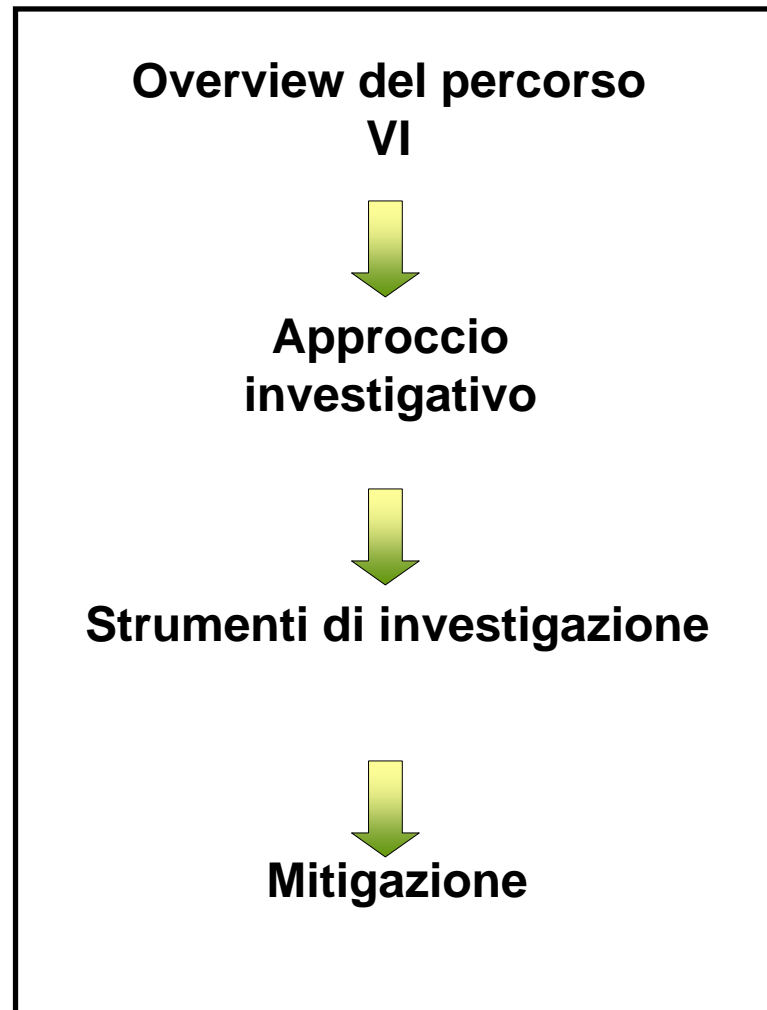
5 ug/l

Dati relativi ad indagini condotte su siti contaminati da lavanderie a secco  
(Envirogroup Limited, 2007)



## Le linee-guida dell'ITRC (2007)

Struttura della linea guida  
ITRC (2007)





## Verifica Preliminare (Capitolo 2 della guida ITRC)

Step 1: Il sito presenta un pericolo di esposizione acuta?

Step 2: I dati ottenuti dalle indagini effettuate in fase di caratterizzazione sono sufficienti a valutare il percorso di VI?

Step 3: Nel sito sono presenti contaminanti volatili e tossici?

Step 4: Ci sono edifici in prossimità dei punti contaminanti da volatili (suolo, sottosuolo e acque sotterranee)?

Step 5: Identificare gli scenari di esposizione appropriati per gli occupanti degli edifici e i valori di screening per il sito.

Step 6: I dati mostrano il superamento dei valori di screening per lo scenario di esposizione selezionato?

Step 7: Il superamento riscontrato giustifica ulteriori indagini?

## Fase di Indagine (Capitolo 3 della guida ITRC)

Step 8: Scelta della strategia di indagine per VI

Step 9: Progettazione del piano di indagine

Step 10: Attuazione del piano di indagine

Step 11: Valutazione dei dati raccolti

Step 12: Sono necessarie ulteriori indagini?

Step 13: Sono necessarie misure di mitigazione del rischio?

## Elementi importanti in fase di indagine

- ✓ Modello Concettuale Sito-Specifico
- ✓ Sistematizzazione dei dati esistenti e individuazione delle lacune
- ✓ Ubicazione dei punti di campionamento
- ✓ Modalità di campionamento
- ✓ Tipologia degli edifici
- ✓ Livelli di background
- ✓ Comunicazione alla popolazione
- ✓ Scenario del caso peggiore (ad es. sistemi di riscaldamento attivi)
- ✓ Differenze stagionali

## Influenza delle condizioni climatiche

A seguito di eventi meteorici significativi i VOCs, a seguito del riempimento delle porosità del suolo da parte dell'acqua, possono essere spostati al di sotto delle fondazioni/pavimentazioni.

Pertanto i campionamenti di soil-gas (sotto le pavimentazioni o fondazioni) e di aria indoor effettuati nelle 48 ore che seguono un evento meteorico significativo, sono maggiormente rappresentativi.



## Campionamento delle acque sotterranee

- ✓ Verificare i dati disponibili e reperire nuove informazioni
- ✓ Reperire le informazioni sulle caratteristiche dell'acquifero
- ✓ Stabilire in modo esatto ubicazione e modalità costruttive dei pozzi
- ✓ Studiare i profili verticali di contaminazione
- ✓ Delimitare il plume



## Campionamento del suolo

- ✓ I dati relativi ai campioni di suolo sono generalmente poco significativi per la valutazione del percorso di Vapor Intrusion;
- ✓ I dati del suolo costituiscono una linea di evidenza e consentono di evidenziare la necessità di ulteriori indagini, tuttavia non consentono di escludere la presenza di criticità per il percorso VI;
- ✓ I dati relativi al suolo possono essere convertiti in dati di Soil Gas attraverso equazioni di partizione
- ✓ Durante il campionamento devono essere minimizzate le perdite di VOCs



## Campionamento del soil-gas

### Metodi attivi

- ✓ Estrazione di soil-gas attraverso fori ad infissione/rotazione

### Metodi passivi

- ✓ Utilizzo di materiali assorbenti
- ✓ Campionamento per diffusione

### Considerazioni

- ✓ Controllo dei volumi di spurgo e di pompaggio
- ✓ Controllo della velocità di flusso, del volume di vuoto, delle perdite
- ✓ I contenitori dei campioni devono garantire la massima tenuta
- ✓ Il tempo tra campionamento ed analisi deve essere ridotto al minimo



## Campionamento del soil-gas (sub-slab)

- ✓ Consente di misurare le concentrazioni di soil-gas che possono entrare negli edifici
- ✓ Può essere estratto con sistemi attivi e passivi
- ✓ Possono essere realizzati punti di campionamento permanenti o temporanei
- ✓ Fornisce ottime indicazioni se i dati vengono comparati con quelli dell'aria indoor

Campionamento attivo



Campionamento passivo





## Campionamento dell'aria indoor

- ✓ Generalmente viene eseguito dopo il campionamento del gas del suolo
- ✓ Deve essere focalizzato sui contaminanti di interesse
- ✓ Il tempo di campionamento ha una grande influenza sui dati
- ✓ Può essere effettuato con metodi attivi e passivi
- ✓ E' particolarmente importante quando sono presenti spazi chiusi interrati



Canisters per il campionamento dell'aria indoor

<b>Fattori di Conversione per misure di Soil Gas (in condizioni standard di T e P)</b>		
<b>Unità di Misura</b>	<b>Converti in:</b>	<b>Moltiplica per:</b>
$\mu\text{g/L}$	$\text{mg/m}^3$	1
$\mu\text{g/m}^3$	$\text{mg/m}^3$	0.001
ppbv	$\mu\text{g/m}^3$	PM/24
$\mu\text{g/m}^3$	ppbv	24/PM
ppmv	$\text{mg/m}^3$	PM/24
ppbv	$\text{mg/m}^3$	PM/24000
$\mu\text{g/L}$	$\mu\text{g/m}^3$	1000
$\mu\text{g/m}^3$	$\mu\text{g/L}$	0.001
$\mu\text{g/L}$	ppbv	24000/PM
$\mu\text{g/L}$	ppmv	24/PM
ppbv	ppmv	0.001
ppmv	ppbv	1000

**Simboli:**

$\mu\text{g/L}$  microgrammi per litro  
 $\text{mg/m}^3$  milligrammi per metro cubo  
 $\mu\text{g/m}^3$  microgrammi per metro cubo  
 ppbv parti per miliardo in volume  
 PM Peso Molecolare  
 ppmv Parti per milione in volume

## Fattori di Conversione per Soil Gas

## Influenza di altri parametri

Nella tabella seguente sono riportati i parametri stagionali che influenzano maggiormente le risultanze dei campionamenti effettuati per la valutazione del percorso Vapor Intrusion.

<b>Parametro</b>	<b>Condizioni Maggiormente Conservative</b>	<b>Condizioni Meno Conservative</b>
Stagione	Tardo inverno/inizio primavera	Estate
Temperatura	Interna $10^{\circ}\text{F}$ > Esterna	Interna < Esterna
Vento	Stazionario > 8 km/h	Calmo
Suolo	Saturato dalla pioggia	Secco
Porte/Finestre	Chiuse	Aperte
Sistemi di riscaldamento	Attivi	Non Attivi
Sistemi di ventilazione	Non attivi	Attivi

## Valutazione dei dati

<b>Matrice</b>	<b>Metodo di Valutazione</b>	<b>Limiti</b>
Acqua sotterranea	Mediante fattori di attenuazione o mediante l'applicazione di modelli basati su caratteristiche sito-specifiche possono essere calcolate le concentrazioni nell'aria indoor	Assunzioni molto conservative nei modelli e nei fattori di attenuazione. La legge di Henry's deve essere corretta sulla base della temperatura
Vapore del suolo	Mediante fattori di attenuazione o mediante l'applicazione di modelli basati su caratteristiche sito-specifiche possono essere calcolate le concentrazioni nell'aria indoor	Minori assunzioni rispetto alle acque sotterranee, ma l'accuratezza e la rappresentatività delle misure potrebbe essere un problema
Vapore del suolo (sotto pavimentazioni o fondazioni)	Vengono stimati o misurati (ad es: attraverso il radon) I fattori di attenuazione per calcolare le concentrazioni nell'aria indoor	Maggiore sicurezza nei percorsi indagati, ma I fattori di attenuazione stimati potrebbero risultare ancora troppo conservativi per alcuni edifici
Aria Indoor	Concentrazioni nell'aria indoor misurate direttamente	Intrusione e diffusione di vapori da sorgenti diffuse potrebbero portare ad interpretazioni dei dati sbagliate. Le variazioni stagionali possono rivelarsi un fattore limitante.

## Su cosa basare le decisioni?

Devono essere utilizzate Linee di Evidenza Multiple (Multiple Lines of Evidence, MLoE):

- ✓ Distribuzione spaziale delle concentrazioni nel soil-gas e nelle acque sotterranee;
- ✓ Presenza di sorgenti diffuse (Interne e/o Esterne)
- ✓ Condizioni degli edifici (o caratteristiche costruttive)
- ✓ Dati relativi all'aria indoor e ai campioni di soil-gas presi al di sotto di pavimentazioni e fondazioni;
- ✓ Rapporti di concentrazione tra i vari contaminanti individuati nelle matrici (es: TCE/DCE)

**SI TRATTA DI UN PROCESSO**

**PER FASI ITERATIVO**

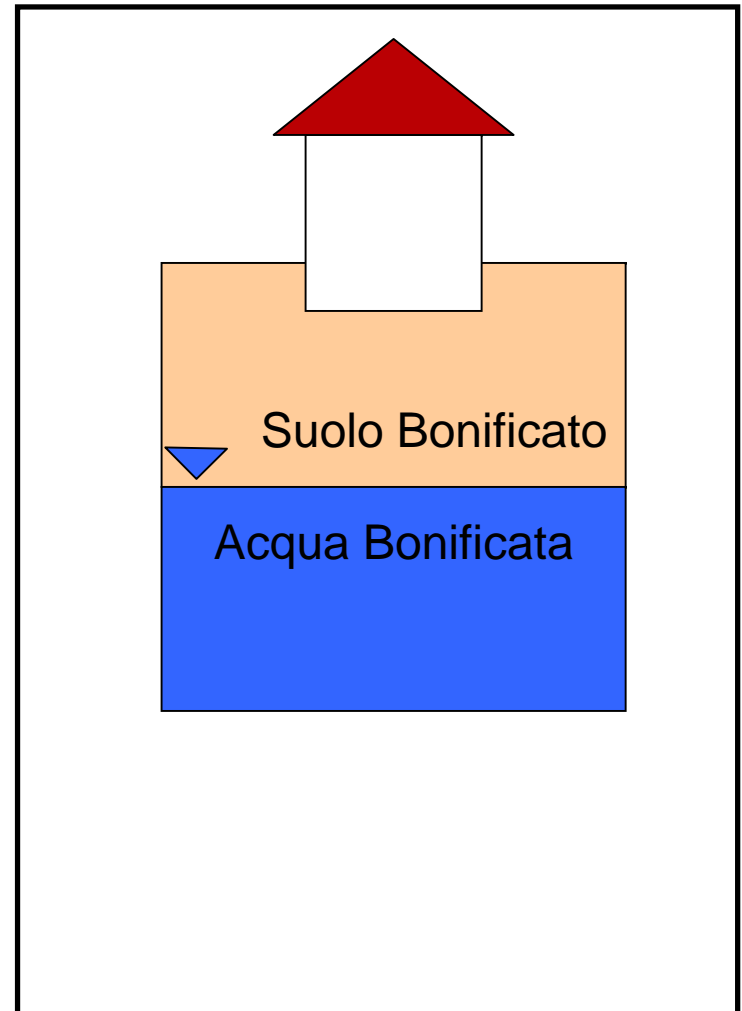
## Quali misure di mitigazione?

1. Bonifica
2. Controllo istituzionale
3. Controllo negli edifici

## Bonifica

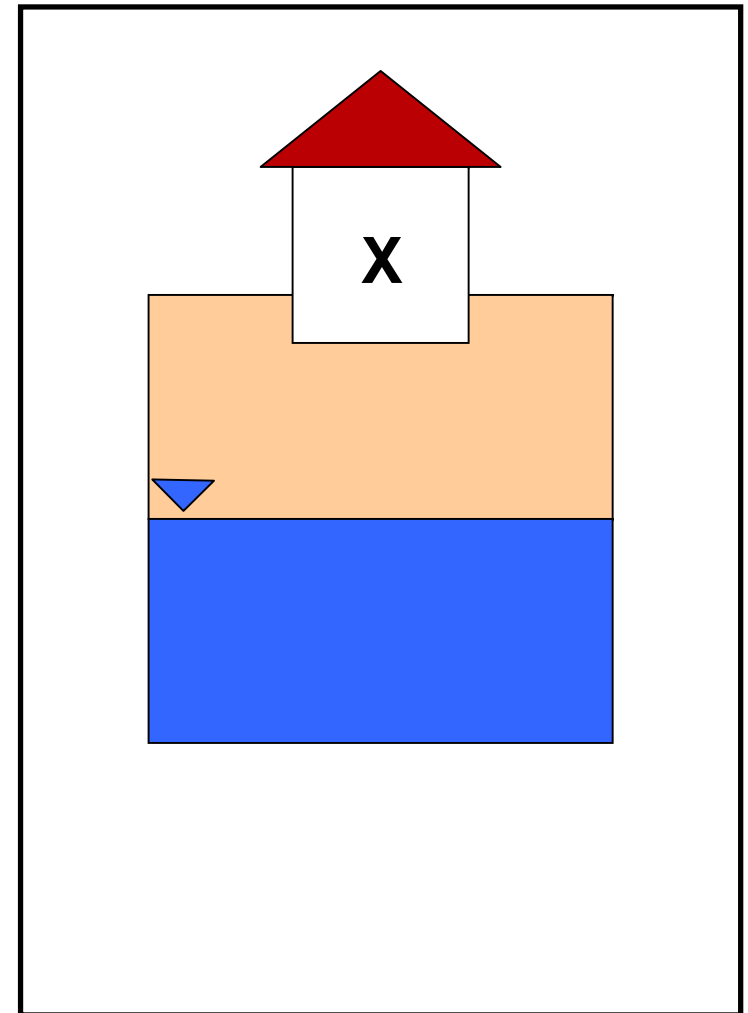
- ✓ Escavazione del suolo
- ✓ Air sparging/soil vapor extraction
- ✓ Ossidazione chimica in situ (ISCO)
- ✓ Barriere idrauliche
- ✓ Barriere passive
- ✓ More...

ATTENZIONE: la bonifica (rimozione della sorgente del VI) è l'unica misura definitiva



## Controlli Istituzionali

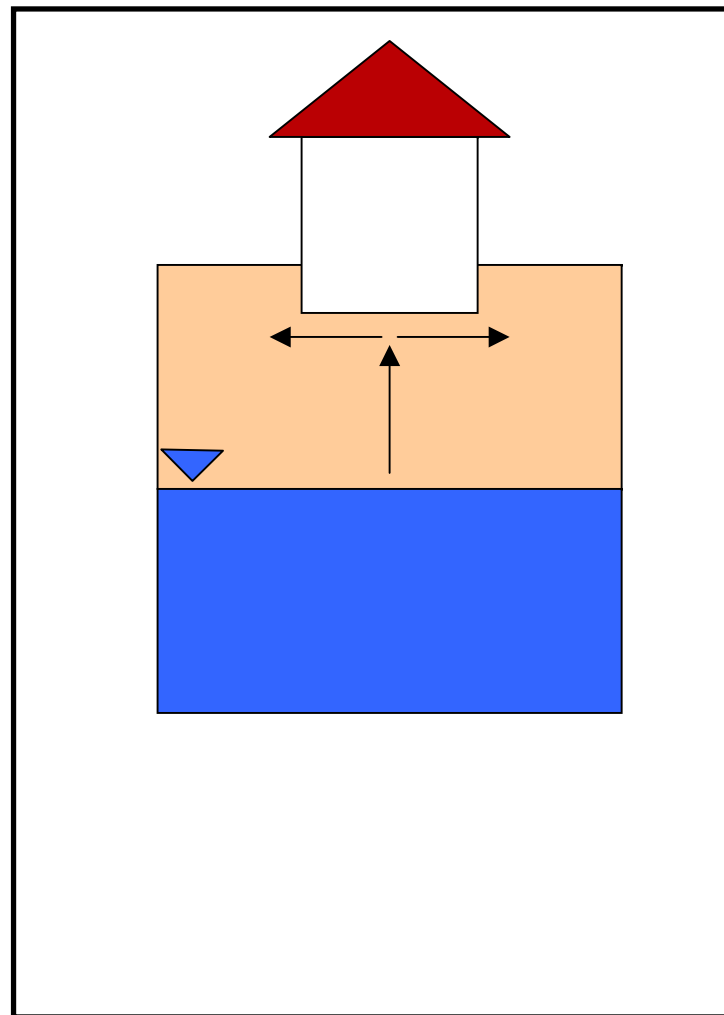
- ✓ Restrizioni d'uso
- ✓ Divieto di uso di edifici
- ✓ Divieto d'uso del suolo (per aree dismesse)





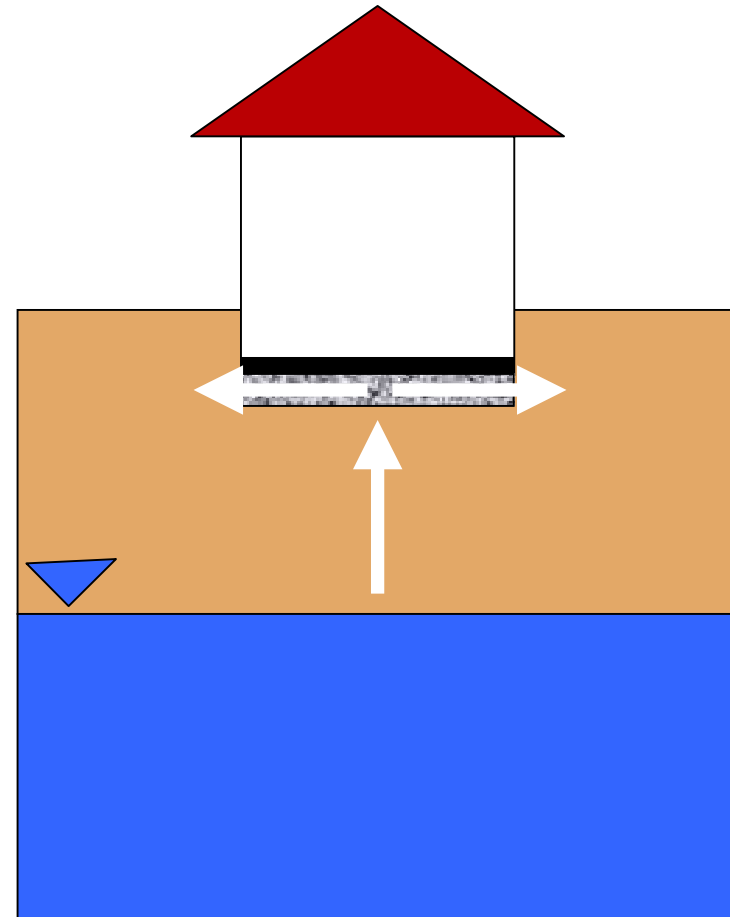
## Controllo negli Edifici

- ✓ Barriere passive
  
- ✓ Depressurizzazione o pressurizzazione della zona al di sotto delle pavimentazioni o fondazioni
  
- ✓ Ventilazione forzata
  
- ✓ Trattamento dell'aria indoor
  
- ✓ .....



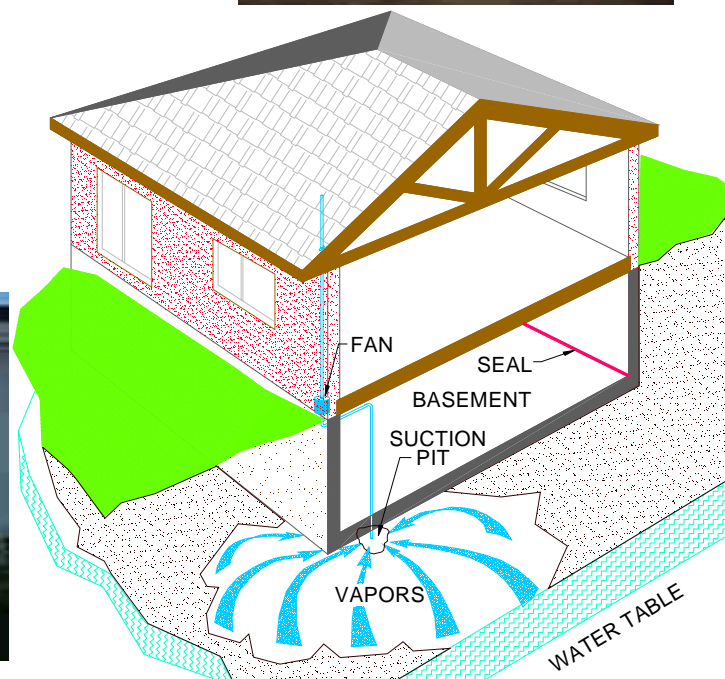
## Controllo negli Edifici: Barriere Passive

- ✓ Non applicabile alle strutture esistenti
- ✓ Esclude la realizzazione di locali interrati
- ✓ Deve essere accompagnata da sistemi di ventilazione passiva
- ✓ L'impermeabilizzazione deve avere uno spessore adeguato
- ✓ L'efficienza/efficacia non è comparabile con quella dei sistemi attivi



## Controllo negli Edifici: Depressurizzazione

- ✓ E' il sistema più applicato ed efficiente (90-99%) per il controllo del VI negli edifici
- ✓ Può essere applicato sia ad edifici esistenti che ad edifici nuovi
- ✓ il sistema è molto flessibile
- ✓ Richiede un mantenimento periodico
- ✓ Le condizioni di umidità del suolo possono ritardare l'afflusso del vapore.



## **Vapor Intrusion Pathway: Investigative Approaches for Typical Scenarios (VI-1A, ITRC 2007)**

Nel documento sono analizzati gli approcci da utilizzare per i seguenti scenari:

- ✓ Punti vendita in aree residenziali
- ✓ Lavanderie a secco in centri commerciali adiacenti aree residenziali
- ✓ Vaste aree industriali con plume estesi sotto diverse centinaia di edifici
- ✓ Terreni liberi con progetti di urbanizzazione collocati sul plume contaminati
- ✓ Edifici commerciali liberi con spazi interrati e uffici
- ✓ Appartamenti con parcheggi interrati collocati su plume contaminati