



PROCEDURE DI CAMPIONAMENTO DEI GAS INTERSTIZIALI: SOIL GAS SURVEY IN MODALITA' ATTIVA

dott. geol. Madela TORRETTA

ARPA Lombardia - U.O.C. F.S.T. Bonifiche di Siti di Interesse Significativo e Analisi di Rischio



Ancona, 5 settembre 2019



Delibera del Consiglio SNPA n. 41 del 3 ottobre 2018

Le Linee Guida (LG) emesse dal SNPA non hanno obbligatorietà all'esterno ma all'art. 4 comma 4 della **L. 28 giugno 2016, n. 132**, di **Istituzione del SNPA**, viene indicato che le norme tecniche adottate dall'ISPRA, con il concorso delle Agenzie, **sono vincolanti per il SNPA**, per assicurare l'armonizzazione, l'efficacia, l'efficienza e l'omogeneità dei sistemi di controllo e la loro gestione nel territorio nazionale.

5 settembre 2019

Procedure di campionamento dei gas interstiziali: soil gas survey in modalità attiva

dott. geol. Madela Torretta

Le indicazioni tecniche per il campionamento degli **aeriformi**, nell'ambito dei procedimenti di bonifica, sono state desunte dalle **esperienze già maturate** dalle Agenzie e dalle **attività di sperimentazione** svolte dal GdL 9 bis che hanno riguardato diverse tecniche di monitoraggio e campionamento.



La **LG 15/2018** prende in considerazione solo le procedure di campionamento da **sonde di soil gas** e **camere di flusso**; non include le **misure di aria**, in ambiente indoor e outdoor, che non sono di esclusiva competenza del SNPA, per gli aspetti sanitari che comportano, e pertanto verranno trattati in altro documento.

5 settembre 2019

Procedure di campionamento dei gas interstiziali: soil gas survey in modalità attiva

dott. geol. Madela Torretta

- ✓ **PROGETTAZIONE DEL MONITORAGGIO DI VAPORI NEI SITI CONTAMINATI**
- **CAMPIONAMENTO DEI GAS INTERSTIZIALI IN MODALITA' ATTIVA**
- **VERBALE DI SOPRALLUOGO E CAMPIONAMENTO**
- **GESTIONE DEI DATI**
- **STRUMENTAZIONE**



5 settembre 2019

Procedure di campionamento dei gas interstiziali: soil gas survey in modalità attiva

dott. geol. Madela Torretta

Le **sostanze di interesse** per il monitoraggio dei vapori, ai fini dell'Analisi di Rischio (AdR), sono quelle per cui è attivabile il **percorso di volatilizzazione** dal suolo e/o dalle acque di falda, definite come VOC (Composti Organici Volatili).

In accordo con la **Banca Dati ISS-INAIL** del **marzo 2018** sono stati definiti i seguenti criteri:

- si **esclude** il percorso di volatilizzazione per le sostanze la cui **pressione di vapore** è inferiore a 10^{-6} kPa ($= 7,5 \times 10^{-6}$ mm Hg);
- si **attiva** il percorso di inalazione di vapori se la **pressione di vapore** è maggiore di 0,075 mm Hg (10 Pa), oppure la **costante di Henry** è maggiore di 10^{-5} atm m³ mol⁻¹.

Per gli **idrocarburi**, si ritiene opportuno attivare il percorso inalazione vapori per le classi di idrocarburi **aromatici** e **alifatici C \leq 12**.

Microinquinanti inorganici	Cianuri	Fenoli non clorurati	Fenolo
	Mercurio elementare		<i>m</i> -Metilfenolo
Aromatici	Benzene		<i>o</i> -Metilfenolo
	Etilbenzene		<i>p</i> -Metilfenolo
	Stirene		Metilfenoli
	Toluene		2,4-Diclorofenolo
	<i>m</i> -Xilene		2-Clorofenolo
	<i>o</i> -Xilene		Anilina
	<i>p</i> -Xilene		<i>m,p</i> -Anisidina
Xileni	<i>o</i> -Anisidina		
Alifatici clorurati	1,1,2-Tricloroetano	<i>p</i> -Toluidina	
	1,1-Dicloroetilene	Alifatici C5-C8	
	1,2,3-Tricloropropano	Alifatici C9-C12	
	1,2-Dicloroetano	Aromatici C9-C10	
	Clorometano	Aromatici C11-C12	
	Cloruro di vinile	Acenaftene	
	Diclorometano	Acenaftilene	
	Tetracloroetilene (PCE)	Antracene	
	Tricloroetilene	Fenantrene	
	Triclorometano	Fluorene	
	1,1,2,2-Tetracloroetano	Naftalene	
	1,1,1-Tricloroetano	MTBE	
	1,1-Dicloroetano	ETBE	
	1,2-Dicloropropano	Piombo tetraetile	
	1,2-Dicloroetilene	Tributilstagno	
	Esaclorobutadiene	1,2,4,5-Tetraclorobenzene	
1,2-Dibromoetano	1,2,4-Triclorobenzene		
Bromodiclorometano	1,2-Diclorobenzene		
Dibromoclorometano	1,4-Diclorobenzene		
Tribromometano (Bromoformio)	Esaclorobenzene		
Nitrobenzeni	Nitrobenzene	Monoclorobenzene	
		Pentaclorobenzene	

I **contaminanti** da ricercare durante i monitoraggi devono essere definiti tenendo conto:

- delle **caratteristiche sito-specifiche** dell'area in studio;
- delle sostanze volatili e semivolatili utilizzate nei **cicli produttivi**, svolti in passato o ancora in essere sul sito, e dei relativi **sottoprodotti**.

E' utilizzato nelle diverse fasi dei procedimenti di bonifica.

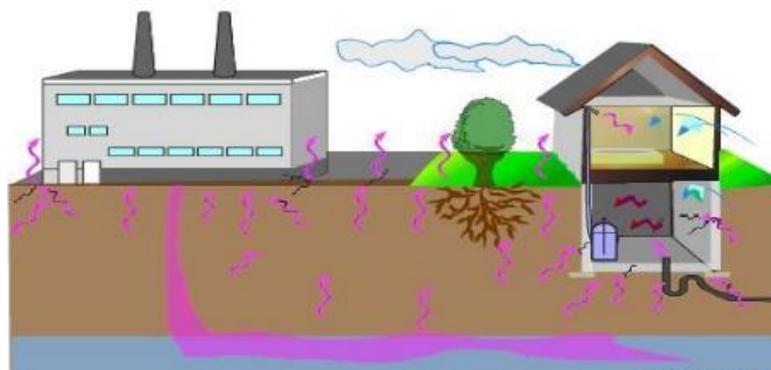
- a) In fase di **indagine preliminare/caratterizzazione** per supportare altre tecniche di indagine (es. ubicare le indagini geognostiche).
- b) Durante l'implementazione dell'**Analisi di Rischio** per:
 - **escludere** il **percorso di migrazione** degli inquinanti volatili;
 - **misurare** le **concentrazioni** di VOC nella sorgente di contaminazione e/o i valori a cui sono esposti i recettori;
 - **verificare** i **valori attesi** dai modelli di simulazione.
- c) In **bonifica** o **messa in sicurezza** per:
 - la **progettazione** degli interventi;
 - verificare l'**efficacia** degli interventi di bonifica/mitigazione.

La **pianificazione** delle indagini deve tener conto delle **finalità** del campionamento e del **modello concettuale** della contaminazione.

I VOC possono **migrare** sotto l'influenza di molte variabili legate alle loro **proprietà chimico-fisiche**, alle caratteristiche **geologiche e idrogeologiche** (presenza di terreni a bassa permeabilità o falde superficiali), alle condizioni **meteo/climatiche** ed alla presenza di **elementi infrastrutturali** (es. pavimentazioni) del sito oggetto di studio.

I 2 **meccanismi principali del trasporto** delle sostanze volatili nel suolo sono:

- la **diffusione** per gradiente di concentrazione, in generale **sempre presente** e **spesso prevalente**;
- l'**avvezione** per gradiente di pressione.



miscelazione

avvezione

diffusione

soil gas provenienti da terreno e/o falda

Le cause dei **fenomeni avvettivi** sono:

- **fluttuazioni di pressione**: variazioni giornaliere (giorno/notte) dovute a temperatura, umidità e pressione atmosferica dell'ordine di pochi millibar e variazioni a lungo termine che derivano da condizioni climatiche a scala più ampia, dell'ordine di decine di millibar;
- **oscillazioni del livello di falda**: se la falda è molto superficiale e la permeabilità del mezzo è elevata, le variazioni sono repentine e significative;
- produzione di **gas dalla degradazione** della sostanza organica;
- negli ambienti indoor, per gli impianti di aspirazione, riscaldamento e ventilazione ed effetto camino, legate a **differenze di temperatura** tra ambiente chiuso ed aperto.

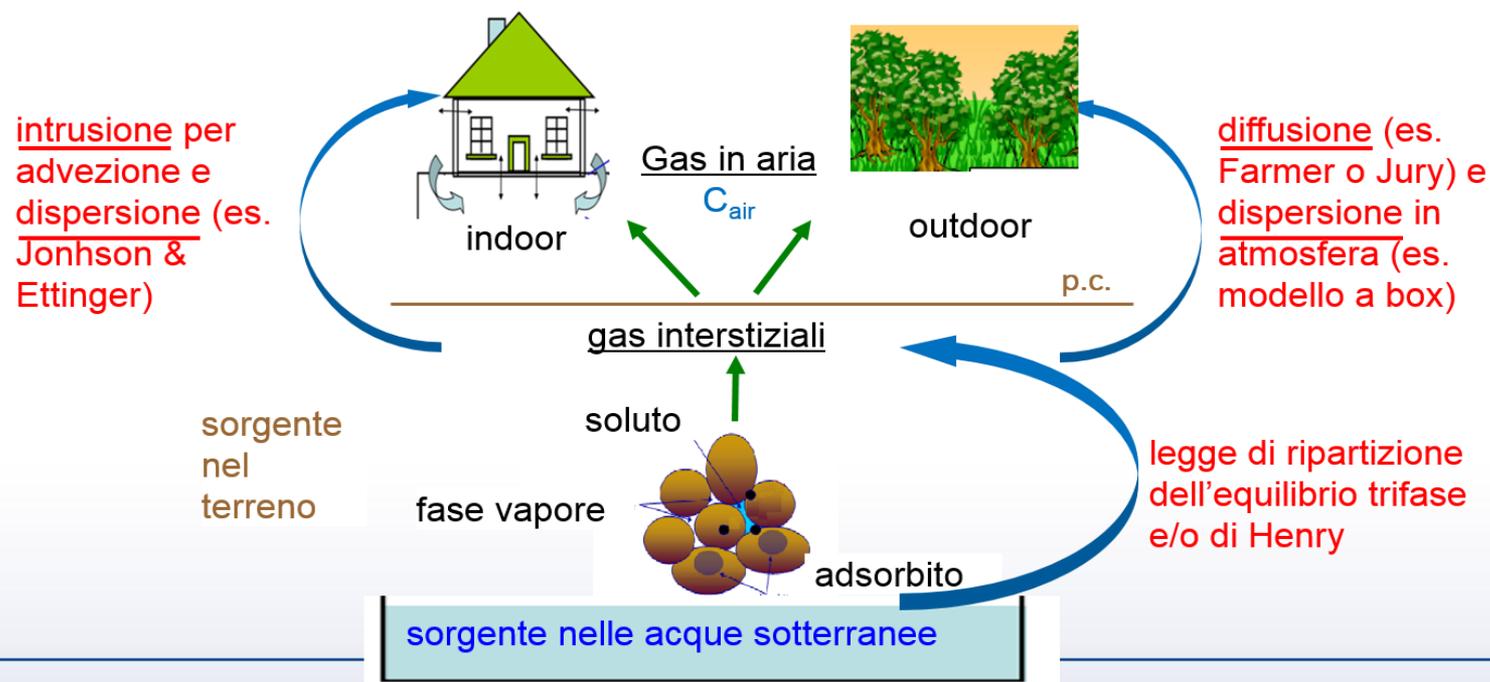
Anche **gradienti di pressione** relativamente **piccoli** possono generare **flussi avvettivi significativi**.

Altro meccanismo importante è la **miscelazione** del flusso dei contaminanti, dal suolo con l'aria indoor e outdoor, che determina, di norma (per aria ambiente non contaminata), una **diluizione delle concentrazioni**.

Gli elementi fondamentali che governano il fenomeno sono:

- in **ambiente indoor** la frequenza del **ricambio di aria** all'interno dello **spazio chiuso** (volume di aria in cui avviene la miscelazione) direttamente a contatto con il flusso emissivo (piano interrato o piano terra) o nel caso di **vie preferenziali** di migrazione gli spazi chiusi interessati da tali percorsi verso i piani superiori (es. camini, condotte d'aria);
- in **ambiente outdoor** la presenza di **vento**; il volume d'aria dipende dalle **condizioni atmosferiche** che favoriscono o limitano il moto verso l'alto dei VOC.

Il **rischio** associato all'inalazione di vapori è funzione della **concentrazione** dei **contaminanti attesa in aria** indoor e/o outdoor ($C_{\text{aria ambiente}}$) è dovuta all'emissione di sostanze volatili presenti nelle **sorgenti secondarie** di contaminazione nei terreni e/o nelle acque di falda; tale stima viene condotta mediante l'applicazione di modelli matematici.



5 settembre 2019

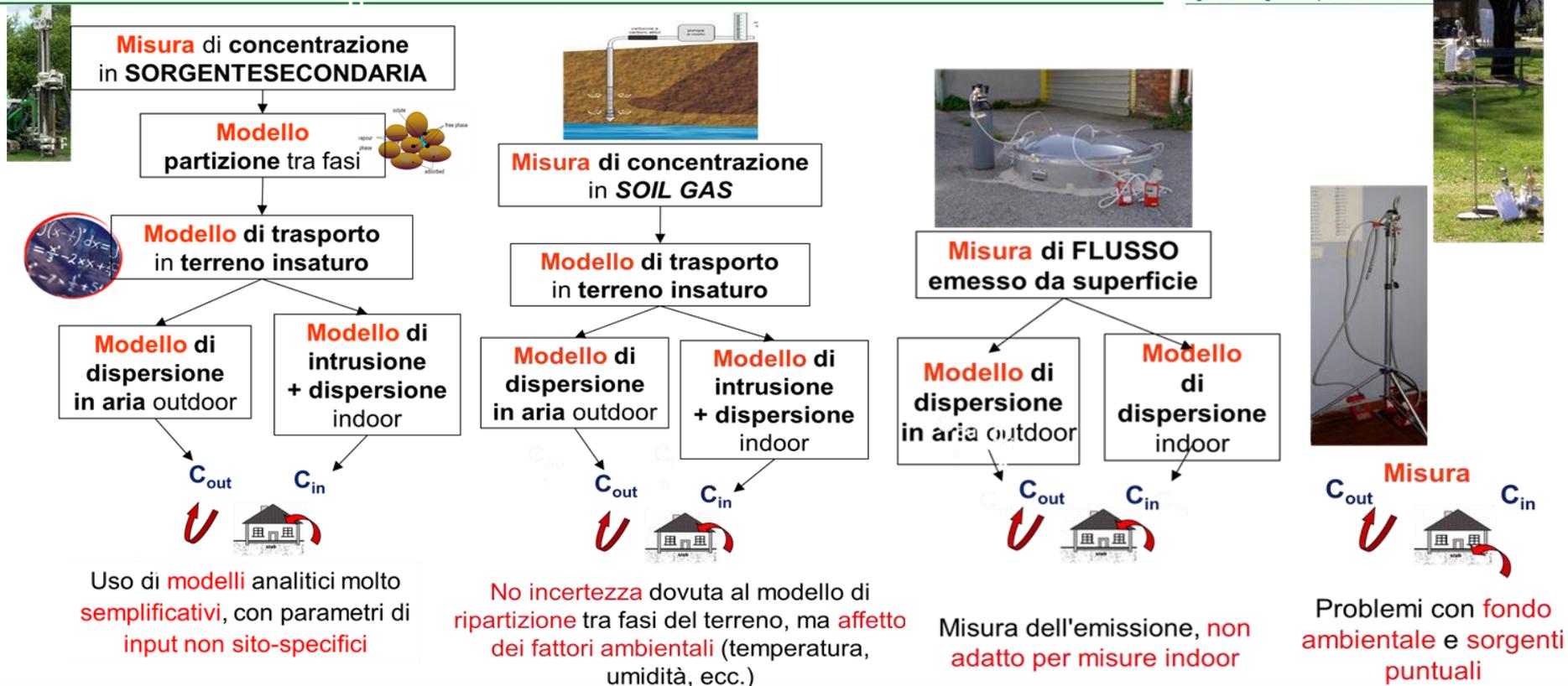
Procedure di campionamento dei gas interstiziali: soil gas survey in modalità attiva

dott. geol. Madela Torretta

In alternativa alle soluzioni modellistiche (a partire da dati di concentrazione in falda o terreno) la **concentrazione in aria** può essere stimata tramite diverse **linee di evidenza**:

- uso di **sonde di soil gas**, che permette di by-passare la simulazione degli equilibri di ripartizione di fase;
- uso di **camere di flusso** che permettono la misura del flusso emissivo lasciando alla parte modellistica solo la dispersione in atmosfera;
- campionamento diretto dell'**aria ambiente**, che elimina l'incertezza modellistica.

Le **diverse tipologie** di monitoraggio misurano **grandezze differenti**, e quindi non sono direttamente confrontabili, ogni tecnica presenta punti di forza e di debolezza. Nei casi più **complessi** è possibile svolgere un monitoraggio basato su **più linee di evidenza**.



Il **GdL 9 bis** ha focalizzato principalmente le linee guida sul **soil gas survey** in **modalità attiva** che viene indicata come **tipologia di monitoraggio prioritaria**; la possibilità di utilizzare altre tipologie deve essere concordata con gli Enti di controllo.

5 settembre 2019

Procedure di campionamento dei gas interstiziali: soil gas survey in modalità attiva

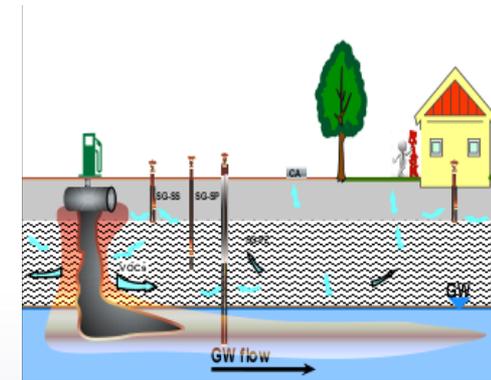
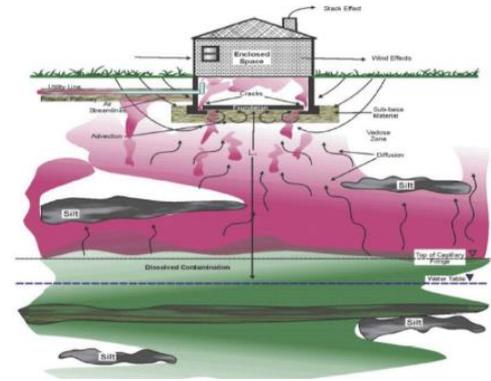
dott. geol. Madela Torretta

CRITERI DI UBICAZIONE DEI PUNTI DI CAMPIONAMENTO (1/2)

Il **numero** e l'**ubicazione** dei punti di monitoraggio deve essere deciso sulla base del **modello concettuale** ed in funzione dell'**obiettivo dell'indagine**.

Qualora l'indagine intervenga **dopo** la **caratterizzazione** potrà essere prevista un'**ubicazione ragionata**, è fondamentale:

- effettuare una **ricostruzione storica** delle attività svolte in passato e/o in essere;
- valutare gli **elementi antropici** (es. sottoservizi, serbatoi, pozzetti, trincee) e gli aspetti **naturali** (es. variazioni litostratigrafiche) che possono costituire delle **vie preferenziali** di migrazione dei vapori;
- considerare la localizzazione **delle sorgenti** nelle diverse matrici;
- verificare la posizione di possibili **recettori sensibili** anche oltre i confini legali del sito.



5 settembre 2019

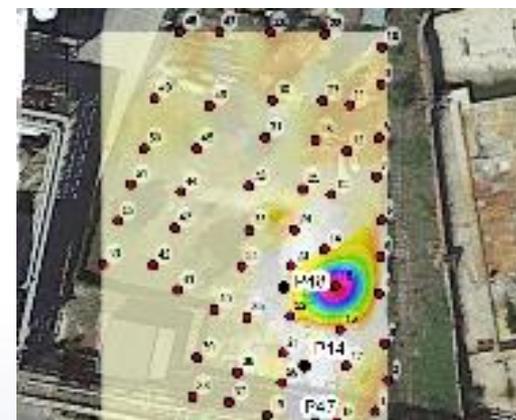
Procedure di campionamento dei gas interstiziali: soil gas survey in modalità attiva

dott. geol. Madela Torretta

L'uso di una **griglia di campionamento** può essere più idoneo in **fase di caratterizzazione**, occorre suddividere la superficie del sito per **aree omogenee** (**tipologia di pavimentazione, caratteristiche litologiche, soggiacenza della falda e tipologia di contaminante**).

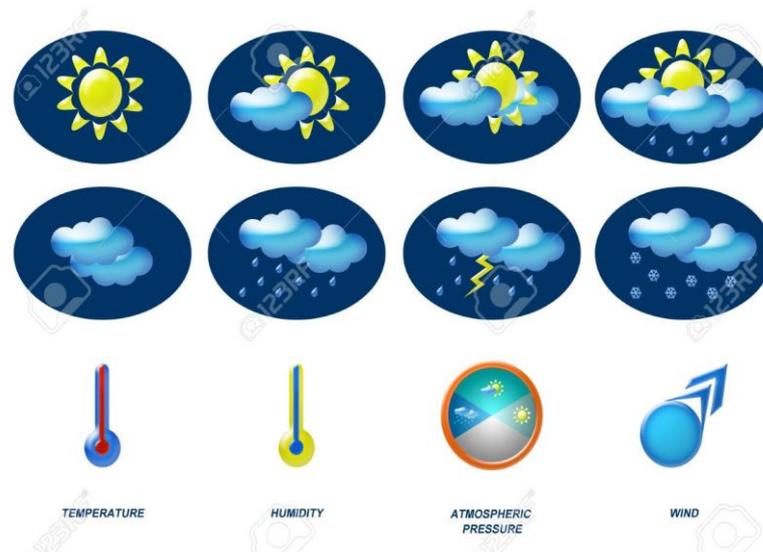
Il **numero di punti**, deve essere minimo **3**. Per aree outdoor di grandi dimensioni prevedere almeno **1 punto** di campionamento **ogni 2500 m²** (50 x 50 m).

Per i **siti più complessi**, dove non si hanno sufficienti informazioni sulla distribuzione della contaminazione/geologia del sito, si possono svolgere **misure di screening** di COV e CO₂ con una **camera di flusso non stazionaria di accumulo** nell'intorno dei **punti di attenzione**, al fine di verificare la presenza/assenza di flussi significativi.



Alcuni **fattori atmosferici** e **stagionali** possono condizionare i valori di concentrazione dei vapori nei gas interstiziali e quindi gli esiti dei monitoraggi.

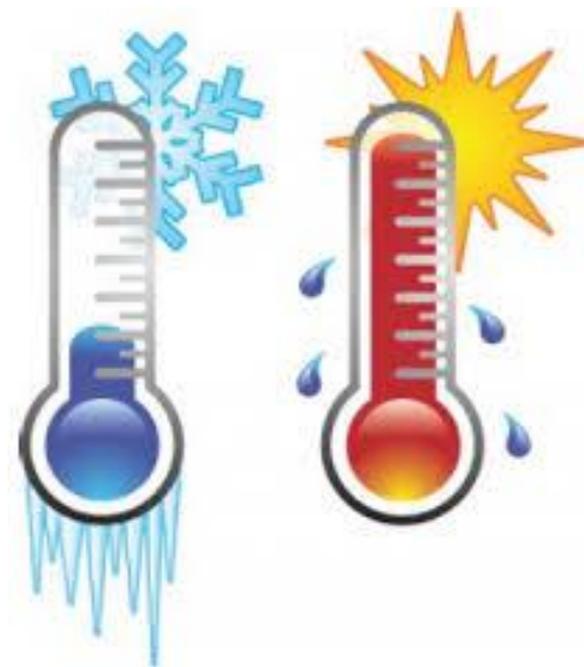
I **parametri** particolarmente **significativi** sono: temperatura, pressione atmosferica, frazione organica nel terreno, livello della falda e più in generale umidità, irrigazione e precipitazioni, intensità e direzione del vento ed irraggiamento solare.



L'aria atmosferica **più calda**, favorisce l'**emissione di soil gas**.

Le **condizioni idonee** per la misura degli aeriformi sono temperature comprese tra **0°C** e **50°C**: **T basse** inducono **congelamento/condensazione del vapore acqueo**, limitando la migrazione del soil gas, fino all'interruzione del percorso dei gas per la formazione di ghiaccio nel top soil.

Già con **T >30°C** si possono verificare malfunzionamenti della **strumentazione**.



La **pressione (P)** varia in base a diversi fattori tra i quali l'**altitudine**, la **temperatura (T)** ed il **grado di umidità (U)**.

L'**alta P** produce una **minor emissione** dei gas dal suolo, si consiglia pertanto di effettuare i **monitoraggi** in giornate in cui si registrano condizioni di P atmosferica con una **tendenza stazionaria** o **in diminuzione**.

In situazioni di **rapida variazione** della P è utile **acquisirne l'andamento** nel corso dei campionamenti per valutarne l'influenza sulle misure.



L'**umidità (U)** riduce il **volume** dei **pori liberi** ed **altera** la **solubilità** dei gas e dell'**attività biologica**, influenzando significativamente il campionamento del soil gas.

Minore U e **maggiore** è il **movimento verticale** dei gas; nel suolo secco aumenta la **permeabilità** perché si **creano crepe** nel terreno che costituiscono vie preferenziali.

Maggiore U può causare **assenza** o condizioni di **flusso basso**: in tali casi deve essere sospeso il campionamento.

U è legata anche alla presenza della **frangia capillare**.

Per **ridurre** gli **effetti** di **U** può essere utile **ridurre** i **tempi** di **campionamento**.



L'infiltrazione nel suolo delle acque di **pioggia** occlude i pori del terreno ed **impedisce il passaggio** dei vapori, è necessario effettuare il **campionamento**:

- dopo almeno **36 ore** di **tempo secco**;
- attendere almeno **48 ore** nel caso di un **evento meteorico significativo** ($i > 13$ mm/d);
- fino a **4-5 giorni** dopo il verificarsi di **piogge molto intense**.

Per punti ubicati all'interno di **aree coperte** è possibile campionare **anche dopo eventi piovosi**.

In presenza di sonde soil gas in **aree outdoor ben pavimentate** è ammissibile **ridurre i tempi di attesa**.

Nel caso di **aree verdi irrigate**, è necessario interrompere l'uso di acqua almeno **5 giorni** prima del campionamento.

Il **vento** **inibisce** il **flusso emissivo** dei vapori, pertanto è meglio **non svolgere** il monitoraggio con presenza di **vento forte** indicativamente > 3 m/sec se non è rappresentativo delle condizioni generali del sito.

Nel SIN Sesto S/G, in presenza di strutture pericolanti, per la sicurezza degli operatori, è stato definito il blocco delle attività con 6 m/sec.

Il vento, insieme alla radiazione solare, determina la **turbolenza atmosferica** che agisce sul **rimescolamento** e condiziona il flusso emissivo dei vapori.



Durante il campionamento occorre **registrare diversi parametri meteorologici** avvalendosi, in assenza di strumentazione specifica, anche di centraline meteo in prossimità del sito in esame:

- data ed intensità dell'**ultimo evento meteorico**;
- **T, U e P** atmosferica;
- velocità e direzione del **vento**;
- **livello piezometrico** nei piezometri significativi;
- se possibile **T del suolo** (a 5 cm di profondità) e delle **acque sotterranee** nei piezometri significativi.

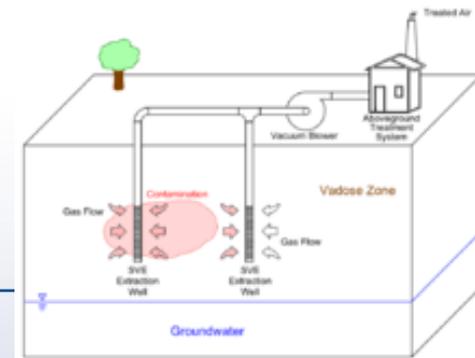


La presenza di **impianti di MISE/MISO/Bonifica attivi** (es. SVE o Pump and Treat) influenza il trasporto dei VOC e quindi il loro monitoraggio.

Se **non ci sono problemi di ordine sanitario/ambientale** si consiglia di **spegnere l'impianto** prima di effettuare il monitoraggio, per un tempo significativo (diverse settimane, fino ad un mese per suoli sabbiosi e fino ad alcuni mesi per suoli più fini).

In **caso contrario**, con un impianto Pump and Treat attivo, nel corso del monitoraggio occorre registrare anche le **condizioni operative della falda**, e quindi al termine degli interventi, dovrà essere ripetuto il monitoraggio spegnendo gli impianti con i tempi indicati.

Diversamente, per **accertare l'efficacia** di un impianto di MISE/MISO/Bonifica occorre svolgere il campionamento **lasciandolo attivo**.



Il **Piano** di **Campionamento** deve essere **predisposto dalla Parte** e presentato agli **Enti** per consentirne le adeguate valutazioni, questo **deve contenere**:

- le informazioni **litostratigrafiche** dell'area;
- i criteri di **ubicazione** dei punti e le **profondità di campionamento** delle sonde;
- il protocollo di **installazione** delle sonde;
- la **frequenza di campionamento** e i **VOC** da ricercare;
- la **strumentazione** che si intende utilizzare e relativa documentazione;
- i metodi di **campionamento** e **dettagli analitici** (tecnica di analisi e limiti di quantificazione);
- i **limiti di rilevabilità** da garantire per avere risultati significativi per la stima del rischio;
- il calcolo dei **tempi di spurgo**;
- le **condizioni di prelievo** previste (portata, durata del campionamento...);
- i criteri di **conservazione** dei **campioni**;
- il **cronoprogramma** dei lavori.

I gas non sono una matrice stazionaria ma possono subire **variazioni repentine** in **tempi relativamente brevi**.

Diversamente dall'aria ambiente, le altre tecniche di monitoraggio **non** si prestano a **campionamenti** eccessivamente **lunghi** che possono alterare le condizioni di equilibrio/migrazione dei gas nel suolo e risultare di conseguenza poco rappresentativi.

L'utilizzo degli aeriformi nell'**AdR** presuppone che siano idonei a consentire valutazioni di esposizione a **lungo termine**.

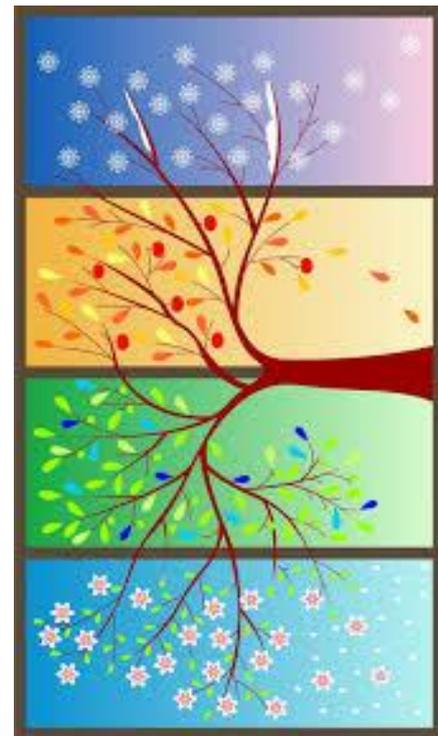
I dati raccolti devono quindi essere **rappresentativi** delle differenti **condizioni atmosferiche** e **stagionali**, risulta pertanto necessario effettuare **più campagne** di monitoraggio nell'arco dell'anno.

Nel caso di sorgente secondaria nel **saturo**, è opportuno definire i **periodi di campionamento** sulla base dell'andamento delle **oscillazioni** della falda acquifera e del suo **stato di qualità** (considerando almeno gli ultimi due anni di monitoraggio).

Indicazioni sul numero di campagne di monitoraggio (1/3)

Le campagne di misura devono garantire la rappresentatività in termini di:

- **Variabilità giornaliera** del dato. A giudizio degli Enti di Controllo, può essere richiesta tale valutazione, su un n. limitato di punti, per siti di **grandi dimensioni**, nelle zone in cui si verificano **picchi di concentrazioni** o **flussi significativi** dei gas interstiziali o qualora sia previsto l'abbinamento con le **misure in aria** (ripetizione delle misure per 3 giorni anche non consecutivi);
- **Variabilità stagionale** del dato;
- **Valutazione a lungo termine** dell'esposizione dei recettori.



Dovranno essere previste:

- **almeno 4 campagne** (rappresentative della stagionalità di un anno) per l'**esclusione** del **percorso di volatilizzazione**;
- da **4 a 6 campagne** (rappresentative delle stagionalità di uno o due anni) per la verifica di **accettabilità del rischio** associato ai risultati dei monitoraggi.

In generale il numero delle campagne dipende da:

- **grado** di **cautela** della valutazione;
- **incertezza** legata alla rappresentatività del dato;
- **risultati ottenuti** nel primo anno di monitoraggio, in termini di rischio, tenendo conto del range d'incertezza (10%).

Nel caso di un **monitoraggio di screening**, in fase di investigazione iniziale, può ritenersi invece sufficiente **un solo rilievo**.



Indicazioni sul numero di campagne di monitoraggio (3/3)

Ai fini della validazione dei dati possono essere effettuati campionamenti in **contraddittorio** con l'Ente di controllo su almeno il **10-20%** dei punti.

L'**Ente procedente** può autorizzare l'avvio delle attività di **ripristino edilizio e/o riconversione territoriale** in base agli esiti della prima campagna di misure (se risulta effettuata nel periodo maggiormente critico e se tali attività non pregiudicano la realizzazione dell'eventuale bonifica); dovranno essere comunque **eseguite** tutte le **successive campagne** di monitoraggio e se queste evidenziano presenza di valori di **rischio non accettabili**, devono essere adottate le **opportune azioni**.

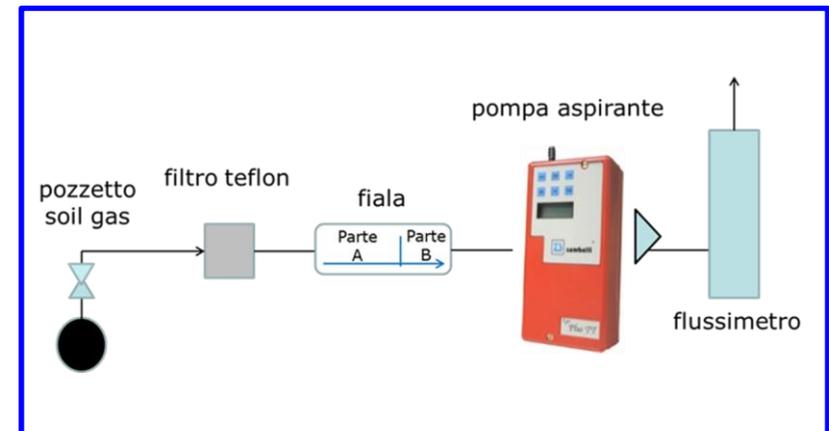


5 settembre 2019

Procedure di campionamento dei gas interstiziali: soil gas survey in modalità attiva

dott. geol. Madela Torretta

- **PROGETTAZIONE DEL MONITORAGGIO DI VAPORI NEI SITI CONTAMINATI**
- ✓ **CAMPIONAMENTO DEI GAS INTERSTIZIALI IN MODALITA' ATTIVA**
- **VERBALE DI SOPRALLUOGO E CAMPIONAMENTO**
- **GESTIONE DEI DATI**
- **STRUMENTAZIONE**



Nell'Appendice A della LG 15/2018 vengono fornite tutte le **indicazioni tecniche** e i **criteri**, finalizzati a standardizzare/omogeneizzare tutte le operazioni relativamente:

- alle **modalità d'installazione** delle **sonde** per il campionamento dei soil gas in modalità attiva;
- agli **accorgimenti** e **controlli** da attuare nel corso dei monitoraggi;
- al **campionamento** con **diversi tipi di supporto**.

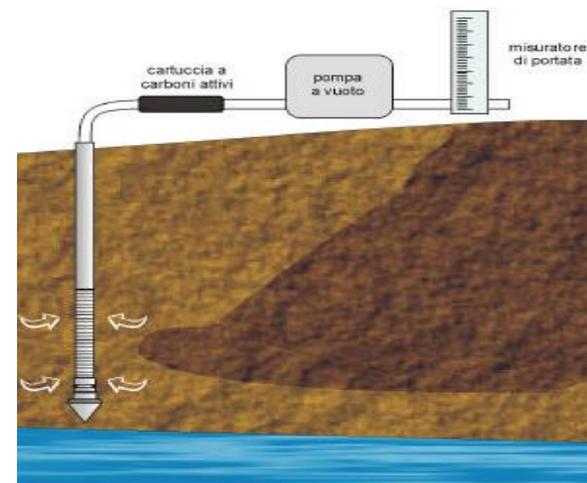


Il **campionamento attivo** consiste nella captazione di soil gas dal terreno per mezzo di un **sistema aspirante**.

Il prelievo può avvenire raccogliendo un campione di aria in **modalità diretta** (es. canister) o in **modalità indiretta** per ad-/assorbimento dell'inquinante su un opportuno substrato (fiale DS, DT, ecc...).

Permette di **stimare quantitativamente** il contenuto delle sostanze ricercate nei gas interstiziali.

Tale modalità ha lo **svantaggio** di necessitare dell'**installazione** di sistemi di estrazione dei gas interstiziali e **non** è utilizzabile in terreni con **bassa permeabilità** o **elevata umidità**.



Nel campionamento attivo la sonda è costituita da un **tubo** inserito nel terreno insaturo, **fessurato** nel tratto inferiore per consentire l'aspirazione ed il trasporto dei gas fino alla superficie.

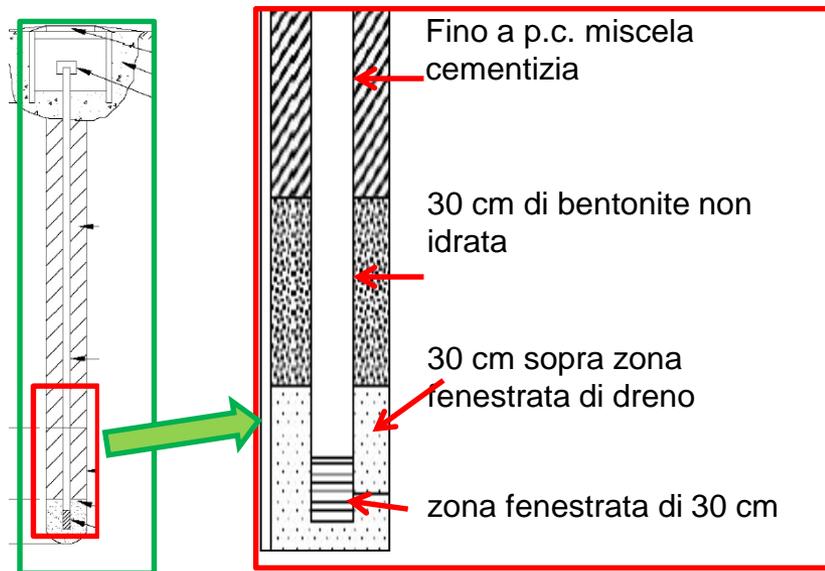
In funzione dello scopo del monitoraggio possono essere predisposte:

- **sonde temporanee**, tramite **infissione** e successiva **rimozione**;
- **sonde permanenti** (ricampionabili), tramite sistemi a **rotazione a secco**. Si **sconsigliano** i metodi di perforazione con rotazione a fluido, ad aria o sonici, perché **perturbano eccessivamente** il mezzo poroso e compromettono gli esiti del monitoraggio. Se per motivi di sicurezza sono necessari **scavi a risucchio** il materiale movimentato deve essere compattato e la fenestrazione delle sonde deve interessare profondità superiori alla quota del fondo foro.

REALIZZAZIONE DELLE SONDE

Esecuzione delle sonde (2/2)

1. Realizzazione del **foro** di installazione delle sonde fino a 5-10 cm sotto la base della zona di campionamento;
2. posa alla base di **ghiaietto** (10-30 cm);
3. installazione **sonda di prelievo** (\emptyset tra 1/8" e massimo 3/4") fessurata per 20-30 cm;
4. posa di **ghiaietto** fino a circa 30 cm al di sopra della zona fessurata;
5. eventuale posa di una membrana di separazione in PTFE e poi di 30 cm **bentonite non idrata**;
6. iniezione di **bentonite idrata** o **miscela cementizia** fino a p.c. e **sigillatura** della testa dei pozzetti;
7. chiusura del tubo di prelievo con **tappi** a pressione o a sfera e **contrassegno** dei pozzetti.



5 settembre 2019

Procedure di campionamento dei gas interstiziali: soil gas survey in modalità attiva

dott. geol. Madela Torretta

La **profondità** viene scelta in relazione alle **caratteristiche litologiche** e **idrologiche** dell'area, alla **profondità della contaminazione**, in modo da minimizzare gli effetti dovuti alle variazioni delle **condizioni meteo** ed evitare il **richiamo di aria ambiente**.



E' necessario collocare la **zona filtrante** a non meno di 1-1,5 m da p.c. e comunque almeno 1 m sopra il massimo livello freaticometrico. Nel caso di siti con **falda prossima** alla quota delle **sonde**, occorre valutare la fattibilità del monitoraggio attivo (U deve essere $< 70\%$) e registrare la soggiacenza.

Se la **sorgente** secondaria è **superficiale** (1 m da p.c.) valutare se effettuare il rilievo dei soil gas con **particolari accorgimenti** all'interno della sorgente stessa o preferire **altre tecniche** di monitoraggio.

Nei casi di **disomogeneità** del terreno, si raccomanda di svolgere campionamenti a diverse profondità del non saturo.

Sonde superficiali possono presentare una **maggiore variabilità temporale** per l'influenza delle **condizioni meteo** e per la **biodegradazione**, ma essendo vicine al recettore danno risultati più reali.

Sonde profonde presentano concentrazioni più elevate e **minore variabilità temporale** e possono essere utili per valutare lo **scenario futuro** degli interrati.

E' possibile realizzare **sonde multilivello** per ricostruire **profili verticali** e dare evidenza ai fenomeni di biodegradazione.

Occorre utilizzare **materiali** inerti ed **impermeabili ai gas** (es. PTFE, teflon, acciaio inossidabile, rilsan, rame, ...), **non sono adatti** polietilene, silicone, neoprene o gomma o PVC (soprattutto in presenza di clorurati). Per i **collegamenti** con materiale morbido si consiglia il **tygon**. Dopo ogni utilizzo tutti i componenti vanno **decontaminati**, in alternativa usare **tubi monouso**.



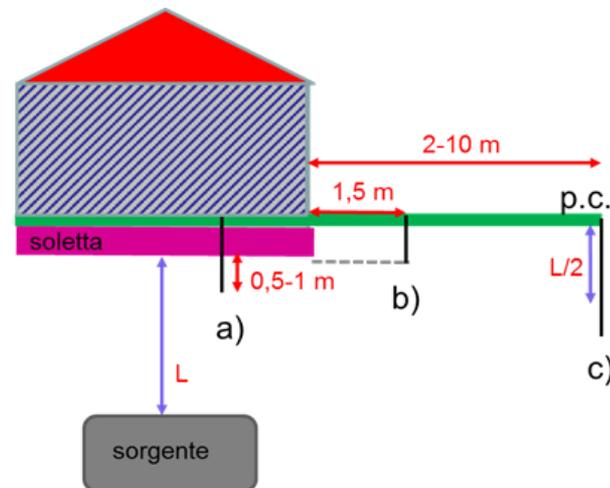
Punta di metallo della sonda soil gas



Tubo di tygon

In presenza di **strutture** scegliere tra queste alternative:

- a) a **10 cm-1 m** sotto la soletta (*sub slab probe* es. *vapor pin*) o a **1 m** sotto il **vespaio/strato drenante**; tali realizzazioni richiedono una soletta integra per evitare intrusioni di aria dalla superficie e fenomeni di cortocircuitazione (test di tenuta);
- b) a **1,5 m** dalle **pareti** delle strutture (*near slab probe*) ed alla **stessa profondità** delle fondazioni, comunque almeno a -1,5 m da p.c.;
- c) a **2÷10 m** dalle **pareti** e ad una profondità superiore alla metà della distanza tra le fondazioni e la sorgente, comunque almeno a -1,5 m da p.c..



Le operazioni di **installazione** della sonda alterano le condizioni del sottosuolo.

Il campionamento dei gas deve avvenire indicativamente:

- **12 ore** dopo l'**installazione** della sonda con tecniche **direct push**;
- **48 ore** per quelle installate con metodi di **perforazione** (a rotazione o percussione);
- almeno **7 giorni** in caso di **trincee** o **prescavi**.



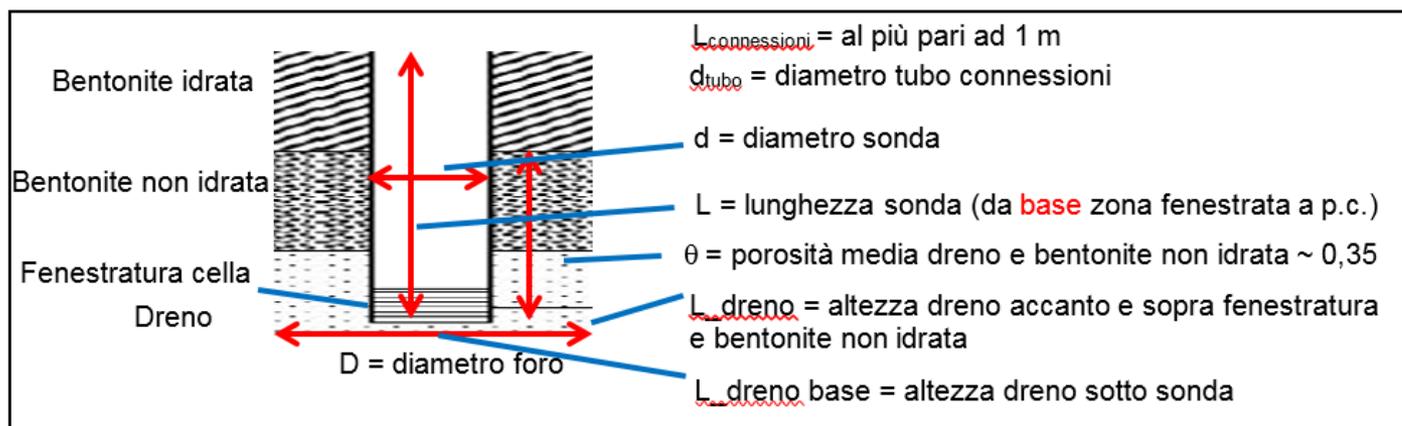
Lo **spurgo** serve per rimuovere l'aria stagnante o l'aria ambiente presenti dal sistema di campionamento assicurando così la **rappresentatività** dei campioni raccolti.

Deve essere **eseguito correttamente**: se si aspirano grandi volumi esiste il rischio di esaurimento dei vapori nell'intorno del punto di prelievo con l'acquisizione di un risultato non rappresentativo del punto.

Comporta l'aspirazione di **1-3 volte** il volume morto del sistema (occorre considerare anche i **volumi aspirati** dalla **strumentazione** di campo per la misura dei parametri caratteristici O₂, CO₂, VOC).

La **portata di spurgo** deve essere preferibilmente pari a quella di campionamento (al massimo il doppio); in condizioni di **ridotta permeabilità** limitare i volumi aspirati, utilizzando direttamente la strumentazione per la misura dei biogas.

- Il **volume morto del sistema** (vedi MO.BN.013) è inteso come :
- volume **interno** del tubo sonda
 - + volume **tubi di collegamento**
 - + volume **pori dreno/bentonite** non idrata attorno a punta sonda
 - volume per quantificazione parametri **biogas** (O_2 , CO_2 , VOC)



$$\Delta t_{\text{spurgo}} = \frac{n_{\text{spurgo}} \cdot \left[L \cdot \frac{\pi}{4} \cdot d^2 + L_{\text{connessioni}} \cdot \frac{\pi}{4} (d_{\text{tubo}})^2 + V_{\text{impinger}} + \theta \cdot \left(L_{\text{dreno base}} \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (D^2 \cdot d^2) \right) \right]}{Q_{\text{spurgo}}} - V_{\text{misura biogas}}$$

5 settembre 2019

Procedure di campionamento dei gas interstiziali: soil gas survey in modalità attiva

dott. geol. Madela Torretta

Perdite lungo la **linea** di **campionamento** possono portare ad una **sottostima** delle concentrazioni reali per l'intrusione di **aria ambiente** o a **contaminazioni** dei campioni con inquinanti esterni.

Si suggerisce di effettuare un **test di mantenimento del vuoto** sulla linea/delle giunture (*shut-in test*): chiusura della valvola in testa alla sonda, applicazione di una **depressione minima** di 2,5 kPa e monitoraggio nel tempo della **depressione**. Sono accettabili riduzioni fino al **5%** nei **5 min** successivi.

E' comunque possibile svolgere il semplice test della linea fuori terra verificando lo **sforzo della pompa aspirante** attiva.

E' opportuno eseguire delle **prove di tenuta** delle **sonde** (*leak test*) di **tipo speditivo** (monitoraggio di O₂, CO₂ e VOC prima/dopo lo spurgo e dopo il campionamento) o eventualmente con l'uso di **traccianti** (liquidi o gassosi).



ACCORGIMENTI E CONTROLLI

Umidità

La presenza di **condensa** sul sistema di campionamento potrebbe **invalidare** il processamento analitico dei campioni.

I **tubi di collegamento** devono essere asciutti durante il campionamento del gas; per trattenere l'eventuale condensa è opportuno inserire prima del supporto di campionamento un **sistema di filtrazione** (es. filtro in teflon inerte ed idrofobico) oppure un **gorgogliatore/impinger** di vetro/PTFE immerso in un bagnetto refrigerato.

La condensa deve essere analizzata se in quantitativi significativi (si suggerisce pertanto di munirsi di **vials di vetro** per eventuale raccolta).



Filtri di teflon



Impinger o gorgogliatore

È necessaria la **lettura** della concentrazione di O_2 , CO_2 e dei **VOC** (tramite **PID** ad **elevata sensibilità**) per la valutazione qualitativa dei gas e per le prove di tenuta.

Si suggerisce di **registrare**, al termine del campionamento, i valori di (T), (P) e (U) dei gas al fine di confrontare dati di diverse campagne di monitoraggio, trasformando i dati di concentrazione ricavati dai **campionamenti** in **modo standardizzato**.

Ai fini della valutazione del rischio a partire dalle misure di soil gas **tale standardizzazione non è necessaria** in quanto si fa riferimento al dato tal quale.



5 settembre 2019

Procedure di campionamento dei gas interstiziali: soil gas survey in modalità attiva

dott. geol. Madela Torretta

Il **tipo** di **supporto** dipende dall'**entità** della **contaminazione** presunta, dal tipo di **analita** e dalle **concentrazioni soglia di rischio**.

L'acquisizione del campione avviene:

- mediante raccolta in un idoneo **contenitore** (canister, vacuum bottle) e la sua **diretta introduzione** nel sistema di analisi;
- per **ad-/as-sorbimento** dell'inquinante su un opportuno **substrato** in funzione dell'analita d'interesse. In genere sono utilizzate fiale a **Desorbimento con Solvente (DS)** (quali a carbone attivo, carbon sieve, XAD2, gel di silice, florisil...), fiale ad **Attacco Acido** (es. hopcalite per mercurio) o fiale a **Desorbimento Termico (DT)** (a strato unico o multisorbent).



Canister



Fiale a carbone attivo



Fiale a DT



Fiala XAD2

I **canister** sono contenitori di **acciaio inox** sottoposti a processo di **elettropassivazione**, posti sotto vuoto spinto.

E' appropriato un **campionamento mediato nel tempo** tramite **restrictor** degli ugelli di apertura, per un tempo Δt di **1÷6 ore** a portata **Q** di **0,5 ÷ 80 ml/min**. E' opportuno terminare il campionamento lasciando nel canister una leggera **depressione** (indicativamente 50÷100 mm di Hg).

Le **analisi** devono essere eseguite entro **30 giorni** dal prelievo.

Possono essere utilizzate **bottiglie in vetro** (*vacuum bottle*), in particolare per **concentrazioni di VOC elevate**, in quanto consentono procedure di pulizia più agevoli. Sono adatte per campionamenti di **ridotti volumi** e/o di **breve durata** (adottare comunque **Q** < 50 ml/min per garantire il campionamento con un tempo rappresentativo).

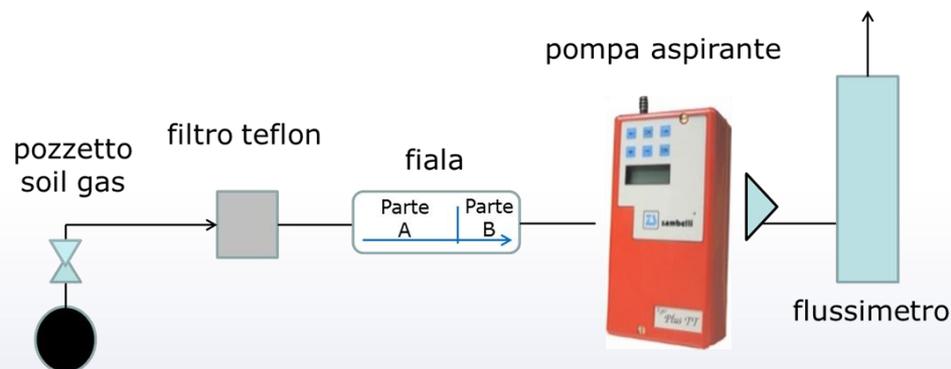


Le fiale devono essere collegate a valle del **sistema di aspirazione**, che deve garantire una portata **Q** costante (da controllare con apposito flussimetro).

La **Q**, compresa tra **0,02 l/min** e **2 l/min**, è funzione degli **analiti** da ricercare, del **tipo** di fiala e dei **metodi** di campionamento (verificare la compatibilità sulle **schede tecniche**).

Per appurare l'**assenza** di **turbamento** delle condizioni di equilibrio dei vapori in sito, con conseguente strippaggio dei contaminanti, la **Q** deve essere tale da esercitare una **differenza di P** rispetto al valore atmosferico **< 25 kPa** (meglio **< 2,5 kPa**).

E' opportuno ricoprire i supporti con **pellicola di alluminio** per evitarne l'esposizione diretta ai raggi solari (alcuni supporti, come l'XAD2, sono infatti fotosensibili).



5 settembre 2019

Procedure di campionamento dei gas interstiziali: soil gas survey in modalità attiva

dott. geol. Madela Torretta

I **tempi** di campionamento devono essere **ridotti** per ottenere un'indicazione **puntuale** del punto di prelievo, ma comunque **rappresentativi di una condizione media** del suolo (indicativamente **1÷6 ore** di campionamento).

In siti "sconosciuti" è utile procedere preliminarmente ad una **campagna di screening** del sito, con l'uso di fiale a (**DS**), per guidare la **scelta dei supporti** più idonei e/o **parametri** di campionamento (volume e flusso).

Indicativamente le fiale a (**DT**) si usano in caso di masse adsorbite < 1000 ng/campione per la maggior parte dei VOC e < 3000 ng/campione per le frazioni idrocarburiche; garantiscono una **maggiore sensibilità analitica** rispetto alle fiale a (DS) idonee negli altri casi.



Nel monitoraggio finalizzato all'AdR, i parametri di campionamento devono garantire il raggiungimento delle C_{soglia} che costituiscono i **Limiti di Rilevabilità (LR)**.

Il calcolo della **durata di campionamento (Δt)** è funzione della **Massa Minima Quantificabile (LOQ)** con la tecnica analitica specifica di ogni analita, dei **(LR)** indicati nell'appendice 1 della LG 17/2018.

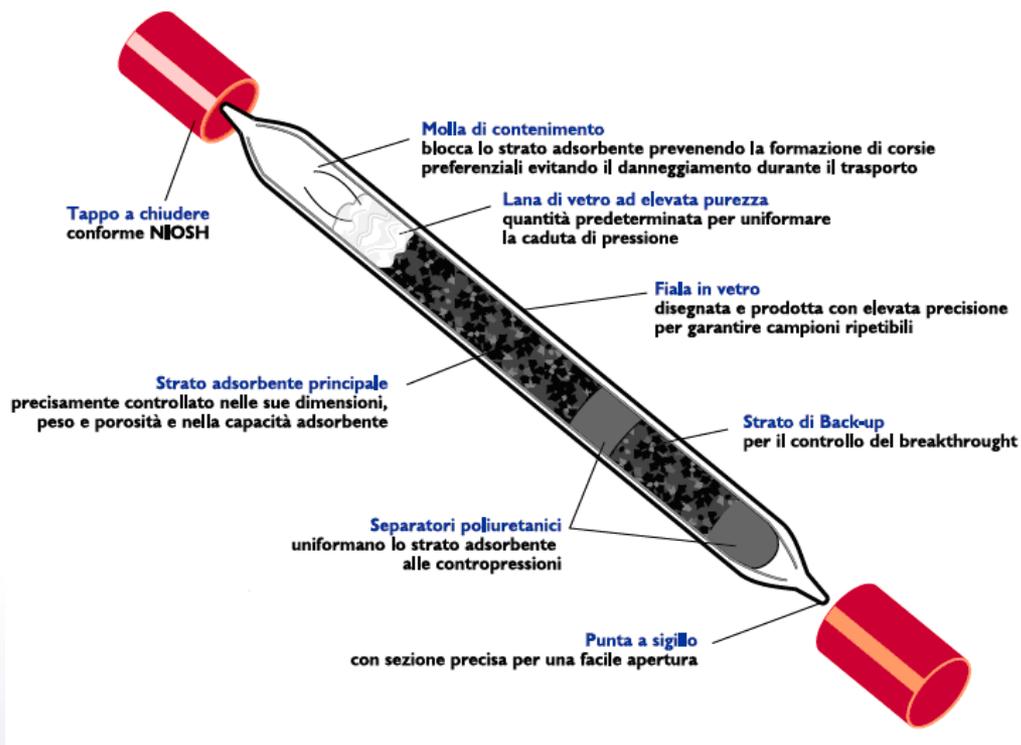
E' possibile verificare i **parametri di campionamento** progettuali mediante valutazioni preliminari col PID, sulla base delle seguenti indicazioni empiriche derivanti dall'esperienza maturata negli anni:

Misura di COV mediante PID [ppm]	Tempo di campionamento [min]	Portata aspirazione soil gas [l/min]	Volume totale di soil gas [l]	Tipo di Fiala e massa del supporto adsorbente (parte A e parte B)
>430	30'	0,2-0,5	6-15	JUMBO (800-200)/LARGE (400-200)
216-430	60'	0,2-0,5	12-30	JUMBO (800-200)/LARGE (400-200)
87-215	90'	0,2-0,5	18-45	LARGE (400-200)
22-86	120'	0,2-0,5	24-60	LARGE (400-200)
13-21	150'	0,2-0,5	30-75	LARGE (400-200)
4-12	180'	0,2-0,5	36-90	LARGE (400-200)
1-4	210'	0,2-0,5	42-105	SMALL (150-50)
0	240'	0,2-0,5	48-120	SMALL (150-50)

$$\Delta t (\text{min}) = \frac{1000(l/m^3) \cdot LOQ(\mu g)}{LR(\mu g/m^3) \cdot Q(l/min)}$$

Chiudere le fiale con gli appositi **tappi** o **dadi** (ricordarsi la relativa chiave), deporle in **barattoli** di vetro adeguatamente silanizzati (decontaminati), apponendo l'**etichetta** sopra al contenitore (evitare l'uso di pennarelli indelebili con solventi), conservare a **4°C** in frigo dedicati.

Le analisi devono essere eseguite il **prima possibile**.



5 settembre 2019

Procedure di campionamento dei gas interstiziali: soil gas survey in modalità attiva

dott. geol. Madela Torretta

Campionamento con fiale in serie o su più linee (1/2)

Nel caso di fiale a DS evitare la scelta a priori di due **fiale in serie**, che comporta **inutili costi analitici** e **difficoltà di gestione** dei dati anche perché la struttura in 2 comparti permette già di verificare eventuali fenomeni di saturazione; è meglio optare per fiale con **maggiore massa adsorbente** e **ridurre portate e/o tempi di campionamento**.

Si suggerisce di collocare fiale in serie:

- in caso di fiale costituite da **un corpo unico** (es. DT o hopcalite), per almeno il 10% dei campioni;
- anche in fiale DS, nel caso di campionamento di **Cloruro di Vinile**, **Clorometano**, **1,1-Dicloroetilene** e **MtBE**, che potrebbero strappare dalla parte A della prima fiala per fenomeni di **retrodiffusione**;
- in generale, per sostanze caratterizzate da **volatilità elevata** e/o con **LR molto bassi**.

Campionamento con fiale in serie o su più linee (2/2)

Nel caso di monitoraggi con più supporti, al fine di limitare le **difficoltà logistiche** di campo, ridurre i **rischi di tenuta** delle linee e il n. di **verifiche** sulle **portate** di prelievo, si suggerisce di:

- prevedere al più **2 linee** in **parallelo** (eventualmente la terza per il contraddittorio);
- gestire il monitoraggio su **2 turni** garantendo il ripristino delle **condizioni iniziali di equilibrio**, prima di iniziare il secondo campionamento (verificare con un **PID** ad **elevata sensibilità**);
- garantire la presenza di un **flussimetro** di controllo su ogni linea.



*Campionamento con
più supporti in parallelo*



*Campionamento con
vacuum bottle*

5 settembre 2019

Procedure di campionamento dei gas interstiziali: soil gas survey in modalità attiva

dott. geol. Madela Torretta

Durante l'esecuzione del campionamento devono essere prodotti dei **bianchi di campo e custodia**, manipolati seguendo la **stessa catena di custodia** dei campioni.

Deve essere utilizzato lo **stesso** tipo di **supporto, aperto e chiuso in campo** (per un tempo che simuli le operazioni di collegamento alle linee di campionamento), trasportato, conservato e analizzato con gli stessi criteri adottati per il campione. Vengono acquisiti in **numero** di **1** al giorno fino a 3 giorni o, per campagne di più giorni, almeno **3** per settimana (in giorni diversi).

La **valutazione** della contaminazione del bianco-campione è da ritenersi caso-specifica e l'eventuale sottrazione del bianco, dal valore dei campioni, sarà da valutare da parte dell'Ente di controllo.



Nel caso di **canister/vacuum bottle**, prima dell'immissione in campo, i Laboratori devono **pulire** ogni contenitore; va garantita la verifica su almeno **1 campionatore** per **lotto di pulizia**.

Per le **fiale** a **DS** testare il supporto aprendo le fiale direttamente in laboratorio e processandole immediatamente in analogia ai campioni: deve essere analizzato il **5% delle fiale costituenti il lotto** (comunque **almeno 2**); l'accertamento della bontà dei lotti è a carico della Parte.

Per le **fiale** a **DT**, i Laboratori (Parte o ARPA) devono fornire i propri tubi di campionamento ed analisi; prima del campionamento (circa 24-48 ore) essi devono essere tutti **puliti** e **testati**.

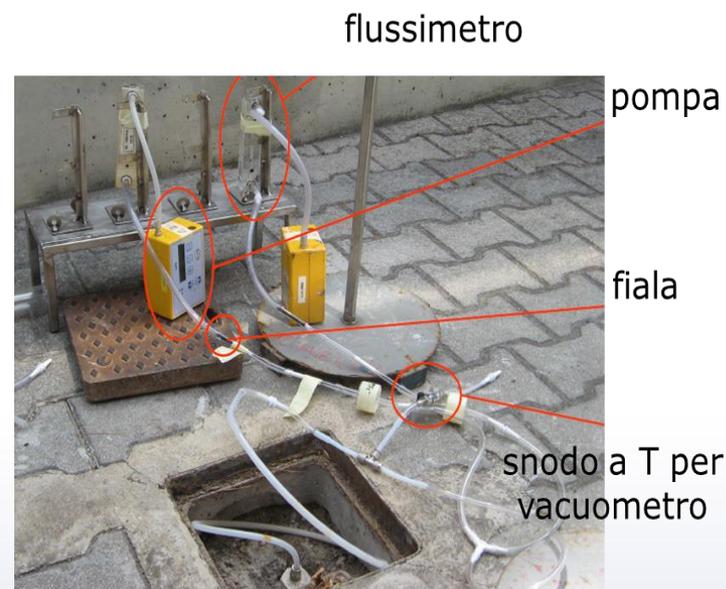
Le **concentrazioni** sui bianchi devono avere valori **inferiori ai LOQ** per ogni composto; si ritengono tuttavia accettabili concentrazioni fino ad un massimo del **5% sopra il valore del LOQ**.

Nelle sonde in cui si esegue il **contraddittorio** in genere ARPA preleva **almeno** il **10%** dei campioni e comunque non meno di **2** campioni per campagna, oltre al bianco di campo.

In caso di campionamento con **diversi tipi** di **supporto**, fare il contraddittorio, per **ogni tipo di fiala su diversi punti**, per garantire una maggiore copertura areale delle verifiche.

Il **supporto** di campionamento deve essere il **medesimo** sia per ARPA che per la Parte al fine di garantire la **confrontabilità** dei dati.

E' necessario ridurre la **Portata (Q)** della **metà** e **raddoppiare** i **tempi** per avere, nell'unità di tempo, **condizioni analoghe** a quando la Parte opera in autonomia.



- **PROGETTAZIONE DEL MONITORAGGIO DI VAPORI NEI SITI CONTAMINATI**
- **APPENDICE A: CAMPIONAMENTO DI GAS INTERSTIZIALI (SOIL GAS SURVEY) IN MODALITA' ATTIVA**
- ✓ **VERBALE DI SOPRALLUOGO E CAMPIONAMENTO**
- **GESTIONE DEI DATI**
- **STRUMENTI DI CAMPO**



VERBALE DI SOPRALLUOGO E CAMPIONAMENTO

 <p>Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente</p>	Settore UO...../Dipartimento di	N°
	U.O.	PIN
	Indirizzo	

VERBALE DI SOPRALLUOGO E CAMPIONAMENTO DEI GAS INTERSTIZIALI CON SONDE

BONIFICHE/INDAGINI PRELIMINARI

[altro] ⁽¹⁾

CODICE AGISCO:	Cod. fascicolo	Rif. interno
Sito:	Comune e Indirizzo:	Fase del procedimento:
Responsabile procedimento:	Responsabile istruttoria:	

Il giorno ___/___/___ alle ore..... i sottoscritti.....
in servizio presso ARPA – Dipartimento Provinciale di..... si sono recati presso il sito sopra indicato e hanno comunicato
la propria funzione a presente in qualità di

SOPRALLUOGO

Motivo del sopralluogo

.....
.....
.....

Anagrafica

Rappresentanti aziendali presenti

.....
.....
.....

Personale di altri Enti presenti

.....
.....
.....

Durante il sopralluogo si è rilevato/eseguito quanto segue [Qualora necessario, proseguire la verbalizzazione nella pagina seguente]

.....

.....
Durante il sopralluogo è stata acquisita:

documentazione fotografica

altra documentazione [specificare di seguito]

.....
Note eventuali della Parte

Osservazioni generali

Il sopralluogo si conclude alle ore

Una copia del presente verbale e degli allegati costituiti da n°..... pagine viene rilasciata alla Parte interessata

(1) Da specificare se ad es. il campionamento viene effettuato per attività di P.G. o per uno specifico progetto/convenzione, ecc.

REDATTO, LETTO, CONFERMATO E SOTTOSCRITTO IN DATA E LUOGO DI CUI SOPRA

I VERBALIZZANTI LA PARTE

VERBALE DI SOPRALLUOGO E CAMPIONAMENTO

I tecnici ARPA hanno etichettato e sigillato i campioni indicati nella successiva tabella "Dettaglio dei campioni di soil gas", che sono stati acquisiti:

- con supporti forniti dalla Parte con supporti di ARPA
 utilizzando strumentazione della Parte utilizzando strumentazione di ARPA

	Parte	ARPA
Q Strumento biogas (l/min)		
Q PID (l/min)		

0,7 l/min

0,22 l/min

Il campionamento è stato eseguito:

- dalla Parte, in contraddittorio con ARPA da personale ARPA

Le attività di campionamento sono state effettuate in conformità alla istruzione operativa **IO.BN.004**. I campioni prelevati sono suddivisi nelle seguenti due aliquote (confezionate ed univocamente identificate): aliquota **A** per l'analisi ad opera del Laboratorio di fiducia della Parte; aliquota **B** per le verifiche di ARPA.

- Per esigenze tecnico-operative i campioni sono stati acquisiti tramite diverse tipologie di supporti (differenti in funzione dei tipi di analiti da ricercare; la corrispondenza tra l'analita determinato/supporto è riportata negli allegati PG.MS.004_A06_MI e PG.MS.004_A06_BS).
 In caso di campionamento con fiala, fare l'analisi della Parte A e della Parte B.

Riferimenti per la fase analitica

Ai sensi dell'art. 223 del D.lgs. 271/89 ⁽²⁾ la Parte interessata viene avvisata del giorno, ora e luogo di effettuazione delle analisi come sotto specificato.

La Parte, inoltre, viene informata che in caso di discrepanze tra le analisi di ARPA e quelle della Parte stessa, la revisione verrà condotta previa ripetizione del campionamento.

La Parte dichiara di: non essere interessata a presenziare alle analisi essere interessata a presenziare alle analisi

[qualora la Parte si dichiari interessata compilare la parte sottostante]

Le analisi saranno effettuate in data..... a partire dalle ore..... presso il Laboratorio ARPA di

indirizzo.....

ovvero che giorno, ora e luogo saranno comunicati successivamente alla Parte dal Laboratorio ARPA ai seguenti recapiti: Posta certificata:..... Fax:..... all'attenzione di

Tipo di prelievo: d'Ufficio/attività convenzionata a pagamento [tariffe secondo il vigente tariffario ARPA]

Nome ditta: P.IVA/C.F. tel. fax/mail

+

Fiale carboni attivi (c.a.)	n. fiale XAD2	n. fiale a desorbimento termico (DT)	n. canister	n. altro
n. fiale c.a. BIANCO campo	n. fiale XAD2 BIANCO campo	n. fiale DT BIANCO campo	n. canister BIANCO campo	n. altro supporto BIANCO campo
ambiente aperto/chiuso	destinazione d'uso dell'area	area verde / pavimentata (specificare tipologia)		soggiacenza della <u>falda</u> (m da p.c.) e piezometro misurato

(2) Poiché non è possibile prevedere la revisione delle analisi mediante apertura della terza aliquota, in quanto non può essere predisposta per riconosciute difficoltà tecniche che questa richiederebbe, la Parte viene informata, ai sensi dell'art. 223 del D.lgs. 271/89, che le analisi verranno effettuate presso i Laboratori ARPA nel giorno e nell'ora comunicate all'interessato, al numero di fax o indirizzo PEC dallo stesso specificatamente indicato in sede di sopralluogo. Qualora sia stato concordato con il Laboratorio ARPA, nel presente verbale si inserisce direttamente la data, l'ora e l'indirizzo del Laboratorio ARPA che effettuerà le analisi. L'interessato o persona di sua fiducia appositamente designata possono presenziare alle analisi, eventualmente con l'assistenza di un consulente tecnico. A tali persone spettano i poteri previsti dall'art.230 del C.P.P. La Parte, inoltre, viene informata che in caso di discrepanze tra le analisi ARPA e quelle di Parte, la revisione verrà condotta previa ripetizione del campionamento

Tipi di supporti utilizzati e indicazioni sul sito

REDATTO, LETTO, CONFERMATO E SOTTOSCRITTO IN DATA E LUOGO DI CUI SOPRA

I VERBALIZZANTI LA PARTE

VERBALE DI SOPRALLUOGO E CAMPIONAMENTO

punto prelievo	quota media zona fenestrata (m da p.c.)	nome campione (in funzione di supporto usato)	spurgo: n. volumi oppure Q (ml/min) e Δt (min)	portata aspirazione (ml/min)	durata campionamento (min) (indicare t _{avvio} e fine misura)	u.m. (da selezionare)	pre-campionamento				post-campionamento		note		
							pre-spurgo		post-spurgo		ARPA	PARTE		ARPA	PARTE
							ARPA	PARTE	ARPA	PARTE					
Indicazioni su spurgo e campionamento						T	(°C)						ΔP (kPa)		
						U	(%)								
						O ₂	(mg/l, %, ppm)								anomalie
						CO ₂	(mg/l, %, ppm)								
						CH ₄	(mg/l, %, ppm)								
						PID	(mg/l, %, ppm, ppb)								
Misure strumentali						T	(°C)						ΔP (kPa)		
						U	(%)								
						O ₂	(mg/l, %, ppm)								anomalie
						CO ₂	(mg/l, %, ppm)								
						CH ₄	(mg/l, %, ppm)								
						PID	(mg/l, %, ppm, ppb)								
						T	(°C)						ΔP (kPa)		
						U	(%)								
						O ₂	(mg/l, %, ppm)								anomalie
						CO ₂	(mg/l, %, ppm)								
						CH ₄	(mg/l, %, ppm)								
						PID	(mg/l, %, ppm, ppb)								
						T	(°C)						ΔP (kPa)		
						U	(%)								
						O ₂	(mg/l, %, ppm)								anomalie
						CO ₂	(mg/l, %, ppm)								
						CH ₄	(mg/l, %, ppm)								
						PID	(mg/l, %, ppm, ppb)								

ΔP: questa pressione differenziale, che si suggerisce di misurare in presenza di Q di aspirazione elevate, rappresenta la differenza tra la pressione esterna e quella misurata nella sonda in presenza di pompe attive alla Q complessiva di campionamento. Si misura tramite un vacuometro posto sulla linea di campionamento prima dello stesso.

REDATTO, LETTO, CONFERMATO E SOTTOSCRITTO IN DATA E LUOGO DI CUI SOPRA, IL/ I VERBALIZZANTE/I LA PARTE

VERBALE DI SOPRALLUOGO E CAMPIONAMENTO

VERBALE DI SOPRALLUOGO E CAMPIONAMENTO DEI GAS INTERSTIZIALI CON CAMERA DI FLUSSO

		nomi campioni			nomi campioni
Microinquinanti inorganici	Cianuri*		Fenoli non clorurati	Fenolo	
	Mercurio	S2 HOP		<i>m</i> -Metilfenolo*	
Aromatici	Benzene			<i>o</i> -Metilfenolo*	
	Etilbenzene			<i>p</i> -Metilfenolo*	
	Stirene		Metilfenoli		
	Toluene		Fenoli clorurati	2,4-Diclorofenolo	
	<i>m+p</i> - xilene			2-Clorofenolo	
	<i>o</i> -Xilene		Ammine aromatiche	Anilina*	
	<i>p</i> -Xilene*			<i>m,p</i> -Anisidina*	
Xileni		<i>o</i> -Anisidina*			
		<i>p</i> -Toluidina*			
Alifatici clorurati	1,1,2-Tricloroetano		Idrocarburi (MADEP)	Alifatici C5-C8	
	1,1-Dicloroetilene			Alifatici C9-C12	
	1,2,3-Tricloropropano			Aromatici C9-C10	
	1,2-Dicloroetano			Aromatici C11-C12	
	Clorometano		Aromatici policiclici	Acenaftene	S1_XAD2
	Cloruro di vinile			Acenafilene	S1_XAD2
	Diclorometano			Antracene	S1_XAD2
	Tetracloroetilene (PCE)			Fenantrene	S1_XAD2
	Tricloroetilene			Fluorene	S1_XAD2
	Triclorometano			Naftalene	S1_XAD2
	1,1,2,2-Tetracloroetano		Altre sostanze in DB ISS	MTBE	
	1,1,1-Tricloroetano			ETBE	
	1,1-Dicloroetano			Piombo tetraetile	
	1,2-Dicloropropano		Altre sostanze non in DB ISS**	Tributilstagno*	
1,2-Dicloroetilene					
Esaclorobutadiene					
1,2-Dibromoetano					
Bromodiclorometano					
Dibromoclorometano					
Tribromometano (Bromoformio)					
Nitrobenzeni	Nitrobenzene				
Clorobenzeni	1,2,4,5-Tetraclorobenzene				
	1,2,4-Triclorobenzene				
	1,2-Diclorobenzene				
	1,4-Diclorobenzene				
	Esaclorobenzene*				
	Monoclorobenzene				
	Pentaclorobenzene				

N.B.: elenco aggiornato in base alla banca-dati ISS-INAIL del marzo 2018

*: parametro non analizzabile dal Laboratorio ARPA

** : qualora siano presenti nel ciclo produttivo altre sostanze volatili (con pressione di vapore maggiore di 0,075 mm Hg (10 Pa), oppure con Costante di Henry maggiore di 1,0E-05 atm x m³/mol) e se ne ritenga opportuna la ricerca, procedere alla loro verifica indicandole in questa sezione.

Parametri da ricercare

VERBALE DI SOPRALLUOGO E CAMPIONAMENTO

PARAMETRI METEO - SEZIONE DA COMPILARE A CURA DI ARPA (***)															
seleziona re: <input type="checkbox"/> DATI DI CAMPO <input type="checkbox"/> CENTRALINA DI _____ CODICE _____															
temperatura	ora							umidità relativa	ora						
	ARPA								ARPA						
	Parte								Parte						
pressione atm	ARPA							velocità vento	ARPA						
	Parte								Parte						
ultimo giorno piovoso							precipitazione (mm)								

(***) riportare i riferimenti della centralina da cui vengono rilevati i dati meteo o specificare i dati misurati direttamente in campo; per i dati non disponibili alla redazione del verbale, trascriverli nella relazione di sopralluogo che verrà inviata alla Parte al termine delle attività di campo

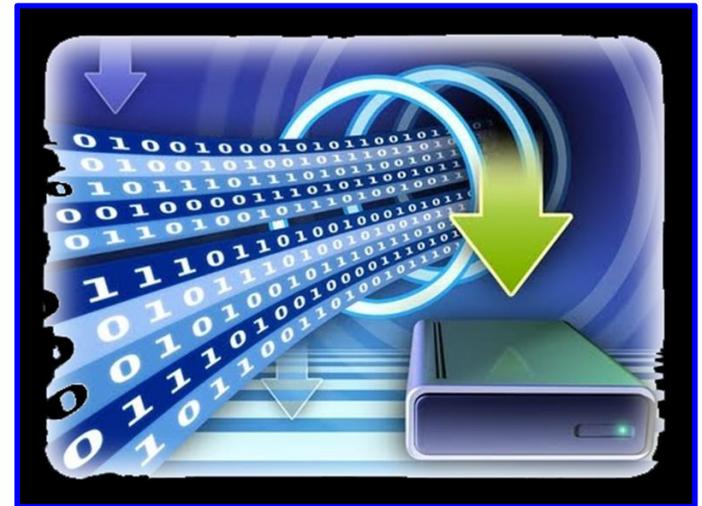
Eventuali note ARPA

Parametri ambientali e osservazioni finali
sul campionamento

NB: ricordarsi d'inserire nelle note l'identificativo dei lotti di fiala utilizzati

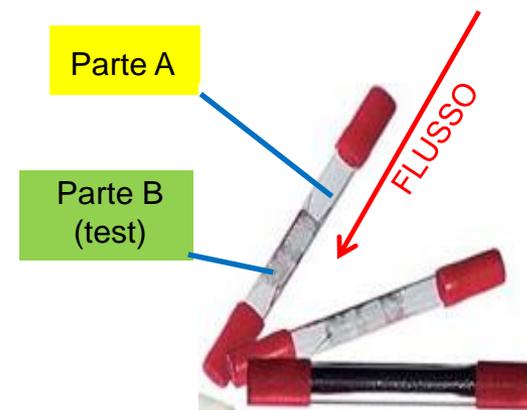
Eventuali note e/o riserve della Parte

- **PROGETTAZIONE DEL MONITORAGGIO DI VAPORI NEI SITI CONTAMINATI**
- **APPENDICE A: CAMPIONAMENTO DI GAS INTERSTIZIALI (SOIL GAS SURVEY) IN MODALITA' ATTIVA**
- **VERBALE DI SOPRALLUOGO E CAMPIONAMENTO**
- ✓ **GESTIONE DEI DATI**
- **STRUMENTAZIONE**



Sui **Rapporti di Prova** gli esiti sono espressi in **diverse forme** in funzione del tipo di supporto impiegato (es. per le fiale come massa adsorbita **M**).

Nello specifico per le **fiale a DS** vengono **riportati in modo distinto** i risultati ottenuti sullo strato adsorbente principale (**parte A**) e sullo strato adsorbente di sicurezza (**parte B**).



Un campione è considerato **valido** se la quantità del **singolo analita** sullo strato di sicurezza è inferiore al **5%** della somma della quantità presente sullo strato adsorbente principale e su quello di sicurezza.



$$\text{se } M_B < 5\% (M_A + M_B) \rightarrow M = M_A$$

Se invece è compreso tra il **5** ed il **10%** di tale somma, è possibile **non invalidare** il campione ma è necessario procedere alla **somma** delle quantità in massa rilevate, per singolo analita, su **tutti gli strati adsorbenti**.

 se $5\% (M_A + M_B) < M_B < 10\% (M_A + M_B) \rightarrow M = M_A + M_B$

Se la massa della parte B è **maggiore del 10%** della somma delle masse delle parti A e B, il campione non è valido.

 se $M_B > 10\% (M_A + M_B) \rightarrow$ campione non valido



Nel caso di **fiale in serie**, va considerata come massa campionata la somma delle Parti A e B della prima fiala con la Parte A della seconda fiala.

$$M = MA1 + MB1 + MA2$$

Per il **controllo della validità** di campionamento si deve confrontare la Parte B con la somma della Parte A e Parte B della seconda fiala.

La formula per la **trasformazione** da dati espressi in massa **M** a concentrazioni **C** è la seguente:

$$C(\mu\text{g} / \text{l} = \text{mg} / \text{m}^3) = \frac{M(\mu\text{g})}{V(\text{l})} = \frac{M(\mu\text{g})}{\Delta t(\text{min}) \cdot Q(\text{l} / \text{min})}$$

Nel caso dei **canister/vacuum bottle** i risultati sono indicati in **ppm** o **ppb** (come rapporti volumetrici o molari) e possono essere trasformati in **concentrazioni**, conoscendo il peso molecolare **PM** delle sostanze (vedi tabella delle proprietà chimico-fisiche della Banca Dati di ISS-INAIL).

Tali formule sono idonee a dati riferiti alle condizioni di 1 atm e 25°C.

$$C(\text{ppm}) = \frac{C(\text{mg} / \text{m}^3) \cdot 24,45(\text{l} / \text{mol})}{\text{PM}(\text{g} / \text{mol})}$$

$$C(\text{ppb}) = \frac{C(\mu\text{g} / \text{m}^3) \cdot 24,45(\text{l} / \text{mol})}{\text{PM}(\text{g} / \text{mol})}$$



La **valutazione dei dati** da sonde di soil gas deve essere effettuata con il software **Rome plus** selezionando l'opzione «**San Giovanni**».

Le modalità sono molto semplici, si compilano le informazioni relative alle prime 3 icone, si verifica alla 4^a icona se sono superate le **C_{soglia}** e poi si va all'ultima icona per visualizzare il **rischio** e le **C_{accettabili}** in funzione dell'**alfa suolo** o **alfa profondità**.

Le informazioni richieste sono:

- il percorso di esposizione e lo scenario del sito;
- l'unità di misura della concentrazione e suo valore;
- profondità della sonda e granulometria del suolo;
- applicazione o meno della biodegradazione.



- **PROGETTAZIONE DEL MONITORAGGIO DI VAPORI NEI SITI CONTAMINATI**
- **APPENDICE A: CAMPIONAMENTO DI GAS INTERSTIZIALI (SOIL GAS SURVEY) IN MODALITA' ATTIVA**
- **VERBALE DI SOPRALLUOGO E CAMPIONAMENTO**
- **GESTIONE DEI DATI**
- ✓ **STRUMENTAZIONE**



Per il campionamento, su ogni linea, è opportuno collegare una **pompa di campionamento** con portata già regolata in base al piano di monitoraggio.

Per **impostare le pompe** occorre aprire lo stesso numero di fiale che verranno usate sulla linea per il campionamento (ovvero 1 o 2 fiale in serie) in modo da creare la medesima **impedenza** e quindi impostare la portata della pompa collegandola ad un **flussimetro** e regolare il flusso tramite apposita **brugola**.

I **collegamenti** devono essere fatti con del tubo in tygon.



5 settembre 2019

Procedure di campionamento dei gas interstiziali: soil gas survey in modalità attiva

dott. geol. Madela Torretta

Le pompe devono avere un **range operativo** indicativamente compreso tra 0,01 - 6 l/m ed un'accuratezza ad es. per le nostre pompe del $\pm 2\%$.

Devono essere **alimentate** preferibilmente con batterie ricaricabili (con durata minima di 8 ore) o usa e getta, essere conformi alla normativa per la **sicurezza elettrica** ed adatte all'utilizzo in **ambienti esterni**.

E' opportuno che siano dotate di **porte** d'ingresso e di uscita.

Al fine di garantire la misura della portata del gas campionato richiedere sempre il **certificato di calibrazione**.




SAMPLING SOLUTIONS Codice B01 16630

RAPPORTO DI PROVA

CLIENTE ARPA LOMBARDIA - SEZ MILANO
 RAPPORTO DI PROVA N° RDP_575_LIFE XP 2705 MP
 DATA DELLA VERIFICA giovedì 11 aprile 2019

Apparecchiatura da verificare

MODELLO: LIFE XP	MATRICOLA: 2705
COSTRUTTORE: MEGA SYSTEM SRL	

Parametri ambientali rilevati all'inizio della verifica

Temperatura ambiente ^[1]	19,5 °C	Pressione barometrica ^[2]	0992,0 mbar
-------------------------------------	---------	--------------------------------------	-------------

Risultati della verifica

Prova eseguita	Valore reale rilevato con lo STANDARD primario	Incertezza (*)	Criterio di accettazione	TEST
Portata ^[3] minima con fiata ^[4]	6,43 cc/min	0,017 cc/min	≤ 20 cc/min	OK
Portata ^[3] massima con filtro ^[5]	6,39 l/min	0,015 l/min	≥ 6 l/min	OK
Vuoto ^[6] [1]	300,09 mmHg	0,191 mmHg	≥ 250 mmHg	OK

Prova eseguita	Valore rilevato sullo STRUMENTO in prova	Valore rilevato sullo STANDARD primario ^[1]	Errore	Incertezza (*)	Criterio di accettazione
Temperatura ^[1]	19 °C	19,5 °C	-0,5 °C	0,458°C	± 2 °C

PROCEDURA

a) Portata - Per verificare la portata minima è stato collegato il misuratore di portata (STANDARD primario [4]) al portagomma di aspirazione dello strumento interponendo un captatore (Fiata C.A. Jumbo). Aprendo il "bypass" e chiudendo al minimo la "regolazione" è stata rilevata la portata minima raggiungibile. Il valore è stato riportato in tabella. Per verificare la portata massima è stato collegato il misuratore di portata (STANDARD primario [5]) al portagomma di aspirazione dello strumento interponendo un captatore (Filtro in Fibra di Quarzo Ø 37mm). Chiudendo il "bypass" e aprendo al massimo la "regolazione" (mantenendo il LED allarme spento) è stata rilevata la portata massima raggiungibile. Il valore è stato riportato in tabella.

b) Vuoto residuo - È stato collegato il manometro digitale (STANDARD primario [3]) al portagomma di aspirazione dello strumento ed è stato verificato il vuoto residuo massimo raggiungibile. Il valore rilevato è riportato in tabella.

c) Temperatura - Lo strumento in verifica e il calibratore (STANDARD primario [1]) sono stati portati in equilibrio termico alla temperatura ambiente. Dopo circa 60 minuti sono stati rilevati i valori di temperatura indicati da entrambi gli strumenti e i valori rilevati sono stati riportati in tabella.

(*) - Le incertezze di misura dichiarate sono espresse come incertezza estesa ottenuta moltiplicando l'incertezza tipo per il fattore di copertura k corrispondente al livello di fiducia pari al 95%. Normalmente tale fattore è uguale a 2.

Gli STANDARD PRIMARI utilizzati per la verifica, muniti di Certificati di Taratura sono:

GRANDEZZA	STRUMENTO	MATRICOLA STRUMENTO	TIPO CERTIFICAZIONE	NUMERO CERTIFICATO	SCADENZA CERTIFICATO
[1] Temperatura	Calibratore	06.19.3229	LAT N°48	24421	18/04/2020
[2] P. Barometrica	Manometro digitale	1024078	LAT N°24	0600P15	28/04/2020
[3] Vuoto	Manometro digitale	1024078	LAT N°24	0600P15	28/04/2020
[4] Portata minima	Misuratore di portata	141647	RvA N°149	3005	30/06/2020
[5] Portata massima	Misuratore di portata	141665	RvA N°149	3084	30/06/2020

OPERATORE *[firma]* RESPONSABILE *[firma]*

MGQ 7.3.6-R04 Sede operativa: Via Don Fracassi, 41 - 20010 Baraggio (MI) - Cod. Fisc. e P.IVA 1125370151
 Serie LIFE Tel. +39 02 960 81 622 - Fax. +39 02 963 88 880
 www.megasystem.com - email: info@megasytem.com

Pagina 1 di 1

5 settembre 2019

Procedure di campionamento dei gas interstiziali: soil gas survey in modalità attiva

dott. geol. Madela Torretta

FLUSSIMETRO (1/2)

Il **flussimetro** si collega alla porta di uscita della pompa e serve per tenere sotto controllo la portata di campionamento. Se la pompa non è dotata di tale porta il flussimetro va collocato, per tutta la durata del campionamento, tra la fiala e la pompa.

Poiché il valore di portata influisce in modo importante sulla concentrazione è necessario **controllare frequentemente** tale valore (ogni 20 minuti).

Il flussimetro può essere **meccanico a sfera** o **digitale** (l/m).



5 settembre 2019

Procedure di campionamento dei gas interstiziali: soil gas survey in modalità attiva

dott. geol. Madela Torretta

E' opportuno utilizzare flussimetri digitali che possono essere **tarati LAT** e che garantiscono la qualità del dato misurato.

Per quelli a sfera risulta necessario acquisire un certificato di calibrazione e definire i limiti di accettabilità (es. incertezza estesa $\pm 2\%$).



5 settembre 2019

Procedure di campionamento dei gas interstiziali: soil gas survey in modalità attiva

dott. geol. Madela Torretta

Questo strumento può essere utilizzato per acquisire una prima **valutazione qualitativa** dei gas, per avere un'indicazione sui **tempi di campionamento** e per verificare la **tenuta della sonda**.

Prima di usare il **PID** verificare l'installazione della **corretta lampada** ai fini del monitoraggio: da 11,7 eV per clorurati e da 10,6 eV per gli altri VOC. La lampada da 10,6 eV ha durata variabile (massimo 200 ore lavoro e comunque non più di 2 anni), mentre quella a 11,7 eV ha durata di circa 6 mesi.

Le misure vanno effettuate prima e dopo lo spurgo e al termine del campionamento.



5 settembre 2019

Procedure di campionamento dei gas interstiziali: soil gas survey in modalità attiva

dott. geol. Madela Torretta

Per la **calibrazione dello strumento** si usa una miscela di **isobutilene e azoto** (in commercio bombola da 1 l in pressione di 1200 kPa) con scadenza di 5 anni e un **filtro a carbone attivo**, che ha scadenza annuale.

La **calibrazione periodica**, in funzione dell'utilizzo dello strumento, si effettua per entrambe le lampade. Si deve collegare lo strumento al computer dove è installato uno specifico software e si procede in sequenza alla calibrazione prima con il filtro e successivamente con la bombola.

La **calibrazione di campo**, da effettuarsi ad inizio misure, prevede solo l'utilizzo del filtro.



5 settembre 2019

Procedure di campionamento dei gas interstiziali: soil gas survey in modalità attiva

dott. geol. Madela Torretta

Serve per misurare la **Pressione atmosferica** in loco.

Si esegue indicativamente ogni ora per valutare la variabilità della Pressione e quindi valutare la significatività del campionamento.

Devono essere utilizzati manometri di adeguata sensibilità pari a 0,1 Pa.

Occorre effettuare solo la **manutenzione periodica** in quanto le misure rilevate non entrano nei calcoli.





Permette la **misura** di **T** ($^{\circ}\text{C}$) e **U** (%) ambiente in campo.

La frequenza di misura è ogni ora ed i dati forniscono indicazioni sulla **qualità del monitoraggio**.

Infatti, T e U nel terreno influenzano il trasporto emissivo e nei suoli a **granulometria fine** l'effetto è più pronunciato.

Anche in questo caso, occorre effettuare solo la **manutenzione periodica** in quanto le misure rilevate non entrano nei calcoli.



m.torretta@arpalombardia.it

5 settembre 2019

Procedure di campionamento dei gas interstiziali: soil gas survey in modalità attiva

dott. geol. Madela Torretta