

ALL. C



ISPRA

Istituto Superiore per la Protezione
e la Ricerca Ambientale

Servizio Interdipartimentale per le Emergenze Ambientali
Settore Siti Contaminati

* * *

Criteri e metodologie applicative per misura del soil-gas

* * *

Sito di Interesse Nazionale di Venezia – Porto Marghera

K

V

Elaborato da:

Ing. Laura D'Aprile (ISPRA)

Dott. Mauro Rotatori (CNR)

Ing. Simona Berardi, Ing. Elisabetta Bemporad (INAIL)

Dott. Renzo Biancotto, Dott. Gianni Formenton, Dott. Federico Fuin (ARPA Veneto)

Condiviso da:

Dott.ssa Eleonora Beccaloni, Dott.ssa Loredana Musmeci, Dott.ssa Federica Scaini, ISS

Dott.ssa Maria Gregio, AULSS di Venezia

Dott. Paolo Campaci, Regione del Veneto

Dott. Enrico De Polignol, Comune di Venezia

INDICE

1. INTRODUZIONE	1
1. COSTRUZIONE DEL MODELLO CONCETTUALE DEL SITO E VERIFICA DELLE "LINEE DI EVIDENZA"	2
2. Misure di soil-gas.....	3
2.1 Numero e ubicazione dei punti di campionamento	4
2.1.1 Soil gas nel suolo superficiale e profondo	4
2.1.2 Soil gas al di sotto della soletta di fondazione (sub-slab).....	5
2.1.3 Soil gas esterno all'edificio, vicino alla soletta di fondazione (near-slab)	5
2.2 Costruzione e installazione dei punti di campionamento	6
2.2.1 Sonde installate in foro	6
2.2.2 Sonde installate utilizzando tecnologia direct push.....	7
2.2.3 Sonde guidate.....	87
2.2.4 Sonde per il campionamento soil gas sub-slab	9
2.2.5 Materiali utilizzati per realizzare i punti di campionamento soil gas	109
2.2.6 Camera di flusso	10
2.3 Procedure di campionamento.....	14
2.3.1 Sviluppo dei punti di campionamento soil gas	14
2.3.2 Tempo di riequilibrio	14
2.3.3 Verifica della performance del punto di campionamento.....	14
2.3.4 Verifica di perdite e corto-circuitazioni	15
2.3.5 Spurgo prima del campionamento	17
2.3.6 Verifica del volume di spurgo e campionamento	18
2.3.7 Portata, depressione e volume per il campionamento.....	18
2.3.8 Dati ausiliari.....	21
2.4 Campionatori	21
2.7.1 Metodi da campo	22
2.7.2 Metodi di campionamento diretto.....	22
2.7.3 Metodi di campionamento indiretto.....	23
2.5 Trasporto e conservazione campioni	24
2.6 Pulizia e decontaminazione dei campionatori	25
2.7 METODI ANALITICI.....	2930
2.7.1 Analisi dei campioni prelevati con metodi di campionamento diretto.	2930
2.7.2 Analisi dei campioni prelevati con metodi di campionamento indiretto.	2930
BIBLIOGRAFIA	3132
APPENDICE: MODELLO DI SCHEDA PER CAMPIONAMENTO SOIL-GAS	1

1. INTRODUZIONE

Nell'ambito delle attività di supporto tecnico per la elaborazione dei documenti tecnici attuativi dell'Accordo di Programma per la bonifica e la riqualificazione ambientale del Sito di Interesse Nazionale di Venezia – Porto Marghera e aree limitrofe, sottoscritto il 16/04/2012, l'ISPRA ha ricevuto dal Ministero per l'Ambiente e la Tutela del Territorio e del Mare (MATM), l'incarico di elaborare, congiuntamente al CNR, all'ARPA Veneto e al DIPIA dell'INAIL un protocollo per la valutazione dei rischi associati all'inalazione di vapori in ambienti aperti e confinati. La procedura delineata nel presente protocollo è stata inoltre condivisa da ISS, AUSL di Venezia e Regione del Veneto.

L'intrusione di vapori ("vapor intrusion") è la migrazione di sostanze volatili dal sottosuolo in ambienti aperti o confinati [BCME, 2006]. Le sostanze chimiche volatili presenti nel suolo insaturo o nelle acque sotterranee possono infatti migrare attraverso il suolo insaturo stesso e raggiungere gli ambienti sovrastanti alterando la qualità dell'aria outdoor e/o indoor. In particolare per gli ambienti confinati, in casi estremi, i vapori possono accumularsi raggiungendo livelli di concentrazione tali da comportare rischi immediati per la sicurezza (es. esplosioni), rischi acuti per la salute umana (es. intossicazioni) o problemi organolettici (es. cattivi odori). Più comunemente, però, i livelli di concentrazione riscontrati negli ambienti indoor/outdoor sono tali da corrispondere a un rischio per la salute umana di tipo cronico, dovuto, quindi, ad una esposizione a lungo termine [USEPA, 2002].

La volatilizzazione da suolo o dalle acque sotterranee in ambienti aperti è, generalmente, di minor rilevanza rispetto alla volatilizzazione in ambienti confinati. L'aria outdoor può comunque risultare una fonte di esposizione significativa nei siti in cui non vi è esposizione in ambienti confinati ed in particolare per i lavoratori [Health Canada, 2007].

L'applicazione dell'analisi di rischio sito-specifica è prevista dal D.Lgs. 152/06 e s.m.i. per la determinazione degli obiettivi di bonifica da raggiungere in un sito contaminato. Il documento di riferimento, a livello nazionale, per l'applicazione dell'analisi di rischio è il manuale "Criteri metodologici per l'applicazione dell'analisi assoluta di rischio ai siti contaminati", elaborato dal gruppo di lavoro APAT (ora ISPRA)-ARPA/APPA-ENEA-ISS-ISPEL [APAT, 2008] e disponibile sul sito web dell'ISPRA (www.isprambiente.gov.it).

Come riportato nel suddetto manuale [APAT, 2008], nel caso di attivazione dei percorsi di esposizione di inalazione indoor/outdoor di vapori e/o polveri, dall'esame delle esperienze maturate nel settore sia a livello nazionale che internazionale, è emerso che la procedura di analisi di rischio fornisce degli output estremamente conservativi, soprattutto per quanto riguarda l'esposizione indoor [CalEPA, 2005]. Quanto detto è essenzialmente legato alle equazioni utilizzate per il calcolo dei corrispondenti fattori di trasporto, descritti nel dettaglio rispettivamente nei paragrafi 3.3.2 e 3.3.3 (e 3.3.4) del manuale suddetto.

Per tale ragione, sempre nel manuale richiamato [APAT, 2008] si specifica che, nel caso di non accettabilità del rischio per la salute umana, ovvero di superamento degli obiettivi di bonifica sito-specifici, CSR, dovranno essere eventualmente previste campagne di indagini dirette (es. 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. 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.

Il presente protocollo ha come obiettivo quello di fornire, una procedura per la "misurazione delle effettive emissioni in atmosfera di inquinanti presenti nei suoli e nelle acque di falda", così come stabilito all'art.5, comma 1, lettera f) dell'Accordo di Programma per la bonifica e la riqualificazione ambientale del Sito di Interesse Nazionale di Venezia – Porto Marghera e aree limitrofe, sottoscritto il 16/04/2012.

In particolare il protocollo fornisce indicazioni in merito a criteri e metodologie di misura del soil-gas ai fini della valutazione del rischio connesso all'intrusione di vapori indoor/outdoor in aree oggetto di bonifica.

Per quanto riguarda gli aspetti relativi allo stadio della procedura operativa di cui all'art. 242 del D.lgs. 152/06 e ss.m.ii. nel quale si inseriscono le misure di cui al presente protocollo, si rimanda alle decisioni che saranno assunte dalla Conferenza di Servizi per il SIN di Venezia – Porto Marghera.

Si osserva inoltre che la procedura delineata nel presente protocollo, non è tecnicamente utilizzabile per valutazioni legate alla salute e sicurezza dei lavoratori impegnati, per un tempo limitato alle attività di cantiere, nelle attività di bonifica o di messa in sicurezza del sito contaminato, ma solo per i lavoratori soggetti ad esposizione cronica ai contaminanti presenti nelle matrici ambientali.

1. COSTRUZIONE DEL MODELLO CONCETTUALE DEL SITO E VERIFICA DELLE “LINEE DI EVIDENZA”

Come noto, l'analisi di rischio (AdR) sanitario-ambientale è una procedura che permette di effettuare una stima quantitativa del rischio per la salute umana e/o l'ambiente connesso al grado di contaminazione e alle condizioni specifiche di un dato sito. La Parte IV, Titolo V del D.Lgs. 152/06 e s.m.i. (“Norme in materia ambientale”) prevede la sua applicazione per la definizione delle Concentrazioni Soglia di Rischio (CSR) dei comparti ambientali suolo insaturo e acque sotterranee, che costituiscono i limiti oltre i quali è necessario attivare delle azioni di intervento.

Per l'applicazione della procedura il primo fondamentale ed indispensabile passo da compiere è l'individuazione del Modello Concettuale del Sito (MCS). La sua definizione comprende essenzialmente la ricostruzione dei caratteri delle tre componenti principali che costituiscono l'AdR [ISPRA, 2008]:

- Sorgente
- Trasporto
- Bersaglio

Devono essere quindi definiti:

1) La geometria e le proprietà fisico-chimiche della sorgente di contaminazione. Tale sorgente di contaminazione può essere presente in un uno o in tutti i tre comparti ambientali: suolo superficiale (0-1 m da p.c.), suolo profondo (> 1 m da p.c.) e/o falda. Il fenomeno di volatilizzazione di vapori, outdoor e indoor, può coinvolgere un singolo comparto o i tre comparti simultaneamente. In tal caso la contaminazione è legata alla presenza di specie chimiche volatili. Queste possono includere i composti organici volatili (“Volatile Organic Compounds” – VOC), alcuni composti organici semivolatili, e alcuni analiti inorganici come il mercurio elementare e l'idrogeno solforato [ITRC, 2007]¹. Il documento [USEPA, 2002] riporta un elenco di sostanze che, per le loro caratteristiche di volatilità e di tossicità, possono comportare rischio per tale via di esposizione.

¹ L'Art. 268, Titolo I, Parte V del D.Lgs. 152/06, definisce: “Composto organico volatile (COV): qualsiasi composto organico che abbia a 293,15 K una pressione di vapore di 0,01 kPa (= 0,075 mm Hg) o superiore, oppure che abbia una volatilità corrispondente in condizioni particolari di uso”. Il documento [USEPA, 2002] identifica come sostanze volatili quelle alle quali corrisponde una Costante di Henry 3 10⁻⁵ atm m³/mol. Il documento [NJDEP, 2005] identifica come sostanze volatili quelle alle quali corrisponde una Costante di Henry 3 10⁻⁵ atm m³/mol ed una pressione di vapore 3 1 mm Hg.

2) Le vie di migrazione, quali la volatilizzazione da suolo o da falda contaminati, oppure la percolazione da suolo in falda, la diluizione ed il trasporto in falda, e la volatilizzazione da falda (esposizione off-site).

3) I bersagli della contaminazione. Il rischio di inalazione di vapori in ambienti aperti e confinati si può presentare sia on-site, ossia in corrispondenza della sorgente di contaminazione, che off-site, nel caso di contaminazione della falda idrica a valle idrogeologica della sorgente stessa. Il documento [British Columbia, 2009] suggerisce di limitare l'area di indagine su suoli e/o falde acquifere compresi in un raggio di circa 30 metri dalla sorgente di contaminazione, ad esclusione dei casi in cui siano presenti percorsi preferenziali (ad es. corridoi di servizi) che comportino il coinvolgimento delle suddette matrici oltre i 30 m di distanza.

Il rischio di inalazione in ambienti confinati, come è ovvio, si presenta nel caso in cui siano presenti o sia prevista la realizzazione di edifici utilizzati a scopo residenziale, commerciale o industriale. Il documento [USEPA, 2002] suggerisce di porre particolare attenzione agli edifici compresi, lateralmente e/o verticalmente, nel raggio di 30 m (100 piedi) dalla sorgente di contaminazione (suolo insaturo o falda contaminati). Per sostanze biodegradabili (da es: BTEX) la distanza di 30 m può essere ridotta a 10 m [ASTM E2600, 2800, APPENDICE V del manuale "Criteri metodologici per l'applicazione dell'analisi assoluta di rischio ai siti contaminati", rev.2].

La Figura 2 riporta il modello concettuale del sito generico, con le sorgenti di contaminazione, le vie di migrazione e le modalità di esposizione da prendere in considerazione nel caso di inalazione di vapori in ambienti aperti e confinati.

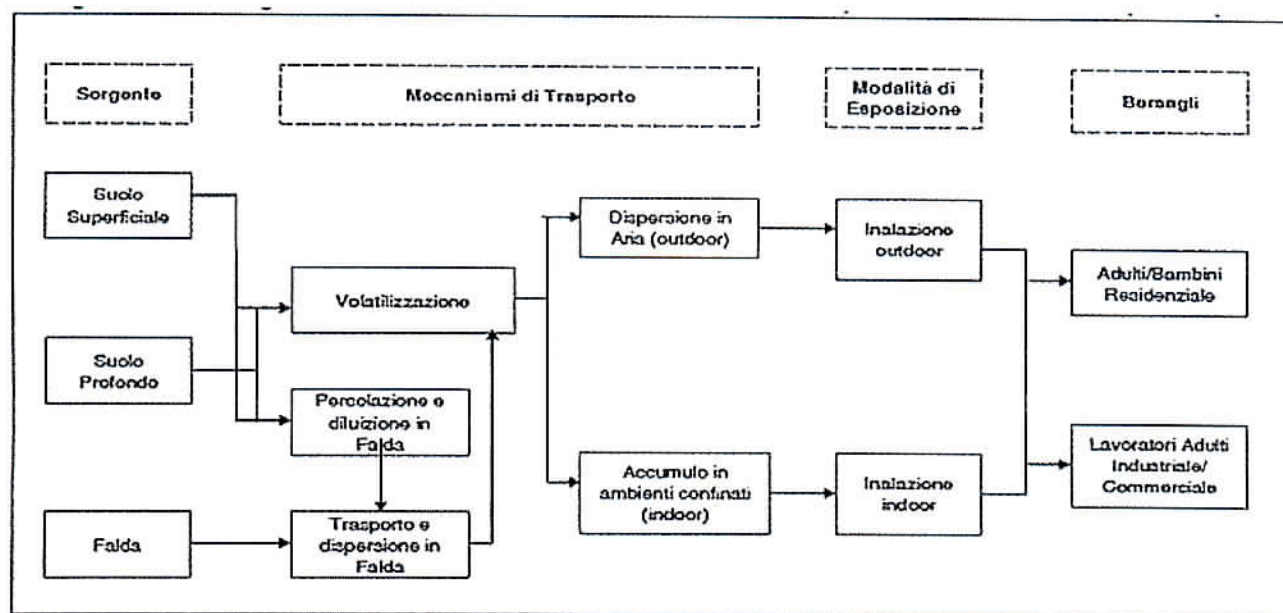


Figura 2: Modello Concettuale del Sito (rappresentazione generica)

2. MISURE DI SOIL-GAS

La normativa vigente in tema di bonifiche dei siti contaminati (Dlgs 152/06 e s.m.i.) prevede per l'elaborazione dell'analisi di rischio, l'utilizzo di "metodologie quale ad esempio ASTM PS 104, di comprovata validità sia dal punto di vista delle basi scientifiche che supportano gli algoritmi di

calcolo, che della riproducibilità dei risultati” (Allegato 1 alla parte IV, Titolo V del Dlgs 152/06). Viene pertanto consentito l'utilizzo di modelli che implementino le equazioni di cui alla procedura RBCA (Risk Based Corrective Action) dell'ASTM. Allo scopo di garantire la sito-specificità del calcolo delle CSR nella stima dei potenziali rischi associati al percorso di inalazione indoor/outdoor, si ritiene opportuno che, qualora sia verificato il superamento delle CSR calcolate mediante l'utilizzo dei dati relativi al suolo e alle acque sotterranee, vengano effettuate misure di soil gas da utilizzare nella rielaborazione dell'analisi di rischio.

2.1 Numero e ubicazione dei punti di campionamento

I criteri per definire il numero e il posizionamento dei punti di campionamento soil-gas tengono conto di:

- distanza della sorgente di contaminazione dai potenziali bersagli;
- profondità della sorgente di contaminazione;
- tipologia dei bersagli e caratteristiche costruttive degli eventuali edifici presenti.

Nella definizione del numero minimo dei punti di campionamento da installare e dell'ubicazione degli stessi dovrà tener conto dei superamenti delle CSR calcolate sulla base dell'utilizzo dei dati di concentrazione degli inquinanti relativi al suolo e alle acque di falda.

Di seguito sono riportate le indicazioni di massima per definire il numero e l'ubicazione dei punti di campionamento soil gas per seguenti tipologie di campionamento:

- soil gas nel suolo superficiale e profondo;
- soil gas al di sotto della soletta di fondazione (sub-slab)
- soil gas esterno all'edificio, vicino alla soletta di fondazione (near-slab)

Allo scopo di valutare la variabilità spaziale delle concentrazioni in profondità e lungo la direzione orizzontale possono essere effettuate misure con transetti laterali e/o profili verticali.

I transetti laterali sono realizzati con punti di campionamento soil gas multipli (due o più punti di campionamento)-installati tutti alla medesima profondità, solitamente ubicati nell'area compresa tra la sorgente di contaminazione e un edificio di interesse, per caratterizzare l'area orizzontalmente interessata dalla contaminazione del sottosuolo;

I profili verticali sono realizzati con punti di campionamento soil gas multipli (due o più punti di campionamento), installati a varia profondità tra il piano campagna o le fondazioni dell'edificio e la sorgente di contaminazione profonda, in modo tale da ottenere indicazione sulla variazione delle concentrazioni con la profondità.

Si evidenzia che, in presenza di contaminazione localizzata, le sonde di soil-gas dovranno essere installate in corrispondenza dei superamenti delle CSR per le sostanze volatili riscontrati in fase di caratterizzazione.

2.1.1 Soil gas nel suolo superficiale e profondo

Per pennacchi di contaminazione delle acque sotterranee di grandi dimensioni, può essere adeguato un interasse tra i punti di campionamento soil gas di diverse decine di metri.

Per pennacchi di contaminazione di minor dimensioni e in siti interessati da contaminazione da idrocarburi, per i quali è ipotizzabile aspettarsi rimarchevoli gradienti di concentrazione, si consiglia un interasse tra i punti di campionamento minore (ad esempio da 10 a 20 m).

Per siti di rilevanti dimensioni (> 5 ettari) caratterizzati da una sostanziale omogeneità della contaminazione con presenza diffusa di sostanze volatili, la selezione dei punti di campionamento può avvenire in base a criteri ragionati tali comunque da garantire la rappresentatività del monitoraggio per l'intera area.

I punti di campionamento soil gas devono essere installati nella zona insatura secondo i seguenti criteri:

- profondità superiore a 1 m da piano campagna per evitare disturbi legati a variazioni della pressione atmosferica e corto circuitazione dell'aria; in ogni caso, campioni di soil gas rappresentativi possono essere ottenuti anche a profondità minori di 1 m da piano campagna, ponendo un'attenzione particolare alla sigillatura del punto di campionamento ed eseguendo test di tenuta;
- profondità 0,5-1 m al di sopra della frangia capillare, poiché l'elevata saturazione rende il campionamento del soil gas difficoltoso.

Per considerazioni in merito alla frangia capillare ed al suo spessore, in mancanza di adeguati dati di campo, si veda il manuale ISPRA "Criteri metodologici per l'applicazione dell'analisi assoluta di rischio ai siti contaminati".

2.1.2 Soil gas al di sotto della soletta di fondazione (sub-slab)

L'ubicazione consigliata per il campionamento soil gas sub-slab è in corrispondenza della porzione centrale della soletta di fondazione, dove solitamente la concentrazione nel soil gas è più alta (in presenza di una sorgente di contaminazione uniforme), lontano dalle estremità dove probabilmente c'è maggior diluizione delle concentrazioni.

Considerata la significativa variabilità spaziale che normalmente si riscontra con il campionamento al di sotto della soletta sub-slab, si raccomanda di prelevare più campioni soil gas per edificio secondo i seguenti criteri:

- per edifici di dimensioni da piccole a medie (inferiori a 500 m²), si raccomanda di prelevare da 2 a 3 campioni soil gas per edificio, uno dei quali in corrispondenza della porzione centrale della soletta dell'edificio;
- per edifici di grandi dimensioni (superiori a 500 m²), si raccomanda di prelevare ulteriori campioni di soil gas.

Il campionamento contemporaneo di soil gas sub-slab e aria indoor permette di calcolare il fattore di attenuazione specifico per l'edificio.

2.1.3 Soil gas esterno all'edificio, vicino alla soletta di fondazione (near-slab)

In caso di sussistenza di condizioni ostative alla installazione di punti di campionamento al di sotto della soletta di fondazione (cfr. par. 4.1.2) è possibile posizionare le onde all'esterno dell'edificio, vicino alla soletta di fondazione.

I punti di campionamento near-slab sono da installare in prossimità dell'edificio, rispondendo ai seguenti requisiti:

- profondità superiore a metà della distanza tra la base delle fondazioni e la sorgente di contaminazione nel caso si intenda caratterizzare il soil gas in prossimità della sorgente;
- oltre la zona di disturbo e di materiale di riporto, lateralmente all'edificio (almeno 1, generalmente 2-3 m, ma comunque entro 10 m di distanza dall'edificio);

- profondità superiore a 1 m dal piano campagna per evitare disturbi legati a variazioni della pressione atmosferica e corto circuitazione dell'aria e effetti legati alla pressurizzazione/depressurizzazione dell'edificio; in ogni caso, campioni di soil gas rappresentativi possono essere ottenuti anche a profondità minori di 1 m da piano campagna, ponendo un'attenzione particolare alla sigillatura del punto di campionamento ed eseguendo test di tenuta.

Tipicamente sono da prelevare campioni soil gas near-slab da almeno 2 lati dell'edificio, uno dei quali nella direzione della più alta concentrazione attesa (sulla base dei risultati analitici ottenuti per suolo e acque sotterranee).

2.2 Costruzione e installazione dei punti di campionamento

Le sonde di campionamento soil gas possono essere installate con diverse tecnologie e varietà di materiali. Di seguito sono presentate brevemente le principali tecniche di installazione delle sonde per il campionamento del soil gas, includendo sia sonde permanenti che sonde temporanee. Variazioni alle configurazioni riportate di seguito possono essere ugualmente valide purché concordate con gli Enti di Controllo.

2.2.1 Sonde installate in foro

Sonde permanenti possono essere installate all'interno di fori realizzati con le tecniche di perforazione tradizionali. L'installazione di sonde permanenti presenta il vantaggio di poter valutare la variabilità temporale/stagionale delle concentrazioni nel soil gas grazie alla possibilità di ripetere nel tempo i campionamenti. Inoltre, la posa in opera del pacco filtrante permette di prelevare campioni di soil gas da un'area circostante più ampia, se confrontata con quella relativa a sonde temporanee. La realizzazione del foro deve essere condotta preferibilmente con metodi che minimizzino il disturbo alle condizioni del suolo, con la creazione di fori di piccolo diametro. Ad esempio, perforazioni con trivelle, perforazioni a tubo vibrante e perforazioni soniche a rotazione (senza l'utilizzo di aria o acqua) sono da preferire ad altri metodi che comportano maggiore disturbo e aggiunta di aria o acqua; perforazioni a rotazione con utilizzo di fango non sono accettabili per la realizzazione di punti di campionamento soil gas.

Le sonde installate in foro sono realizzate con modalità simili a quelle utilizzate per l'installazione di pozzi di monitoraggio delle acque sotterranee, seppur con delle differenze sostanziali come appresso specificato.

In generale, la sonda installata deve avere una parte fenestrata di lunghezza pari a 10-30 cm, allo scopo di caratterizzare le concentrazioni locali nel soil gas, e un diametro di piccole dimensioni pari a 6-25 mm, per minimizzare i volumi di spurgo. Inoltre, per la costruzione della sonda non deve essere utilizzata colla, nastro adesivo e altri materiali che possono emettere sostanze volatili e devono essere scelti materiali inerti e non porosi tali da non assorbire le sostanze volatili di interesse.

Due comuni tipi di sonda installati in foro sono riportati di seguito:

- tubo rigido in PVC installato fino alla superficie del foro realizzato, con diametro 19-25 mm e fessure di dimensioni non superiori a 1 mm (0,04 pollici = 0,04 ") nella parte fenestrata;
- sonda indicativamente di lunghezza 15-30 cm e diametro 12,5 mm, collegata alla superficie con tubo flessibile di circa 6 mm di diametro.

Di seguito sono riportate le fasi successive per l'installazione delle sonde in foro:

- posa in opera sul fondo del foro di un sottile strato di sabbia (spessore 2,5-5 cm), per evitare il contatto diretto della sonda con il terreno e la conseguente potenziale ostruzione della sonda;

- inserimento della sonda nel foro libero o all'interno delle aste di perforazione;
- posa in opera intorno alla sonda del pacco filtrante costituito da sabbia grossolana o ghiaia fine, estendendo il pacco filtrante al di sopra della sonda per circa 10 cm, con la contemporanea estrazione delle aste di perforazione, se presenti;
- strato di bentonite (non idrata) di circa 20cm, al fine di evitare che l'eventuale percolazione della bentonite idrata possa ostruire il filtro
- sigillatura con bentonite, posata in opera asciutta in 2-3 strati consecutivi, spessi ognuno pochi centimetri, idratati con acqua pulita, fino a creare uno spessore minimo pari a 30 cm;
- sigillatura dello spessore rimanente fino alla superficie con boiacca di cemento e bentonite in polvere.

Nel caso in cui all'interno di un foro siano installate più sonde (per la determinazione di profili verticali del *soil gas*), al di sopra e al di sotto di ogni sonda deve essere messo in opera uno strato sigillante di bentonite con spessore minimo pari a 15 cm. La sigillatura, una volta che ha fatto presa, può essere testata applicando una depressione di 25 mbar (10" di colonna d'acqua) da una sonda e monitorando la depressione nelle sonde a quota superiore/inferiore. La sigillatura è ritenuta non idonea nel caso di evidenti e rapidi aumenti della depressione nelle sonde poste a quota superiore/inferiore.

I punti di campionamento devono essere completati in superficie con l'installazione di teste a tenuta e valvole che semplifichino le attività di campionamento ed evitino l'ingresso di aria ambiente all'interno del punto di campionamento. Inoltre, per proteggere il punto di campionamento dall'ingresso di acqua piovana e da danneggiamenti accidentali o atti di vandalismo, si consiglia di installare pozzetti e relativi chiusini.

2.2.2 Sonde installate utilizzando tecnologia *direct push*

Sonde permanenti per il campionamento soil gas possono essere installate anche in fori realizzati mediante la tecnica di perforazione *direct push*.

Utilizzando la tecnologia *direct push* è possibile installare una sola sonda per foro realizzato, ma rapidamente e con modesto disturbo delle condizioni del suolo. Tale tecnologia può risultare ostacolata o addirittura preclusa in presenza di ghiaia, ciottoli e depositi glaciali addensati. Inoltre, le operazioni di rimozione delle aste possono rendere meno efficace la sigillatura con bentonite al di sopra della sonda di campionamento.

Le operazioni per l'installazione dei punti di campionamento sono le seguenti:

- infissione di un'asta cava *direct push* fino alla profondità desiderata;
- posizionamento della sonda e dei relativi accessori alla quota prevista, calandola all'interno dell'asta cava con l'aiuto di un'ancora guida rimovibile. Per le caratteristiche della sonda e delle relative tubazioni vale quanto detto per le sonde installate in foro;
- installazione, sempre attraverso l'asta cava, del pacco filtrante in sabbia e sigillatura con bentonite, contemporaneamente alla rimozione dell'asta. Le modalità di posa in opera del pacco filtrante e della sigillatura sono le stesse che nel caso di sonde installate in foro;
- finitura del punto di campionamento soil gas come nel caso precedente.

E' necessario porre particolare attenzione durante le operazioni per evitare il collasso delle pareti del foro attorno alle sonde, poiché in questo modo non si ottiene una corretta sigillatura del punto di campionamento.

Sono da preferire aste di perforazione di diametro maggiore per facilitare l'installazione del pacco filtrante e della sigillatura.

2.2.3 Sonde guidate

Si tratta di sonde temporanee installate mediante perforazione con tecnica direct push o mediante perforazioni a mano.

Tale metodo consiste nell'inserimento nel terreno di un'asta rigida spinta fino alla profondità desiderata, nel campionamento del soil gas a tale profondità con l'asta ancora nel suolo e nella conseguente rimozione dell'asta stessa.

Le modalità di installazione delle sonde guidate sono svariate, come diversi sono i materiali che possono essere utilizzati.

Nella loro forma più semplice le sonde guidate consistono in aste cave di acciaio di diametro interno tipicamente 9-25 mm, generalmente spinte a mano nel terreno fino alla profondità desiderata oppure con l'aiuto di attrezzature (direct push, martello, etc.). Le aste includono una punta conica collegata a tubazioni interne alla tubazione guida in acciaio, quindi di minor diametro, realizzate con materiale inerte e, in alcuni casi, sostituibili. A seconda della configurazione, una volta raggiunta la profondità desiderata, è possibile campionare il soil gas alla profondità raggiunta oppure estrarre per alcuni centimetri le aste cave di acciaio per esporre al soil gas una sonda per il campionamento. Il campionamento è condotto attraverso tubazioni collegate alla sonda oppure estraendo vapori direttamente attraverso la tubazione guida.

Tale tecnologia è vantaggiosa in termini di flessibilità di installazione, accesso e costi. Inoltre, con tale tecnologia è possibile ottenere campioni di soil gas multipli per singolo punto di campionamento (salvo alcune configurazioni di seguito esplicitate). D'altro canto le sonde guidate presentano lo svantaggio potenziale che le aste deflettono rispetto alla verticale durante la realizzazione del foro, nel caso in cui le formazioni incontrate presentano ostruzioni dense, ciottoli o incrinature, con la formazione di interstizi vuoti difficili da osservare e da sigillare tra la formazione geologica incontrata e le pareti della tubazione utilizzata per l'installazione della sonda guidata e la conseguente non rappresentatività del campione soil gas prelevato. Inoltre, le profondità di installazione sono limitate. Infine, qualora la sonda sia installata in corrispondenza di un terreno a bassa permeabilità che si trova al di sotto di un terreno a più alta permeabilità, c'è la possibilità di comunicazione tra le zone in corrispondenza delle due diverse tipologie di terreno durante il campionamento, anche in presenza di sigillatura bentonica posata in opera in superficie.

Una versione delle sonde guidate è il sistema AMS con punta retrattile. Il sistema consiste di aste cave di diametro esterno pari a 22 mm. I campioni soil gas sono prelevati utilizzando tubazioni in plastica che sono connesse ad una sonda fenestrata lunga 50 mm che è posizionata subito al di sopra della punta conica ed è esposta al soil gas quando le aste sono ritratte alla profondità desiderata. Tale tecnologia permette di prelevare un solo campione soil gas da ogni punto di campionamento realizzato. Le sonde possono essere installate a mano oppure utilizzando una mazza idraulica o un martello di tipologia slide hammer (è da evitare l'utilizzo del martello classico) oppure tramite un martello pneumatico elettrico a rotazione. Tale tecnologia permette di raggiungere 3 m di profondità in terreni sabbiosi e limosi e non è applicabile nel caso di terreni a grana grossolana.

Un'altra configurazione delle sonde guidate è il sistema post-run tubing (PRT). Il sistema consiste nello spingere alla profondità desiderata la punta conica e l'asta di diametro 31,5 mm e, poi, nello sganciare la punta conica tirando verso l'alto l'asta stessa. A questo punto è calato all'interno dell'asta cava un tubo filettato che va a connettersi con il punto di campionamento ubicato nella parte più bassa delle aste ossia alla profondità raggiunta. Una volta che il campionatore è recuperato dal punto di campionamento, è consigliabile verificare la tenuta delle giunzioni tra il tubo PRT ed il campionatore per garantire la rappresentatività del soil gas prelevato. Tale configurazione di sonde guidate è installata utilizzando una macchina perforatrice direct push che permette di raggiungere maggiori profondità in una grande varietà di tipologia di suolo. Tale tecnologia permette di

prelevare più campioni soil gas da ogni punto di campionamento realizzato, dal momento che tubazioni nuove sono filettate sulle aste per ogni nuovo campione di soil gas da prelevare, quando le aste sono spinte più in profondità.

Anche nel caso di sonde guidate è necessario posare in opera una sigillatura bentonitica sulla superficie del terreno intorno alla sonda per prevenire la corto-circuitazione dell'aria atmosferica nel punto di campionamento lungo le pareti esterne delle aste cave di acciaio. Nel caso del sistema PRT la sigillatura del sistema può essere ottenuta con l'installazione di un O-ring.

In linea generale, sulla base delle considerazioni sopra esposte, l'utilizzo di sonde guidate è sconsigliato per le applicazioni che richiedono una quantificazione precisa dei contaminanti presenti nel soil gas, quali ad esempio la verifica dell'intrusione di vapori nell'ambito di un'analisi di rischio o il monitoraggio dei risultati di un intervento di bonifica. Le sonde infisse direttamente nel terreno possono invece essere installazioni temporanee, utilizzate in fase di indagine preliminare al fine di delimitare l'estensione del plume di contaminazione.

2.2.4 Sonde per il campionamento soil gas sub-slab

Prima di procedere alla realizzazione di sonde per il campionamento soil gas al di sotto della soletta sub-slab, è importante identificare la presenza e la posizione al di sotto della soletta di fondazione di sottoservizi e strutture rilevanti, per evitare che siano danneggiate.

La preparazione del punto di campionamento permanente prevede le seguenti fasi successive:

- perforazione della soletta dell'edificio tramite l'utilizzo di martello pneumatico elettrico a rotazione con la realizzazione di un foro di diametro 2,5-3,0 cm, spinto attraverso la soletta fino a 7,5-10 cm all'interno del materiale che si trova al di sotto della soletta [15];
- chiusura temporanea del foro (ad esempio con tappo in gomma) allo scopo di minimizzare l'azione di disturbo esercitata dall'attività sulle concentrazioni nel soil gas al di sotto della soletta [30];
- installazione all'interno del foro di una sonda di piccolo diametro (ad esempio, diametro esterno 1/8" o 1/4") in acciaio inossidabile o ottone o altro materiale inerte con all'estremità una punta permeabile, di una lunghezza tale da arrivare fino alla base della soletta o anche più corta [15, 23];
- installazione di un disco sigillante di materiale Teflon™ all'interno dello spazio anulare tra le pareti del foro realizzato e la sonda, subito al di sopra della punta della sonda [15];
- sigillatura con boiacca di calcestruzzo o con calcestruzzo idraulico a presa rapida da posare in opera nello spazio anulare tra le pareti del foro realizzato e la sonda.

E' importante verificare che i costituenti del calcestruzzo non contengano sostanze volatili, che andrebbero ad interferire con le misure da condurre. Come sigillanti possono essere utilizzati anche calcestruzzo ad espansione, colla polietilenica o cera d'api.

Sulla sonda deve essere installata una valvola a tenuta, filettata o a pressione in acciaio inossidabile o ottone, a filo con il pavimento per evitare l'inciampo e la caduta (in particolar modo se la sonda soil gas sub-slab è installata in edifici ad uso residenziale).

Prima di campionare sarà necessario attendere che la sigillatura faccia presa.

La rappresentazione schematica di un punto di campionamento al di sotto della soletta sub-slab è riportata di seguito.

2.2.5 *Materiali utilizzati per realizzare i punti di campionamento soil gas*

Per il campionamento del soil gas devono essere preferiti tutti i materiali relativamente inerti e non porosi. In particolare, la sonda per il campionamento del soil gas è realizzata in acciaio inossidabile o altro materiale inerte (es. PVC). Materiali accettabili per le tubazioni sono TeflonTM, nylon (NylaFlowTM) e polietereeterchetone (PEEK).

E' sconsigliato l'utilizzo di tubazioni in polietilene (LDPE e HDPE) o in silicone poiché determinano un maggior assorbimento e l'apporto di sostanze volatili, rispetto al TeflonTM e al nylon. Dando seguito a quanto emerso da studi citati in [30], se il naftalene è uno dei parametri di interesse da ricercare, dovranno essere utilizzate solo tubazioni in TeflonTM. Qualora sia da ricercare l'acido solfidrico, l'utilizzo di tubazioni metalliche è sconsigliato.

Colla, nastro adesivo e altri materiali che potrebbero emettere sostanze volatili non devono essere utilizzati nella costruzione e nell'installazione della sonda.

Allo scopo di minimizzare i volumi di spurgo, sono da preferire sonde e tubazioni di piccolo diametro. Inoltre, per minimizzare il potenziale assorbimento delle sostanze volatili campionate, la lunghezza delle tubazioni deve essere quanto più corta possibile.

L'assemblaggio di tutte le parti costituenti il punto di campionamento deve essere fatto in maniera tale da garantire la tenuta (ad esempio, giunzioni a compressione o filettati).

Devono essere utilizzati solo materiali nuovi. Nel caso di installazione di punti di campionamento temporanei, le sonde in acciaio inossidabile potranno essere riutilizzate, previa decontaminazione (lavaggio con soluzione di acqua calda e sapone, seguito da risciacquo con acqua distillata deionizzata) e asciugatura delle stesse.

Particolare cura deve essere posta nella manipolazione e movimentazione dei materiali utilizzati per l'installazione dei punti di campionamento (ad esempio, le tubazioni devono essere conservate preferibilmente in buste sigillate e tenute lontane dai fumi esausti di mezzi e attrezzature utilizzate durante l'attività di installazione e da altre sorgenti di contaminazione).

2.2.6 *Camera di flusso*

Quando la soggiacenza della falda freatica è limitata e tale da impedire o rendere scarsamente rappresentativo il campionamento del soil gas, o qualora il terreno risulti destrutturato a causa di lavorazioni che ne compromettono la compattezza, come ad esempio a causa di lavorazioni agricole o di movimentazione terra, il rischio associato all'inalazione di vapori dovrà essere valutato secondo un approccio basato su linee di evidenza multiple (ITRC 2007). Fra le linee di evidenza che si possono prendere in considerazione vi sono gli esiti del campionamento condotto con camere di flusso statiche o dinamiche. Le tecniche di misura diretta del flusso di vapori proveniente dal suolo sono state utilizzate in molte discipline afferenti alle scienze della terra (vulcanologia, esplorazione petrolifera, etc.) e più recentemente applicate nel campo ambientale, ad esempio nel controllo di discariche (Cardellini 2003, Hartman 2003, CalEpa 2011).

Le camere dinamiche prevedono l'utilizzo di un gas carrier che viene fatto fluire costantemente nella camera. Dopo lo "spurgo" iniziale, viene raggiunto lo stato stazionario in cui la concentrazione dei contaminanti nella miscela in uscita si assume sia uguale alla concentrazione che si trova nella camera. Grazie al continuo fluire del carrier, vi sono minime possibilità che la concentrazione all'interno della camera raggiunga valori tali da poter rallentare il flusso del soil gas dal suolo verso la camera stessa; si tratta tuttavia di una procedura complessa, che richiede un maggior investimento nell'acquisto della strumentazione.

Il sistema di campionamento con camere statiche risulta di più semplice realizzazione in quanto non è prevista l'introduzione nella camera di alcun gas. Se necessario si equalizza la pressione

all'interno della camera con la pressione atmosferica prima del campionamento. La camera dovrà essere in ogni caso isolata da altre permeazioni di gas ed inquinanti provenienti da altre zone rispetto alla superficie indagata.

L'accumulo di inquinanti gassosi provenienti dalla superficie avverrà nel tempo e sarà possibile stimare questo flusso mediante la seguente equazione

$$F = \frac{V}{A} \left(\frac{dC}{dt} \right)$$

F è il flusso dell'inquinante espresso in $\mu\text{g}/\text{m}^2\text{ora}$

V è il volume della camera in m^3

A è l'area della superficie del suolo racchiusa all'interno della camera espressa in m^2

dC/dt è la velocità di variazione della concentrazione dell'inquinante all'interno della camera espressa in $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{ora}$.

Il gradiente di concentrazione è ottenuto misurando a vari intervalli la concentrazione dell'inquinante all'interno della camera, si potrà in questo modo valutare la velocità di emissione ponendo in grafico la concentrazione rispetto al tempo.

Criteri e metodologie applicative per misura del soil-gas

TIPOLOGIA	PERMANENTE/ TEMPORANEA	MATERIALE	VANTAGGI	LIMITI
Sonde installate in foro	Permanente	PVC, acciaio inossidabile	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Ripetibilità dei campionamenti con conseguente possibilità di valutazione della variabilità temporale e stagionale ✓ Prelievo di soil gas da area (circostante la sonda) maggiore che nel caso di sonde temporanee grazie alla presenza del pacco filtrante 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Restrizioni per l'accesso della sonda per la trivellazione del punto di campionamento
Sonde installate con tecnologie <i>direct push</i>	Permanente	Acciaio inossidabile	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Ripetibilità dei campionamenti con conseguente possibilità di valutazione della variabilità temporale e stagionale ✓ Installazione rapida e con modesto disturbo delle condizioni del suolo 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Installazione ostacolata o preclusa in presenza di ghiaia, ciottoli e depositi addensati ✓ Sigillatura con bentonite al di sopra della sonda di campionamento meno efficace causa rimozione delle aste di perforazione ed in caso di collasso delle pareti del foro perforato
Sonde guidate	Temporanea	Acciaio	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Flessibilità in installazione, accesso e costi ✓ Campioni di soil gas multipli per punto di campionamento (salvo che per alcune configurazioni), con valutazione in tempo reale di profili verticali dei vapori 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Deflessione delle aste rispetto alla verticale durante la realizzazione del punto di campionamento per ostruzioni dense, ciottoli o incrinature ✓ Profondità di installazione limitate ✓ Se la sonda è installata in un terreno a bassa permeabilità posto al di sotto del terreno a più alta permeabilità, la sigillatura potrebbe essere poco efficace e il campione veicola soil gas dallo strato a più alta permeabilità ✓ Non permette misure ripetibili a meno di intervenire nuovamente riproforando
Campionamento da pozzi di monitoraggio acque sotterranee	Permanente	PVC, HDPE	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Ripetibilità dei campionamenti con conseguente possibilità di valutazione della variabilità temporale e stagionale 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Non fornita la discretizzazione verticale delle concentrazioni nel soil gas ✓ Non fornite indicazioni in merito

Criteri e metodologie applicative per misura del soil-gas

Sonde sub-slab	Permanente	Acciaio inossidabile, ottone	✓	Utilizzo di pozzi esistenti per la misura dei soil gas	all'attenuazione delle concentrazioni nel soil gas al di sopra della frangia capillare
			✓	Ripetibilità dei campionamenti con conseguente possibilità di valutazione della variabilità temporale e stagionale	✓ Problemi di salute e sicurezza e potenziale danneggiamento dei sottoservizi e dell'edificio
			✓	Vicinanza del punto di campionamento al recettore	✓ Restrizioni per l'accesso degli strumenti per la realizzazione del punto di campionamento

2.3 Procedure di campionamento

2.3.1 Sviluppo dei punti di campionamento soil gas

A valle dell'installazione, è necessario sviluppare il punto di campionamento per rimuovere l'aria entrata durante l'installazione stessa (oppure attendere il tempo di riequilibrio del punto di campionamento).

Durante lo sviluppo si consiglia di rimuovere una quantità d'aria pari a 3 volte il volume del punto di campionamento, consistente in:

- volume della sonda;
- volume delle tubazioni;
- volume dei pori pieni d'aria del pacco filtrante.

La fase di sviluppo dei punti di campionamento soil gas può prevedere le fasi di seguito riportate:

- connessione al punto di campionamento soil gas installato di una pompa a vuoto tarata alla portata di 20-200 ml/min;
- apertura della valvola del punto di campionamento soil gas e attivazione dell'aspirazione della pompa a vuoto;
- monitoraggio in continuo della portata e del vuoto pneumatico indotto durante la fase di sviluppo;
- misura tramite strumentazione portatile delle concentrazioni dei COV e di ossigeno, anidride carbonica e metano nel soil gas aspirato dal punto di campionamento in fase di sviluppo;
- una volta rimossa una quantità d'aria pari a 3 volte il volume del punto di campionamento (così come definito sopra), chiusura della valvola per evitare la fuoriuscita di soil gas dal punto di campionamento e l'ingresso nello stesso di aria atmosferica.

2.3.2 Tempo di riequilibrio

Prima di effettuare il campionamento è necessario attendere che il punto di campionamento si riequilibri tramite diffusione. Il tempo di riequilibrio dipende dal disturbo causato dall'installazione del punto di campionamento. Di seguito si riportano, come esempio, i tempi di riequilibrio raccomandati per le diverse modalità di installazione seguite:

- sonde soil gas guidate – 20-30 minuti;
- sonde soil gas installate in fori di piccolo diametro (minore di 50 mm) tramite direct push – 1 giorno;
- sonde soil gas installate in fori realizzati con trivella e perforazione sonica a rotazione (senza utilizzo di aria o acqua) – 2 giorni;
- sonde soil gas installate tramite perforazione a rotazione ad aria – alcune settimane (dopo aver atteso che le concentrazioni nel soil gas si siano stabilizzate).

Esistono modelli numerici per calcolare i tempi di equilibrio del pacco filtrante in sabbia con il soil gas nel suo intorno, a seconda delle differenti distanze e del contenuto di acqua nel suolo.

2.3.3 Verifica della performance del punto di campionamento

Si consiglia di condurre un test di performance del punto soil gas prima di condurre il campionamento. Lo scopo di tale test è verificare che la depressione, indotta nella linea di campionamento dal campionamento attivo dei gas interstiziali, ricada all'interno di range accettabili.

Inoltre, le misure del flusso e della depressione indotti possono essere utilizzati per la stima della permeabilità suolo-aria, tramite modelli matematici, per sonde o pozzi.

Il test è condotto aspirando soil gas dal punto di campionamento ad una portata prefissata (in genere pari alla portata che sarà utilizzata nelle successive operazioni di spurgo e campionamento) tramite l'utilizzo di una pompa a vuoto e misurando la depressione indotta.

Se la depressione è molto più alta di quella attesa è possibile che la sonda sia ostruita o installata in uno strato poco permeabile o nella zona interessata dalla risalita della frangia capillare. Se la depressione è molto più bassa di quella attesa il punto di campionamento può essere interessato da corto-circuitazione dell'area esterna. L'assenza di depressione può essere indicativa di perdita lungo le tubazioni.

Per depressioni maggiori di circa 125 mbar (50" di colonna d'acqua) possono esserci problemi pratici a campionare tramite pompa o canister. Ai fini dell'abbassamento della depressione indotta (maggiore di 25 mbar equivalenti a 10" di colonna d'acqua), si consiglia di aspirare il soil gas ad una portata minore.

Prima di campionare è necessario permettere al punto di campionamento di dissipare la depressione indotta dal test. Se grandi volumi di soil gas sono rimossi oppure alte portate sono applicate durante il test condotto, è necessario attendere il tempo di riequilibrio del pozzo prima di procedere al campionamento.

2.3.4 Verifica di perdite e corto-circuitazioni

Prima di condurre il campionamento soil gas è consigliabile testare il punto di campionamento installato e le relative tubazioni per verificare che perdite e corto-circuitazione ricadano entro limiti accettabili. Perdite nell'apparato di campionamento e corto-circuitazione possono essere valutate con l'utilizzo di gas traccianti inerti in fase liquida o gassosa. I traccianti gassosi più utilizzati sono: elio, esafluoruro di zolfo (SF₆) che però ha un alto Global warming potential, propano, butano.

Il monitoraggio delle concentrazioni di ossigeno ed anidride carbonica presenti nei gas interstiziali del terreno può rappresentare un metodo indiretto, alternativo o complementare ai test con traccianti, per valutare la tenuta della linea di campionamento. Le misure devono essere effettuate prima di iniziare il campionamento ed al termine dello stesso. Una concentrazione di ossigeno prossima a quella atmosferica o un incremento della concentrazione di ossigeno (e una diminuzione dell'anidride carbonica), durante le attività di spurgo e campionamento, possono costituire un indizio della avvenuta diluizione del campione con gas atmosferici; in tali casi è necessario effettuare un test di tenuta con traccianti.

Di seguito è riportata la procedura per un test di tenuta con utilizzo di elio:

- costruzione di una campana rigida di materiale inerte (ad esempio, acciaio inossidabile o plastica rigida), di dimensioni tali da contenere tutti gli elementi che devono essere testati ossia la sonda e l'apparato di campionamento. La campana deve essere munita di tre aperture, posizionate due nella parte alta (una utilizzata per il passaggio delle tubazioni relative al punto di campionamento ed una per la misura in campo della concentrazione di elio all'interno della campana) ed una in basso (per il riempimento della campana con l'elio);
- posizionamento della campana attorno al punto di campionamento, includendo tubazioni, giunture e valvole. Assicurarsi che la campana faccia adesione con il terreno (ad esempio, applicando una guarnizione lungo il suo perimetro);
- sigillatura di ogni apertura attorno alla campana con l'utilizzo di materiali sigillanti inerti, quale la bentonite;

- riempimento della campana con elio ultrapuro a basso contenuto di umidità, lentamente tramite regolatore di flusso, fino al raggiungimento di una concentrazione all'interno della campana pari al 30%-100%, misurata mediante strumentazione da campo con sensibilità 0,01%-100%;
- interruzione del flusso di elio all'interno della campana in plexiglas una volta raggiunta la concentrazione massima;
- prelievo di un campione di soil gas e misura delle concentrazioni di elio nel campione mediante l'utilizzo della strumentazione da campo con sensibilità 0,01%-100%.

Una piccola quantità di tracciante rinvenuta nel campione soil gas non indica necessariamente che il punto di campionamento sia stato installato scorrettamente e che le relative misure non siano affidabili. Come regola generale una "percentuale di perdita" di elio nel campione soil gas fino al 2-5% è considerata accettabile (dove la "percentuale di perdita" è il rapporto tra la percentuale di elio misurata nel campione soil gas e quella misurata al di sotto della campana) [27, 30]. Una concentrazione di elio superiore al 2-5% richiede un intervento sul punto di campionamento (riparazione o reinstallazione ad almeno 1,5 m di distanza).

Si consiglia di condurre il test con il tracciante elio in tutti i nuovi punti di campionamento installati e sul 10% dei punti soil gas per ogni campagna di monitoraggio successiva.

Uno dei vantaggi di tale metodo è che il gas inerte non interferisce con le successive analisi chimiche di laboratorio; inoltre, possono essere ottenute indicazioni sulla correttezza dell'installazione del punto di campionamento testato in tempo reale, oltre alla facilità di conduzione del test stesso. D'altro canto si sottolinea che la lettura in campo dello strumento rilevatore di elio potrebbe essere influenzata dalla presenza di metano nel soil gas.

La potenziale corto-circuitazione di aria atmosferica durante il campionamento può essere anche valutata indirettamente mediante misure dell'ossigeno e dell'anidride carbonica (ad esempio, alte concentrazioni di idrocarburi e ossigeno possono indicare diluizione del campione soil gas con aria atmosferica, dal momento che generalmente alte concentrazioni di idrocarburi vicino la sorgente di contaminazione sono associate a basse concentrazioni di ossigeno).

L'insieme di tubazioni, valvole, connettori usati per veicolare il flusso di soil gas, può presentare punti di minor tenuta all'aria con conseguente rischio di perdite. Un metodo speditivo per testare la tenuta della parte di tubazioni fuori terra, senza ricorrere all'uso di traccianti, è nel seguito illustrato:

- installazione di un manometro sull'apparato da testare;
- chiusura della valvola posta in linea all'estremità dell'apparato da testare;
- applicazione tramite pompa, ad un'estremità dell'apparato da testare, di una depressione minima di 10'' di colonna d'acqua e successiva chiusura della valvola;
- verifica dell'assenza di perdite usando una soluzione di acqua e sapone o, in alternativa, mediante il monitoraggio nel tempo delle variazioni nella depressione indotta all'interno dell'apparato.

Indicativamente riduzioni fino al 5% nei valori di pressione/depressione indotte nell'apparato di campionamento, osservate nei 5 minuti successivi allo spegnimento della pompa, sono ritenute accettabili.

Per evidenziare i punti in corrispondenza delle eventuali perdite nell'apparato di campionamento può essere applicata una soluzione di acqua e sapone su giunture e valvole, e osservata l'eventuale presenza di bolle in caso di perdite del sistema.