

METODICHE ANALITICHE PER LE MISURE DI AERIFORMI NEI SITI CONTAMINATI

Delibera del Consiglio SNPA. Seduta del 03.10.18. Doc. n. 41/18



METODICHE ANALITICHE PER LE MISURE DI AERIFORMI NEI SITI CONTAMINATI

Delibera del Consiglio SNPA. Seduta del 03.10.18. Doc. n. 41/18

Informazioni legali

Il Sistema Nazionale per la Protezione dell'Ambiente (SNPA) è operativo dal 14 gennaio 2017, data di entrata in vigore della Legge 28 giugno 2016, n.132 "Istituzione del Sistema nazionale a rete per la protezione dell'ambiente e disciplina dell'Istituto superiore per la protezione e la ricerca ambientale".

Esso costituisce un vero e proprio Sistema a rete che fonde in una nuova identità quelle che erano le singole componenti del preesistente Sistema delle Agenzie Ambientali, che coinvolgeva le 21 Agenzie Regionali (ARPA) e Provinciali (APPA), oltre all'Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA).

Attraverso il Consiglio dell'SNPA, il Sistema esprime il proprio parere vincolante sui provvedimenti del Governo di natura tecnica in materia ambientale e segnala al MATTM e alla Conferenza permanente per i rapporti tra lo Stato, le regioni e le province autonome di Trento e Bolzano l'opportunità di interventi, anche legislativi, ai fini del perseguimento degli obiettivi istituzionali.

Tale attività si esplica anche attraverso la produzione di documenti, prevalentemente linee guida o rapporti, che diffondono tali pareri, tramite la pubblicazione nell'ambito delle rispettive Collane Editoriali, a cura delle singole Agenzie o dell'ISPRA.

L'ISPRA, le ARPA, le APPA e le persone che agiscono per loro conto non sono responsabili per l'uso che può essere fatto delle informazioni contenute in questa pubblicazione.

ISBN 978-88-448-0923-2

© Linee Guida SNPA, 16/2018

Riproduzione autorizzata citando la fonte

Elaborazione grafica

Grafica di copertina: Franco Iozzoli

Foto di copertina: Gruppo di Lavoro 9 bis SNPA

ISPRA

Coordinamento pubblicazione on line:

Daria Mazzella

ISPRA – Area Comunicazione

Novembre 2018

Autori

Coordinamento

Laura Clerici, Antonietta De Gregorio (ARPA Lombardia)

Maria Radeschi (ARPA Piemonte)

Gianni Formenton (ARPA Veneto)

Gruppo di Lavoro 9 Bis – Sottogruppo 3 “Laboratori”

Giuseppe Del Carlo (ARPAE Emilia Romagna)

Luisa Rivara (ARPA Liguria)

Mauro Scaglia (ARPA Lombardia)

Sabrina Bertero (ARPA Piemonte)

Giorgia Giraldo (ARPA Veneto)

Ringraziamenti

Antonella Vecchio (ISPRA)

INDICE

PREMESSA	5
INTRODUZIONE	6
TIPICAMENTE I SUPPORTI PIÙ UTILIZZATI SONO (TABELLA 1):	6
1 SCELTA DEL SUPPORTO	7
2 DETERMINAZIONE DI COMPOSTI ORGANICI VOLATILI	9
2.1 Campo di applicazione	9
2.2 Riferimenti.....	9
2.3 Principio.....	9
2.3.1 Campionamento dell'effluente gassoso	10
2.3.2 Trattamento del materiale campionato	10
2.3.3 Analisi chimica.....	10
2.3.4 Determinazione dell'efficienza di desorbimento	10
2.4 Interferenze e selettività.....	11
2.5 Manipolazione, conservazione, trasporto	11
3 DETERMINAZIONE DI FRAZIONI IDROCARBURICHE AROMATICHE E ALIFATICHE	12
3.1 Campo di applicazione	12
3.2 Riferimenti.....	12
3.3 Principio.....	13
3.3.1 Campionamento dell'effluente gassoso	13
3.3.2 Trattamento del materiale campionato	13
3.3.3 Trattamento del materiale campionato	14
3.3.4 Determinazione dell'efficienza di desorbimento	14
3.4 Interferenze e selettività.....	14
3.5 Reagenti e soluzioni di riferimento	15
3.6 Manipolazione, conservazione, trasporto	15
3.7 Analisi GC-MS	16
4 DETERMINAZIONE DI IDROCARBURI POLICICLICI AROMATICI (IPA)	17
4.1 Campo di applicazione	17
4.2 Riferimenti.....	17
4.3 Principio.....	17
4.3.1 Campionamento dell'effluente gassoso	17
4.3.2 Trattamento del materiale campionato	18
4.3.3 Analisi chimica.....	18

4.3.4	Determinazione dell'efficienza del desorbimento.....	18
4.4	Interferenze e selettività.....	18
4.5	Manipolazione, conservazione, trasporto	18
5	DETERMINAZIONE DI PIOMBO TETRAETILE (TEL).....	19
5.1	Campo di applicazione	19
5.2	Riferimenti.....	19
5.3	Principio.....	19
5.3.1	Campionamento dell'effluente gassoso	19
5.3.2	Trattamento del materiale campionato	20
5.3.3	Analisi chimica.....	20
5.3.4	Determinazione dell'efficienza del desorbimento.....	20
5.4	Interferenze e selettività.....	20
5.5	Manipolazione, conservazione, trasporto	20
6	DETERMINAZIONE DI MERCURIO	21
6.1	Campo di applicazione	21
6.2	Riferimenti.....	21
6.3	Principio.....	21
6.3.1	Campionamento dell'effluente gassoso	21
6.3.2	Trattamento del materiale campionato	21
6.3.3	Analisi chimica.....	22
6.3.4	Determinazione dell'efficienza di desorbimento	22
6.4	Interferenze e selettività.....	22
6.5	Manipolazione, conservazione, trasporto	22
ALLEGATO A – ESTRAZIONE CON SOLVENTE DI COMPOSTI ORGANICI VOLATILI DA CARBONE ATTIVO: EFFICIENZA ESTRATTIVA.....		23
ALLEGATO B – TABELLA DI CONFRONTO TRA LE CONCENTRAZIONI SOGLIA DEI GAS INTERSTIZIALI E I MITI DI QUANTIFICAZIONE DELLE METODICHE ANALITICHE (LOQ) E DI CAMPIONAMENTO IN FUNZIONE DEI VOLUMI PRELEVATI		24

PREMESSA

Il presente documento è stato sviluppato da ISPRA e dalle ARPA all'interno delle attività del Gruppo di Lavoro 9 bis del Sistema Nazionale Protezione Ambiente (SNPA) che ha come finalità la definizione di una "Procedura per la validazione da parte degli Enti di controllo dei dati derivanti dalle misure dirette di aeriformi nell'ambito di siti sottoposti a procedura di bonifica".

Lo scopo del documento è quello di definire le metodiche analitiche da utilizzarsi per le misure degli aeriformi nei siti contaminati.

INTRODUZIONE

La caratterizzazione chimica delle matrici:

- soil gas
- flusso emesso da superficie (flux chamber)
- aria ambiente
- aria ambienti di lavoro

prevede la captazione dell'inquinante organico o inorganico su specifici supporti mediante:

A. Adsorbimento dell'inquinante su un opportuno substrato (fiale e/o tubi)

Tipicamente i supporti più utilizzati sono (Tabella 1):

1. fiala a desorbimento con solvente (DS) (es: supporti a carbone attivo, XAD-2, XAD-7, etc.);
2. fiala/tubi a desorbimento termico (DT)
3. fiale ad attacco acido (es. hopcalite per mercurio)

Tabella 1 – Supporti di campionamento per adsorbimento su substrato

Analita/Classe analita	Supporto di campionamento	Specifiche supporto di campionamento
VOCs/HC	Fiale a DS	Carbone Attivo
	Tubi a DT	Tubi multisorbent/adsorbente specifico
IPA	Fiale a DS	Resina XAD-2
PbTetraetile (TEL)	Fiale a DS	Resina XAD-2
Hg	Fiale ad attacco acido	Hopcalite

B. Raccolta di un'aliquota d'aria-campione in un idoneo contenitore (Tabella 2)

Tabella 2 – Supporti di campionamento per raccolta in contenitore

Analita/Classe analita	Supporto di campionamento
VOCs/HC	Canister, Vacuum Bottle

1 SCELTA DEL SUPPORTO

La scelta del supporto e dunque la tecnica, oltre a dipendere dalla natura chimico-fisica dell'inquinante, non può prescindere dall'entità della contaminazione presunta del sito e dalle soglie di rischio sito-specifiche in particolare per i VOCs e frazioni idrocarburiche (HC). Generalmente in siti "sconosciuti", la cui "storia" non dà nessuna informazione certa sull'entità di contaminazione sarà utile procedere, prima delle campagne di monitoraggio o direttamente nella prima campagna delle complessive, a una campagna di screening del sito mediante strumentazione portatile da campo PID/FID e/o mediante campionamento del soil gas su fiale a desorbimento con solvente (DS), da cui trarre le informazioni necessarie per la pianificazione delle campagne successive (anche per singolo analita, se necessario) circa la scelta del supporto/tecnica più idonea e/o circa i parametri di campionamento: volume (L) e flusso (mL/minuti).

Il supporto di campionamento selezionato deve essere preferibilmente, quando possibile, il medesimo sia per ARPA che per la Parte al fine di garantire una migliore confrontabilità dei dati analitici risultanti.

In linea generale le fiale a desorbimento termico (DT) risultano utili per campi di applicazione di solito non superiori a circa 1000 ng/campione per la maggior parte dei VOCs, garantendo una maggiore sensibilità analitica rispetto alle fiale a desorbimento con solvente (DS), a loro volta idonee per campi di applicazione superiori a quanto sopra descritto.

Nei campioni di gas nel suolo, ove la concentrazione dei singoli composti e delle frazioni idrocarburiche - come definite dal metodo MADEP APH - è molto elevata, si rende necessario effettuare diluizioni molto importanti al fine di riportare i composti all'interno della retta di taratura. Diluizioni elevate dei campioni su matrice aeriformi possono costituire una fonte importante di errore; per tale ragione e in funzione delle caratteristiche specifiche del sito, si ritiene utile e preferibile esprimere un risultato come "> di...".

Detta espressione può essere considerata importante e significativa sia per riprogettare il campionamento che ai fini dell'utilizzo del dato nell'ambito del procedimento di bonifica.

Di seguito verranno riportate delle linee guida generali per la determinazione analitica della maggior parte degli inquinanti riportati nella Banca Dati ISS-INAIL di marzo 2018 sulle diverse linee di evidenza: matrice soil gas, flusso emesso da superficie (flux chamber) e aria ambiente, captati sui diversi supporti di cui al paragrafo precedente, al fine di garantire modalità tecnico-analitiche condivise e univoche.

Inoltre, nella tabella di cui all'Allegato B viene riportato il confronto tra le concentrazioni soglia dei gas interstiziali e limiti di quantificazione delle metodiche analitiche (LOQ) e di campionamento in funzione dei volumi prelevati.

I LOQ indicati rappresentano soltanto dei "valori indicativi" che potrebbero essere soggetti a variazioni dovute ad esempio a diverse performance e/o variabilità strumentali nel tempo (o per acquisizione di nuova strumentazione o per inevitabile obsolescenza della strumentazione in essere da parte dei vari laboratori).

La disamina interesserà quindi la determinazione dei principali inquinanti che caratterizzano maggiormente tali linee di evidenza, con riferimento ai principali metodi ufficiali e normalizzati:

1. VOCs
2. Frazioni idrocarburiche e relativa specazione secondo approccio MADEP:
 - C5-C8 Idrocarburi Alifatici
 - C9-C12 Idrocarburi Alifatici
 - C9-C10 Idrocarburi Aromatici

3. IPA:

- Naftalene
- Acenaftilene
- Acenaftene
- Antracene
- Fenantrene
- Fluorene

4. Pb Tetraetile

5. Hg

Tutte le determinazioni dovranno essere svolte in conformità a quanto previsto dalla NORMA UNI CEI EN ISO/IEC 17025:2005, RT-08 di ACCREDIA e linee guida EURACHEM nelle loro revisioni costantemente aggiornate, garantendo piani di verifica e/o validazione che rispecchino "buone pratiche di laboratorio" e soddisfino i criteri di accettabilità fissati dal laboratorio, in base alle esigenze del cliente e/o dei metodi più diffusi nel settore.

Secondo quanto definito dalle principali linee guida in materia di progettazione e validazione metodi si dispone la valutazione dei seguenti parametri, ove possibile:

- *Selettività*
- *Limite di rivelabilità*
- *Limite di quantificazione*
- *Intervallo di misura (linearità)*
- *Ripetibilità*
- *Riproducibilità*
- *Accuratezza (bias)*
- *Robustezza*
- *Incertezza*

È necessario che in fase routinaria vengano garantite le prestazioni ottenute in fase di validazione e verifica.

2 DETERMINAZIONE DI COMPOSTI ORGANICI VOLATILI

2.1 Campo di applicazione

Il metodo consente la determinazione in atmosfera del suolo (soil gas), flusso emesso da superficie (flux chamber) e aria ambiente di VOCs in forma gassosa campionati sui seguenti supporti di campionamento:

- fiale a carboni attivi;
- tubi a desorbimento termico multisorbent/adsorbente specifico;
- canister, vacuum bottle.

Il campo di applicazione in termini di concentrazione sarà definito/verificato/validato in funzione delle prestazioni tecnico-analitiche del singolo laboratorio.

2.2 Riferimenti

- UN CEN/TS 13649:2015. Emissioni da sorgente fissa - Determinazione della concentrazione in massa di singoli composti organici in forma gassosa - Metodo per adsorbimento seguito da estrazioni con solventi o desorbimento termico.
- Compendium Method EPA TO15 – 1999. Determination Of Volatile Organic Compounds (VOCs) In Air Collected In Specially-Prepared Canisters And Analyzed By Gas Chromatography/Mass Spectrometry (GC/MS).
- NIOSH 1501 2003. Hydrocarbons, Aromatic.
- NIOSH 1003 2003. Hydrocarbons, Halogenated.
- Progettazione del monitoraggio di composti volatili nei siti contaminati – Allegato 1.
- Procedura operativa per la valutazione e l'utilizzo dei dati derivanti da misure di gas interstiziali nell'analisi di rischio dei siti contaminati – Appendice 1.
- Banca dati ISS-INAIL marzo 2018.
- UNI EN ISO 16017-1:2002. Aria in ambienti confinati, aria ambiente ed aria negli ambienti di lavoro. Campionamento ed analisi di composti organici volatili mediante tubo di adsorbimento/desorbimento termico/cromatografia gassosa capillare. Campionamento mediante aspirazione con pompa.

2.3 Principio

Nella misurazione dei singoli composti organici in fase gassosa sono previste tre fasi:

- il campionamento dell'effluente gassoso proveniente da: soil gas/flux chamber/aria ambiente;
- il trattamento del materiale campionato/supporto di campionamento;
- l'analisi chimica mediante gascromatografia accoppiata a spettrometro di massa.

2.3.1 Campionamento dell'effluente gassoso

I principi di campionamento sono i seguenti:

- Dovrebbe essere impedita la condensa d'acqua.
- Prima di avviare le attività di campionamento è necessario testare i supporti, (compresi canister e vacuum bottle) quindi ogni lotto di campionamento dovrebbe essere accompagnato da un "*bianco di lotto*" che attesti la "bontà" e caratterizzi il fondo del supporto impiegato per il campionamento. Va analizzato come un campione e le quantità riscontrate non devono essere superiori al valore del LOQ
- Ogni lotto di campionamento, ad eccezione dei canister, deve essere accompagnato da un "*bianco di campo*" che caratterizzi il fondo ambientale intrinseco al momento del campionamento e durante le successive fasi di trasporto e stoccaggio del campione prima di essere sottoposto ad analisi chimica. Va analizzato come un campione.

2.3.2 Trattamento del materiale campionato

Il materiale organico (analita inquinante da determinare) deve essere desorbito dal supporto mediante tecniche analitiche che dipendono dal tipo di supporto (Tabella 3).

Tabella 3 – Supporti di campionamento per VOCs

Specifiche supporto di campionamento	Tecniche di desorbimento
Fiale a Carbone Attivo	Desorbimento con solvente
Tubi multisorbent/adsorbente specifico	Desorbimento termico
Canister, Vacuum Bottle	Criofofocalizzazione su trappola

2.3.3 Analisi chimica

Una porzione del campione viene iniettata in un sistema GC dotato di una colonna capillare e di un rivelatore appropriato: rivelatore di massa selettivo. I composti sono separati mediante gascromatografia e acquisiti in massa in modalità SIM e/o SCAN.

Quando possibile, per una gestione semplificata delle attività routinarie si procede alla acquisizione simultanea in SIM e SCAN-mode del tracciato gascromatografico. Questa modalità permetterà di acquisire in un unico *run* due tracciati con il processamento simultaneo di VOCs e HC:

- VOCs Target: SIM-mode o SCAN-mode (con estrazione ionica da FULL SCAN).
- Frazioni Idrocarburiche: SIM-mode, SCAN-mode in modalità di processamento SCAN-ion o TIC.

La quantificazione avviene mediante metodo dello standard interno.

2.3.4 Determinazione dell'efficienza di desorbimento

Secondo quanto definito dal metodo di riferimento UNI CEN/TS 13649:2015, tenendo conto delle criticità sperimentate e riportate in Allegato A.

2.4 Interferenze e selettività

I componenti organici che hanno un tempo di ritenzione uguale o pressoché uguale all'analita di interesse potrebbero interferire durante l'analisi gascromatografica. Le interferenze vengono ridotte al minimo mediante scelta e selezione appropriata della colonna cromatografica e mediante l'impiego dello spettrometro di massa come rivelatore che, attraverso soprattutto, la modalità SIM (Selected Ion Monitoring) può consentire la determinazione quantitativa dei composti VOCs con un migliore rapporto segnale-rumore. La “selettività” (in termini di identificazione del target) può essere inoltre rafforzata dalla verifica delle abbondanze relative tra ione *Target* e ioni *Qualifier* e mediante l'acquisizione in modalità SCAN con successivo confronto degli spettri di massa del campione con quelli della libreria NIST acquisiti nelle medesime condizioni.

2.5 Manipolazione, conservazione, trasporto

– *Fiale a carbone (DS) e Tubi a DT*

Il trasporto e la conservazione dei campioni deve avvenire in contenitore refrigerato esente da contaminazione di solventi.

La conservazione dei campioni segue quanto definito dal metodo di riferimento UNI CEN/TS 13649:2015.

– *Canister e Vacuum Bottle*

I contenitori vanno conservati a temperatura ambiente lontano da fonti di calore e in ambienti privi di contaminazione da solventi

3 DETERMINAZIONE DI FRAZIONI IDROCARBURICHE AROMATICHE E ALIFATICHE

3.1 Campo di applicazione

Il metodo consente la determinazione in atmosfera del suolo (soil gas), flusso emesso da superficie (flux chamber), e aria ambiente di frazioni idrocarburiche alifatiche ed aromatiche in fase gassosa secondo approccio MADEP (Tabella 4)¹.

Tabella 4 – *Frazioni Idrocarburiche secondo approccio MADEP*

Frazioni idrocarburiche approccio MADEP
C5-C8 Alifatici
C9-C12 Alifatici
C9-C10 Aromatici

Sono previsti i seguenti supporti di campionamento:

- fiale a carboni attivi;
- tubi a desorbimento termico multisorbent/adsorbente specifico;
- canister, vacuum bottle.

Il campo di applicazione in termini di concentrazione sarà definito/verificato/validato in funzione delle prestazioni tecnico-analitiche del singolo laboratorio.

3.2 Riferimenti

- MADEP APH REV.1 2009. Method for the determination of AIR-PHASE petroleum Hydrocarbons (APH) Rev.1 2009.
- MADEP VPH REV.0 2017. MADEP VPH2017 Method for the determination of volatile petroleum Hydrocarbons (VPH) By Gas Chromatography/Mass Spectrometry.
- ISO 9377-2:2000. Qualità dell'acqua. Determinazione dell'indice di idrocarburi. Metodo mediante estrazione con solvente e gascromatografia
- UNI EN ISO 16703:2011. Qualità del suolo. Determinazione del contenuto di idrocarburi da C10 a C40 mediante gascromatografia.
- NIOSH 1550 1994. NAPHTHAS.
- Compendium Method EPA TO17 – 1999. Determination of Volatile Organic Compounds in Ambient Air Using Active Sampling Onto Sorbent Tubes.
- UNI EN ISO 16017-1:2002. Aria in ambienti confinati, aria ambiente ed aria negli ambienti di lavoro. Campionamento ed analisi di composti organici volatili mediante tubo

¹ Viste le criticità legate alla determinazione e speciazione degli idrocarburi in tutte le matrici ambientali (non ultima la difficoltà di reperire e/o “costruire” un materiale di riferimento idoneo), l'approccio suggerito di seguito rappresenta un metodo empirico volto al raggiungimento di un metodo condiviso con un dato riproducibile.

di adsorbimento/desorbimento termico/cromatografia gassosa capillare. Campionamento mediante aspirazione con pompa.

- UN CEN/TS 13649:2015. Emissioni da sorgente fissa - Determinazione della concentrazione in massa di singoli composti organici in forma gassosa - Metodo per adsorbimento seguito da estrazioni con solventi o desorbimento termico.
- Compendium Method EPA TO15 – 1999. Determination Of Volatile Organic Compounds (VOCs) In Air Collected In Specially-Prepared Canisters And Analyzed By Gas Chromatography/Mass Spectrometry (GC/MS).
- Clerici, L., Mongini, E., Robles, P., Dellavedova, P. and De Gregorio, M.A. (2015), GC/MS: A Valid Tool for Soil Gas Hydrocarbons Speciation. International Journal of Analytical Mass Spectrometry and Chromatography, 3, 54-62.
- Progettazione del monitoraggio di composti volatili nei siti contaminati – Allegato 1.
- Procedura operativa per la valutazione e l'utilizzo dei dati derivanti da misure di gas interstiziali nell'analisi di rischio dei siti contaminati – Appendice 1.
- Banca dati ISS-INAIL marzo 2018.

3.3 Principio

Nella misurazione dei singoli composti organici in fase gassosa sono previste tre fasi:

- il campionamento dell'effluente gassoso proveniente da: soil gas/flux chamber/aria ambiente;
- il trattamento del materiale campionato/supporto di campionamento;
- l'analisi chimica mediante gascromatografia accoppiata a spettrometro di massa.

3.3.1 Campionamento dell'effluente gassoso

I principi di campionamento sono i seguenti:

- Dovrebbe essere impedita la condensa d'acqua.
- Prima di avviare le attività di campionamento è necessario testare i supporti, (compreso i canister) quindi ogni lotto di campionamento dovrebbe essere accompagnato da un "*bianco di lotto*" che attesti la "bontà" e caratterizzi il fondo del supporto impiegato per il campionamento. Va analizzato come un campione e le quantità riscontrate non devono essere superiori al valore del LOQ
- Ogni lotto di campionamento, ad eccezione dei canister, deve essere accompagnato da un "*bianco di campo*" che caratterizzi il fondo ambientale intrinseco al momento del campionamento e durante le successive fasi di trasporto e stoccaggio del campione prima di essere sottoposto ad analisi chimica. Va analizzato come un campione.

3.3.2 Trattamento del materiale campionato

Il materiale organico (analita inquinante da determinare) deve essere desorbito dal supporto mediante tecniche analitiche che dipendono dal tipo di supporto (Tabella 5).

Tabella 5 – Supporti di campionamento per HC

Specifiche supporto di campionamento	Tecniche di desorbimento
Fiale a Carbone Attivo	Desorbimento con solvente
Tubi multisorbent/adsorbente specifico	Desorbimento termico
Canister, Vacuum Bottle	Criofoocalizzazione su trappola

3.3.3 *Trattamento del materiale campionato*

Una porzione del campione viene iniettata in un sistema GC dotato di una colonna capillare e di un rivelatore appropriato: rivelatore di massa selettivo. Le singole frazioni HC vengono “risolte” nei singoli idrocarburi costituenti mediante gascromatografia e acquisiti in massa in modalità SIM e/o SCAN.

Quando possibile, per una gestione semplificata delle attività routinarie si procede all’acquisizione simultanea SIM e SCAN-mode del tracciato gascromatografico. Questa modalità permetterà di acquisire in un unico *run* due tracciati con il processamento simultaneo di VOCs e HC:

- Frazioni Idrocarburiche: SIM-mode, SCAN in modalità di processamento SCAN-ion o TIC.
- VOCs Target: SIM-mode o SCAN-mode (con estrazione ionica da FULL SCAN).

La quantificazione avviene mediante metodo dello standard interno.

L’approccio tecnico-analitico di determinazione/speciazione delle frazioni idrocarburiche indicato di seguito è unico per tutte le tecniche di campionamento e analisi in uso (canister, fiale a DS, tubi a TD) al fine di annullare differenze dovute ai diversi approcci di determinazione/speciazione che si andrebbero ad aggiungere alle variabilità intrinseche delle diverse tecniche di campionamento e analisi.

L’approccio inoltre ha lo scopo di riprendere le modalità tecnico-analitiche dei metodi ad oggi in uso per la determinazione/speciazione delle frazioni idrocarburiche nelle matrici terreni e acque, sorgente di contaminazione per soil gas, flux chamber e aria ambiente, al fine restituire maggiore confrontabilità e robustezza ai dati nell’intero scenario contaminato (suolo-acqua-matrici aeriformi)

3.3.4 *Determinazione dell’efficienza di desorbimento*

Secondo quanto definito dal metodo di riferimento UNI CEN/TS 13649:2015, tenendo conto delle criticità sperimentate e riportate in Allegato A.

3.4 Interferenze e selettività

Il metodo è in grado di rilevare alcuni composti organici non associati/attribuibili al rilascio di prodotti petroliferi, come solventi clorurati, chetoni ed eteri che quindi contribuiscono alla risposta collettiva delle frazioni idrocarburiche aromatiche e alifatiche da determinare. Questi composti interferenti vanno quindi esclusi dalla sommatoria (Tabella 6).

Tabella 6 – Composti organici non petroliferi

Range Idrocarburi	Composti potenzialmente non APH (idrocarburi petroliferi in fase vapore - Air Phase Petroleum Hydrocarbons)
Idrocarburi Alifatici C ₅ -C ₈	Acetone può interferire/co-eluire (riportare in soluzione) Isopentano
Idrocarburi Alifatici C ₉ -C ₁₂	Alcool isopropilico, metil etil chetone, tricloroetene, tetracloroetene, tetraidrofurano, esanale, 1-butanolo, esametilsilossano
Idrocarburi Aromatici C ₉ -C ₁₀	Terpeni (come α-pinene, d-limonene), fenolo, benzaldeide, aldeidi a normal catena, 2-etil-1-esanolo, silossani, diclorobenzeni

L'impiego dello spettrometro di massa come rivelatore permette l'identificazione dei singoli composti costituenti le frazioni idrocarburiche mediante confronto con gli spettri in libreria NIST acquisiti nelle medesime condizioni.

3.5 Reagenti e soluzioni di riferimento

– *Materiali di riferimento per la taratura analitica*

Ai fini della taratura i materiali di riferimento devono essere preparati per diluizioni successive da una madre certificata nel solvente di estrazione dei campioni.

Nella Tabella 7 è riportata la miscela Standard di Riferimento Certificata per la quantificazione delle frazioni idrocarburiche.

Tabella 7 – Miscela standard di riferimento per la quantificazione delle frazioni idrocarburiche

Idrocarburi Alifatici C ₅ -C ₈	n-pentano (normal-pentano) o isopentano n-esano (normal-esano) cicloesano 2,3-dimetilpentano n-eptano (normal-eptano) n-ottano (normal-ottano)
Idrocarburi Alifatici C ₉ -C ₁₂	2,3-dimetilpentano n-nonano (normal-nonano) n-decano (normal-decano) n-undecano (normal-undecano) n-dodecano (normal-dodecano) butilcicloesano
Idrocarburi Aromatici C ₉ -C ₁₀	isopropilbenzene 1-metil-3-etilbenzene 1,3,5-trimetilbenzene 1,2,4-trimetilbenzene p-isopropiltoluene

La taratura prevede la somma delle aree e delle concentrazioni dei singoli target costituenti le singole frazioni.

3.6 Manipolazione, conservazione, trasporto

– *Fiale a carbone (DS) e Tubi a DT*

Il trasporto e la conservazione dei campioni deve avvenire in contenitore refrigerato esente da contaminazione di solventi.

– *Canister, Vacuum Bottle*

I contenitori vanno conservati a temperatura ambiente lontano da fonti di calore e in ambienti privi di contaminazione da solventi

3.7 Analisi GC-MS

– *Acquisizione e quantificazione campione*

L'acquisizione e il processamento quantitativo delle frazioni idrocarburiche nel campione può avvenire secondo le seguenti modalità:

- SCAN-mode con modalità di processamento SCAN-ion.
- SIM-mode.
- SCAN-mode o TIC.

La quantificazione avviene mediante il metodo dello Standard Interno

– *Modalità di integrazione*

Per continuità e coerenza con i risultati di contenuto idrocarburico riscontrato nelle matrici acque e terreno, sorgenti di contaminazione per tutte le linee di evidenza, l'integrazione dei tracciati gascromatografici delle frazioni idrocarburiche delle matrici aeriformi seguirà lo stesso principio di integrazione definito nei metodi ufficiali di riferimento relativi alle suddette matrici ambientali (APH 2009; EPA 8015D; MADEP VPH2004; MADEP VPH2017; ISO 9377-2:2000 – Qualità Acque; UNI EN ISO 16703:2011 – Qualità Suolo; Total Petroleum Hydrocarbons Criteria Working Group Series TPHWG” – Volume 1)

Si estende quindi alle matrici aeriformi derivanti da tutte le linee di evidenza le modalità di integrazione della sorgente (suolo e acqua di falda). L'integrazione dovrà avere inizio sulla linea di base comprendendo quindi l'intera area sottesa alla “campana di picchi non risolti”, indice di contenuto e miscela complessa di idrocarburi.

Grazie all'impiego del rivelatore spettrometro di massa ogni frazione viene poi scandagliata picco-picco per verifica/riconoscimento/conferma della composizione idrocarburica e conseguente, ove necessario, sottrazione dei target e/o specie chimiche non facenti parte delle frazioni idrocarburiche, secondo quanto definito dai metodi di riferimento di cui al §3.2 e al §3.4 del presente documento.

4 DETERMINAZIONE DI IDROCARBURI POLICICLICI AROMATICI (IPA)

4.1 Campo di applicazione

Il metodo consente la determinazione in atmosfera del suolo (soil gas), flusso emesso da superficie (flux chamber), e aria ambiente di Idrocarburi Policiclici Aromatici in fase gassosa:

- Naftalene
- Acenaftilene
- Acenaftene
- Antracene
- Fenantrene
- Fluorene

Il supporto di campionamento utilizzato è il seguente:

- Fiale contenenti resina XAD-2.

Il campo di applicazione in termini di concentrazione sarà definito/verificato/validato in funzione delle prestazioni tecnico-analitiche del singolo laboratorio.

4.2 Riferimenti

- NIOSH 5515:1994. Polynuclear Aromatic Hydrocarbons by GC.
- NIOSH 5506:1998. Polynuclear Aromatic Hydrocarbons by HPLC.
- EPA 8270D. Semivolatile Organic Compounds by Gascromatography/Mass Spectrometry (GC/MS).
- Compendium Method TO13. Determination of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs) in Ambient Air Using Gas Chromatography/Mass Spectrometry (GC/MS).
- Progettazione del monitoraggio di composti volatili nei siti contaminati – Allegato 1.
- Procedura operativa per la valutazione e l'utilizzo dei dati derivanti da misure di gas interstiziali nell'analisi di rischio dei siti contaminati – Appendice 1.
- Banca dati ISS-INAIL marzo 2018.

4.3 Principio

Nella misurazione degli IPA in fase gassosa sono previste tre fasi:

- il campionamento dell'effluente gassoso: soil gas/flux chamber/aria ambiente;
- il trattamento del materiale campionato/supporto di campionamento;
- l'analisi chimica mediante gascromatografia accoppiata a spettrometro di massa o HPLC-Fluorimetro.

4.3.1 Campionamento dell'effluente gassoso

I principi di campionamento sono i seguenti:

- Dovrebbe essere impedita la condensa d'acqua.
- Prima di avviare le attività di campionamento è necessario testare i supporti, (compresi canister e vacuum bottle) quindi ogni lotto di campionamento dovrebbe essere accompagnato da un "*bianco di lotto*" che attesti la "bontà" e caratterizzi il fondo del supporto impiegato per il campionamento. Va analizzato come un campione e le quantità riscontrate non devono essere superiori al valore del LOQ
- Ogni lotto di campionamento, ad eccezione dei canister, deve essere accompagnato da un "*bianco di campo*" che caratterizzi il fondo ambientale intrinseco al momento del campionamento e durante le successive fasi di trasporto e stoccaggio del campione prima di essere sottoposto ad analisi chimica. Va analizzato come un campione.

4.3.2 *Trattamento del materiale campionato*

Il materiale organico (analita inquinante da determinare) deve essere desorbito dal supporto mediante tecniche analitiche che dipendono dal tipo di supporto (Tabella 8).

Tabella 8 – Supporti di campionamento per IPA

Analita/Classe Analita	Supporto di campionamento
IPA	Fiale a DS

4.3.3 *Analisi chimica*

L'analisi chimica prevede due possibili tecniche analitiche:

- GC-MS SIM-mode e quantificazione mediante metodo dello Standard Interno.
- HPLC-Fluorimetro.

4.3.4 *Determinazione dell'efficienza del desorbimento*

Secondo quanto definito dai metodi di riferimento NIOSH 5515:1994 e NIOSH 5506:1998.

4.4 **Interferenze e selettività**

I componenti organici che hanno un tempo di ritenzione uguale o pressoché uguale all'analita di interesse potrebbero interferire durante l'analisi cromatografica (GC/HPLC). Le interferenze vengono ridotte al minimo mediante scelta e selezione appropriata della colonna cromatografica.

Nel caso di analisi in GC-MS l'impiego dello spettrometro di massa come rivelatore, soprattutto in modalità SIM (Selected Ion Monitoring), può consentire la determinazione quantitativa dei composti IPA con un migliore rapporto segnale-rumore. La "selettività" (in termini di identificazione del target) può essere inoltre rafforzata dalla verifica delle abbondanze relative tra ione *Target* e ioni *Qualifier* e mediante l'acquisizione in modalità SCAN con successivo confronto degli spettri di massa del campione con quelli della libreria NIST acquisiti nelle medesime condizioni.

Calore, ozono, NO₂, o luce UV possono causare fenomeni di degradazione del campione.

4.5 **Manipolazione, conservazione, trasporto**

Il trasporto e la conservazione dei campioni deve avvenire in contenitore refrigerato esente da contaminazione.

5 DETERMINAZIONE DI PIOMBO TETRAETILE (TEL)

5.1 Campo di applicazione

Il metodo consente la determinazione in atmosfera del suolo (soil gas), flusso emesso da superficie (flux chamber), e aria ambiente di Piombo Tetraetile in fase gassosa e campionato sul seguente supporto di campionamento:

- Fiale contenenti resina XAD-2

Il campo di applicazione in termini di concentrazione sarà definito/verificato/validato in funzione delle prestazioni tecnico-analitiche del singolo laboratorio.

5.2 Riferimenti

- NIOSH 2533:1994. TETRAETHYL LEAD (as Pb)
- EPA 8260C. Volatile Organic Compounds by Chromatography/ Mass Spectrometry (GC/MS)
- Progettazione del monitoraggio di composti volatili nei siti contaminati – Allegato 1.
- Procedura operativa per la valutazione e l'utilizzo dei dati derivanti da misure di gas interstiziali nell'analisi di rischio dei siti contaminati – Appendice 1.
- Banca dati ISS-INAIL marzo 2018.

5.3 Principio

Nella misurazione del Piombo Tetraetile organici in fase gassosa sono previste tre fasi:

- il campionamento dell'effluente gassoso proveniente da: soil gas/flux chamber/aria ambiente;
- il trattamento del materiale campionato/supporto di campionamento;
- l'analisi chimica mediante gascromatografia accoppiata a spettrometro di massa.

5.3.1 Campionamento dell'effluente gassoso

I principi di campionamento sono i seguenti:

- Dovrebbe essere impedita la condensa d'acqua.
- Prima di avviare le attività di campionamento è necessario testare i supporti, (compresi canister e bottle vac) quindi ogni lotto di campionamento dovrebbe essere accompagnato da un "*bianco di lotto*" che attesti la "bontà" e caratterizzi il fondo del supporto impiegato per il campionamento. Va analizzato come un campione e le quantità riscontrate non devono essere superiori al valore del LOQ
- Ogni lotto di campionamento, ad eccezione dei canister, deve essere accompagnato da un "*bianco di campo*" che caratterizzi il fondo ambientale intrinseco al momento del campionamento e durante le successive fasi di trasporto e stoccaggio del campione prima di essere sottoposto ad analisi chimica. Va analizzato come un campione.

5.3.2 *Trattamento del materiale campionato*

Il materiale organico (analita inquinante da determinare) deve essere desorbito dal supporto mediante tecniche analitiche che dipendono dal tipo di supporto (Tabella 9).

Tabella 9 – *Supporti di campionamento per IPA*

Analita/Classe Analita	Supporto di campionamento
Piombo Tetraetile	Fiale a DS

5.3.3 *Analisi chimica*

L'analisi chimica prevede la tecnica:

- GC-MS in SIM-mode

La quantificazione avviene mediante il metodo dello Standard Interno

5.3.4 *Determinazione dell'efficienza del desorbimento*

Secondo quanto definito dal metodo di riferimento NIOSH 2533:1994.

5.4 **Interferenze e selettività**

I componenti organici che hanno un tempo di ritenzione uguale o pressoché uguale all'analita di interesse potrebbero interferire durante l'analisi gascromatografica. Le interferenze vengono ridotte al minimo mediante scelta e selezione appropriata della colonna cromatografica e mediante l'impiego dello spettrometro di massa come rivelatore che attraverso, soprattutto la modalità SIM (Selected Ion Monitoring), può consentire la determinazione quantitativa del composto d'interesse con un migliore rapporto segnale-rumore. La "selettività" (in termini di identificazione del target) può essere inoltre rafforzata dalla verifica delle abbondanze relative tra ione *Target* e ioni *Qualifier* e mediante l'acquisizione in modalità SCAN con successivo confronto degli spettri di massa del campione con quelli della libreria NIST acquisiti nelle medesime condizioni.

5.5 **Manipolazione, conservazione, trasporto**

Il trasporto e la conservazione dei campioni deve avvenire in contenitore refrigerato esente da contaminazione.

6 DETERMINAZIONE DI MERCURIO

6.1 Campo di applicazione

Il metodo consente la determinazione in atmosfera del suolo (soil gas), flusso emesso da superficie (flux chamber), e aria ambiente di Mercurio in fase gassosa e campionato sul seguente supporto di campionamento:

- Fiale contenenti Hopcalite

Il campo di applicazione in termini di concentrazione sarà definito/verificato/validato in funzione delle prestazioni tecnico-analitiche del singolo laboratorio.

6.2 Riferimenti

- NIOSH 6009:1994. Mercury
- Progettazione del monitoraggio di composti volatili nei siti contaminati – Allegato 1.
- Procedura operativa per la valutazione e l'utilizzo dei dati derivanti da misure di gas interstiziali nell'analisi di rischio dei siti contaminati – Appendice 1.
- Banca dati ISS-INAIL marzo 2018.

6.3 Principio

Nella misurazione del mercurio in fase gassosa sono previste tre fasi. Esse sono:

- il campionamento dell'effluente gassoso: soil gas/flux chamber/aria ambiente;
- il trattamento del materiale campionato/supporto di campionamento;
- l'analisi chimica mediante FIAS-AAS.

6.3.1 Campionamento dell'effluente gassoso

I principi di campionamento sono i seguenti:

- Dovrebbe essere impedita la condensa d'acqua.
- Prima di avviare le attività di campionamento è necessario testare i supporti, (compresi canister e bottle vac) quindi ogni lotto di campionamento dovrebbe essere accompagnato da un "*bianco di lotto*" che attesti la "bontà" e caratterizzi il fondo del supporto impiegato per il campionamento. Va analizzato come un campione e le quantità riscontrate non devono essere superiori al valore del LOQ
- Ogni lotto di campionamento, ad eccezione dei canister, deve essere accompagnato da un "*bianco di campo*" che caratterizzi il fondo ambientale intrinseco al momento del campionamento e durante le successive fasi di trasporto e stoccaggio del campione prima di essere sottoposto ad analisi chimica. Va analizzato come un campione.

6.3.2 Trattamento del materiale campionato

Il mercurio viene determinato mediante attacco acido del supporto (Hopcalite) (Tabella 10).

Tabella 10 – *Supporti di campionamento per Hg*

Analita/Classe Analita	Supporto di campionamento	Specifiche supporto di campionamento
Hg	Fiale ad attacco acido	Hopcalite

6.3.3 *Analisi chimica*

L'analisi chimica prevede l'impiego della tecnica dei Vapori Freddi e Assorbimento Atomico:

- Mercurio $\lambda=253.7\text{nm}$

6.3.4 *Determinazione dell'efficienza di desorbimento*

Secondo quanto definito dal metodo di riferimento NIOSH 6009:1994.

6.4 **Interferenze e selettività**

La determinazione del mercurio avviene mediante tecnica dei vapori freddi-AAS garantendo massima selettività e una determinazione quasi del tutto univoca dell'analita di interesse.

6.5 **Manipolazione, conservazione, trasporto**

Il trasporto e la conservazione dei campioni deve avvenire in contenitore refrigerato esente da contaminazione.

ALLEGATO A – ESTRAZIONE CON SOLVENTE DI COMPOSTI ORGANICI VOLATILI DA CARBONE ATTIVO: EFFICIENZA ESTRATTIVA

L'efficienza estrattiva di VOCs da supporto carbone attivo mediante estrazione con solvente (solfo di carbonio – CS₂) dovrebbe essere maggiore dell'80% (UNI EN 13649 del Marzo 2015). Tuttavia l'esperienza apportata dai diversi componenti del gruppo e le sperimentazioni svolte durante le attività del Gruppo di Lavoro Soil Gas 9bis hanno evidenziato diverse criticità circa la reale efficienza estrattiva di alcuni composti organici volatili da carbone attivo, quali ad esempio: stirene, diclorobenzene, esaclorobutadiene, 1,1,2,2-tetracloroetano. In linea generale, tali criticità (tipologia e marca di carbone, lotti di produzione nonché volatilità e proprietà chimico-fisiche degli analiti) possono restituire delle stime sui recuperi reali di composti aromatici e alogenati intorno o anche molto inferiori al 50%.

La sperimentazione si è basata sullo studio dell'efficienza estrattiva di VOCs fortificando le fiale a carbone attivo con uno standard gassoso certificato.

Per rendere più robusto il dato del recupero sarebbe opportuno ripetere lo studio con un maggior numero di prove nonché estendere l'esperimento ad altri parametri di cui alla Banca Dati ISS/INAIL/ISPRA come ad esempio, alle frazioni MADEP degli idrocarburi alifatici (C5-C8 e C9-C12) e idrocarburi aromatici (C9-C10 e C11-C12).

Inoltre, per molti composti potrebbe non trattarsi solo di un problema legato al recupero dal supporto ma anche alla reale possibilità che quel singolo composto possa, in determinate condizioni ambientali, passare allo stato aeriforme in funzione delle proprie caratteristiche chimico-fisiche. Un approfondimento di dette problematiche non è stato ancora avviato dal gruppo di lavoro ma sarebbe auspicabile una conoscenza del fenomeno con sperimentazioni su alcuni composti come ad es. la frazione degli idrocarburi aromatici C11- C12 non considerata fra gli inquinanti inclusi nella norma MADEP (APH) 2009, ma prevista dalla Banca Dati ISS-INAIL di marzo 2008.

ALLEGATO B – TABELLA DI CONFRONTO TRA LE CONCENTRAZIONI SOGLIA DEI GAS INTERSTIZIALI E I MITI DI QUANTIFICAZIONE DELLE METODICHE ANALITICHE (LOQ) E DI CAMPIONAMENTO IN FUNZIONE DEI VOLUMI PRELEVATI

La tabella di confronto vuole rappresentare uno strumento utile per progettare e pianificare le indagini di monitoraggio, ovvero, per definire le metodiche di campionamento con la relativa scelta dei supporti, in funzione delle caratteristiche specifiche del sito. E' altresì uno strumento utile per ottenere risultati "utilizzabili" all'interno dell'analisi di rischio e la gestione del dato nell'ambito del procedimento di bonifica.

I LOQ indicati rappresentano soltanto dei "valori indicativi" che potrebbero essere soggetti a variazioni dovute ad esempio a diverse performance e/o variabilità strumentali nel tempo (per acquisizione di nuova strumentazione o per inevitabile obsolescenza della strumentazione in essere da parte dei vari laboratori).

Sostanza	Numero CAS	C _{soglia} soil gas [mg/m ³]			C _{soglia} soil gas [mg/m ³]			Limiti di quantificazione in base alle condizioni strumentali (Campionamento e analisi)					
		Esposizione indoor (alfa = 0,1)			Esposizione outdoor (alfa = 0,1)			Desorbimento Chimico		Desorbimento Termico		EPA TO15 Canister Vacuum Bottle	
		Residenziale	Ricreativo	Commerciale/ Industriale	Residenziale	Ricreativo	Commerciale/ Industriale	LOQ Strument. [mg/m ³]	LOQ [ug/camp.]	LOQ Strument. [mg/m ³]	LOQ [ug/camp.]	LOQ Strument. [mg/m ³]	LOQ [ppbV]
Microinquinanti inorganici													
Cianuri	57-12-5	8,94E-03	1,43E-01	3,50E-02	1,05E-01	2,22E-01	3,50E-02	ND	-	ND	-	ND	-
Microinquinanti inorganici								LOQ Strument. [mg/m ³] V=24 litri	LOQ [ug/camp.] F=hopcalite VS = 5 ML	LOQ Strument. [mg/m ³]	LOQ [ug/camp.]	LOQ Strument. [mg/m ³]	LOQ [ppbV]
Mercurio elementare	7439-97-6	3,35E-03	5,36E-02	1,31E-02	3,95E-02	8,34E-02	1,31E-02	4,50E-04	0,01	ND	-	ND	-
Aromatici								LOQ Strument. [mg/m ³] V=30 litri	LOQ [ug/camp.] F=c.a. (100/50 mg) VS=1ML	LOQ Strument. [mg/m ³] V=7 litri	LOQ [ng/camp.] T multis.	LOQ Strument. [mg/m ³]	LOQ [ppbV]
Benzene	71-43-2	3,31E-03	6,42E-02	1,57E-02	7,18E-02	8,57E-02	1,57E-02	3,33E-03	0,1	1,43E-03	10	3,20E-03	1
Etilbenzene	100-41-4	1,03E-02	2,00E-01	4,91E-02	2,24E-01	2,67E-01	4,91E-02	3,33E-03	0,1	7,14E-04	5	4,30E-03	1
Stirene	100-42-5	5,16E-02	1,00E+00	2,45E-01	1,12E+00	1,34E+00	2,45E-01	1,67E-01	5	7,14E-04	5	6,40E-03	1,5
Toluene	108-88-3	5,59E+01	8,94E+02	2,19E+02	6,59E+02	1,39E+03	2,19E+02	3,33E-03	0,1	7,14E-04	5	3,80E-03	1
m-Xilene	108-38-3	1,12E+00	1,79E+01	4,38E+00	1,32E+01	2,78E+01	4,38E+00	6,66E-03	0,2	7,14E-04	5	8,60E-03	2
o-Xilene	95-47-6	1,12E+00	1,79E+01	4,38E+00	1,32E+01	2,78E+01	4,38E+00	3,33E-03	0,1	7,14E-04	5	4,30E-03	1

p-Xilene	106-42-3	1,12E+00	1,79E+01	4,38E+00	1,32E+01	2,78E+01	4,38E+00	6,66E-03	0,2	7,14E-04	5	8,60E-03	2
Xileni	1330-20-7	1,12E+00	1,79E+01	4,38E+00	1,32E+01	2,78E+01	4,38E+00	ND	-	ND	-	ND	-
Aromatici policiclici								LOQ Strument. [mg/m³] V=36 litri	LOQ [ug/camp.] F=XAD-2 (100/50mg) VS=2ML	LOQ Strument. [mg/m³] V=7 litri	LOQ [ng/camp.] T multis.	LOQ Strument. [mg/m³]	LOQ [ppbV]
Acenaftene	83-32-9	3,35E-02	5,36E-01	1,31E-01	3,95E-01	8,34E-01	1,31E-01	2,78E-03	0,1	ND	-	ND	-
Acenaftilene	208-96-8	3,35E-02	5,36E-01	1,31E-01	3,95E-01	8,34E-01	1,31E-01	2,78E-03	0,1	ND	-	ND	-
Antracene	120-12-7	3,35E-02	5,36E-01	1,31E-01	3,95E-01	8,34E-01	1,31E-01	2,78E-03	0,1	ND	-	ND	-
Fenantrene	85-01-8	3,35E-02	5,36E-01	1,31E-01	3,95E-01	8,34E-01	1,31E-01	2,78E-03	0,1	ND	-	ND	-
Fluorene	86-73-7	3,35E-02	5,36E-01	1,31E-01	3,95E-01	8,34E-01	1,31E-01	2,78E-03	0,1	ND	-	ND	-
Naftalene	91-20-3	7,59E-04	1,47E-02	3,61E-03	1,65E-02	1,97E-02	3,61E-03	2,78E-03	0,1	7,14E-03	50	2,60E-03	0,5
Alifatici clorurati								LOQ Strument. [mg/m³] V=30 litri	LOQ [ug/camp.] F=c.a. (100/50 mg) VS=1ML	LOQ Strument. [mg/m³] V=7 litri	LOQ [ng/camp.] T multis.	LOQ Strument. [mg/m³]	LOQ [ppbV]
1,1,2-Tricloroetano	79-00-5	1,61E-03	3,13E-02	7,67E-03	2,63E-02	4,18E-02	7,67E-03	3,33E-03	0,1	7,14E-04	5	2,73E-03	0,5
1,1-Dicloroetilene	75-35-4	2,23E+00	3,58E+01	8,76E+00	2,63E+01	5,56E+01	8,76E+00	1,67E-01	5	7,14E-04	5	3,96E-03	1
1,2,3-Tricloropropano	96-18-4	3,35E-03	5,36E-02	1,31E-02	3,95E-02	8,34E-02	1,31E-02	3,33E-03	0,1	7,14E-04	5	ND	-
1,2-Dicloroetano	107-06-2	9,93E-04	1,93E-02	4,72E-03	2,15E-02	2,57E-02	4,72E-03	3,33E-03	0,1	7,14E-04	5	2,00E-03	0,5
Clorometano	74-87-3	1,43E-02	2,78E-01	6,81E-02	3,11E-01	3,72E-01	6,81E-02	1,67E-01	5	ND	-	2,07E-03	1
Cloruro di vinile	75-01-4	4,99E-03	1,06E-01	2,79E-02	1,12E-01	1,36E-01	2,79E-02	1,67E-01	5	7,14E-03	50	1,28E-03	0,5
Diclorometano	75-09-2	1,13E+00	3,10E+01	1,23E+01	3,02E+01	3,12E+01	1,23E+01	1,67E+00	50	7,14E-03	50	3,47E-03	1
Tetracloroetilene (PCE)	127-18-4	9,93E-02	1,93E+00	4,72E-01	2,15E+00	2,57E+00	4,72E-01	3,33E-03	0,1	7,14E-04	5	6,78E-03	1
Tricloroetilene	79-01-6	2,76E-03	7,55E-02	2,99E-02	7,35E-02	7,60E-02	2,99E-02	3,33E-03	0,1	7,14E-04	5	5,39E-03	1
Triclorometano	67-66-3	1,12E-03	2,18E-02	5,33E-03	2,43E-02	2,91E-02	5,33E-03	3,33E-03	0,1	7,14E-04	5	2,44E-03	0,5
1,1,2,2-Tetracloroetano	79-34-5	4,45E-04	8,63E-03	2,11E-03	9,65E-03	1,15E-02	2,11E-03	ND	-	7,14E-04	5	1,00E-02	1,5
1,1,1-Tricloroetano	71-55-6	5,59E+01	8,94E+02	2,19E+02	6,59E+02	1,39E+03	2,19E+02	3,33E-03	0,1	1,40E-03	10	5,46E-03	1
1,1-Dicloroetano	75-34-3	7,82E-02	1,25E+00	3,07E-01	9,22E-01	1,95E+00	3,07E-01	1,67E-01	5	7,14E-04	5	4,05E-03	1
1,2-Dicloropropano	78-87-5	6,98E-03	1,35E-01	3,31E-02	1,51E-01	1,81E-01	3,31E-02	3,33E-03	0,1	7,14E-04	5	2,30E-03	0,5

1,2-Dicloroetilene	156-59-2	6,70E-01	1,07E+01	2,63E+00	7,90E+00	1,67E+01	2,63E+00	1,67E-01	5	7,14E-04	5	3,97E-03	1
Esaclorobutadiene	87-68-3	3,91E-02	6,26E-01	1,53E-01	4,61E-01	9,73E-01	1,53E-01	ND	-	7,14E-03	50	ND	
Alifatici alogenati cancerogeni								LOQ Strument. [mg/m³] V=30 litri	LOQ [ug/camp.] F=c.a. (100/50 mg) VS=1ML	LOQ Strument. [mg/m³] V=7 litri	LOQ [ng/camp.] T multitis.	LOQ Strument. [mg/m³]	LOQ [ppbV]
1,2-Dibromoetano	106-93-4	4,30E-05	8,34E-04	2,04E-04	9,33E-04	1,11E-03	2,04E-04	3,33E-03	0,1	7,14E-04	5	3,84E-03	0,5
Bromodiclorometano	75-27-4	6,98E-04	1,35E-02	3,31E-03	1,51E-02	1,81E-02	3,31E-03	3,33E-03	0,1	7,14E-04	5	3,35E-03	0,5
Dibromoclorometano	124-48-1	7,82E-01	1,25E+01	3,07E+00	9,22E+00	1,95E+01	3,07E+00	3,33E-03	0,1	7,14E-04	5	8,52E-03	1
Tribromometano (Bromoformio)	75-25-2	7,82E-01	1,25E+01	3,07E+00	9,22E+00	1,95E+01	3,07E+00	3,33E-03	0,1	7,14E-04	5	1,03E-02	1
Nitrobenzeni								LOQ Strument. [mg/m³]	LOQ [ug/camp.]	LOQ Strument. [mg/m³] V=7 litri	LOQ [ng/camp.] T multitis.	LOQ Strument. [mg/m³]	LOQ [ppbV]
Nitrobenzene	98-95-3	6,45E-04	1,25E-02	3,07E-03	1,40E-02	1,67E-02	3,07E-03	ND	-	7,14E-03	50	ND	-
Clorobenzeni								LOQ Strument. [mg/m³] V=30 litri	LOQ [ug/camp.] F=c.a. (100/50 mg) VS=1ML	LOQ Strument. [mg/m³] V=7 litri	LOQ [ng/camp.] T multitis.	LOQ Strument. [mg/m³]	LOQ [ppbV]
1,2,4,5-Tetraclorobenzene	95-94-3	1,17E-02	1,88E-01	4,60E-02	1,38E-01	2,92E-01	4,60E-02	ND	-	7,14E-03	50	ND	-
1,2,4-Triclorobenzene	120-82-1	2,23E-02	3,58E-01	8,76E-02	2,63E-01	5,56E-01	8,76E-02	ND	-	7,14E-03	50	7,42E-03	1
1,2-Diclorobenzene	95-50-1	2,23E+00	3,58E+01	8,76E+00	2,63E+01	5,56E+01	8,76E+00	ND	-	7,14E-04	5	ND	
1,4-Diclorobenzene	106-46-7	2,35E-03	4,55E-02	1,11E-02	5,09E-02	6,08E-02	1,11E-02	3,33E-03	0,1	7,14E-04	5	ND	
Esaclorobenzene	118-74-1	5,61E-05	1,09E-03	2,67E-04	1,22E-03	1,45E-03	2,67E-04	ND	-	ND		ND	-
Monoclorobenzene	108-90-7	5,59E-01	8,94E+00	2,19E+00	6,59E+00	1,39E+01	2,19E+00	3,33E-03	0,1	7,14E-04	5	4,61E-03	1
Pentaclorobenzene	608-93-5	3,13E-02	5,01E-01	1,23E-01	3,69E-01	7,79E-01	1,23E-01	ND	-	7,14E-03	50	ND	-
Fenoli non clorurati								LOQ Strument. [mg/m³] V=5 litri	LOQ [ug/camp.] F=XAD-7 (100/50mg) VS=2ML	LOQ Strument. [mg/m³]	LOQ [ug/camp.]	LOQ Strument. [mg/m³]	LOQ [ppbV]
Fenolo	108-95-2	2,23E+00	3,58E+01	8,76E+00	2,63E+01	5,56E+01	8,76E+00	4,00E-01	2	ND	-	ND	-

m-Metilfenolo	108-39-4	6,70E+00	1,07E+02	2,63E+01	7,90E+01	1,67E+02	2,63E+01	4,00E-01	2	ND	-	ND	-
o-Metilfenolo	95-48-7	6,70E+00	1,07E+02	2,63E+01	7,90E+01	1,67E+02	2,63E+01	4,00E-01	2	ND	-	ND	-
p-Metilfenolo	106-44-5	6,70E+00	1,07E+02	2,63E+01	7,90E+01	1,67E+02	2,63E+01	4,00E-01	2	ND	-	ND	-
Metilfenoli	1319-77-3	6,70E+00	1,07E+02	2,63E+01	7,90E+01	1,67E+02	2,63E+01	ND	-	ND	-	ND	-
Fenoli clorurati								LOQ Strument. [mg/m³]	LOQ [ug/camp.]	LOQ Strument. [mg/m³]	LOQ [ug/camp.]	LOQ Strument. [mg/m³]	LOQ [ppbV]
2,4-Diclorofenolo	120-83-2	1,17E-01	1,88E+00	4,60E-01	1,38E+00	2,92E+00	4,60E-01	ND	-	ND	-	ND	-
2-Clorofenolo	95-57-8	5,59E-01	8,94E+00	2,19E+00	6,59E+00	1,39E+01	2,19E+00	ND	-	ND	-	ND	-
Ammine aromatiche								LOQ Strument. [mg/m³]	LOQ [ug/camp.]	LOQ Strument. [mg/m³]	LOQ [ug/camp.]	LOQ Strument. [mg/m³]	LOQ [ppbV]
Anilina	62-53-3	1,12E-02	1,79E-01	4,38E-02	1,32E-01	2,78E-01	4,38E-02	ND	-	ND	-	ND	-
m,p-Anisidina	536-90-3	6,45E-04	1,25E-02	3,07E-03	1,40E-02	1,67E-02	3,07E-03	ND	-	ND	-	ND	-
o-Anisidina	90-04-0	6,45E-04	1,25E-02	3,07E-03	1,40E-02	1,67E-02	3,07E-03	ND	-	ND	-	ND	-
p-Toluidina	106-49-0	5,06E-04	9,82E-03	2,40E-03	1,10E-02	1,31E-02	2,40E-03	ND	-	ND	-	ND	-
Idrocarburi (Classificazione TPHCWG)								LOQ Strument. [mg/m³]	LOQ [ug/camp.]	LOQ Strument. [mg/m³]	LOQ [ug/camp.]	LOQ Strument. [mg/m³]	LOQ [ppbV]
Alifatici C 5-6		7,49E+00	1,20E+02	7,49E+00	8,83E+01	1,86E+02	2,93E+01	ND	-	ND	-	ND	-
Alifatici C >6-8		7,49E+00	1,20E+02	7,49E+00	8,83E+01	1,86E+02	2,93E+01	ND	-	ND	-	ND	-
Alifatici C >8-10		5,59E+00	8,94E+01	5,59E+00	6,59E+01	1,39E+02	2,19E+01	ND	-	ND	-	ND	-
Alifatici C >10-12		5,59E+00	8,94E+01	5,59E+00	6,59E+01	1,39E+02	2,19E+01	ND	-	ND	-	ND	-
Aromatici C > 7-8		2,12E+01	3,40E+02	2,12E+01	2,50E+02	5,28E+02	8,32E+01	ND	-	ND	-	ND	-
Aromatici C >8-10		2,23E+00	3,58E+01	2,23E+00	2,63E+01	5,56E+01	8,76E+00	ND	-	ND	-	ND	-
Aromatici C >10-12		2,23E+00	3,58E+01	2,23E+00	2,63E+01	5,56E+01	8,76E+00	ND	-	ND	-	ND	-
Idrocarburi (Classificazione MADEP)								LOQ Strument. [mg/m³] V=30 litri	LOQ [ug/camp.] F=c.a. (100/50 mg) VS=1ML	LOQ Strument. [mg/m³] V=7 litri	LOQ [ng/camp.] T multitis.	LOQ Strument. [mg/m³]	LOQ [ppbV]
Alifatici C5-C8		2,23E+00	3,57E+01	2,23E+00	2,63E+01	5,55E+01	8,74E+00	6,70E-01	20	2,14E-02	150	2,30E-02	1
Alifatici C9-C12		2,23E+00	3,57E+01	2,23E+00	2,63E+01	5,55E+01	8,74E+00	6,70E-01	20	2,86E-02	200	2,40E-02	1

Aromatici C9-C10		2,79E-01	4,47E+00	1,10E+00	3,29E+00	6,95E+00	1,10E+00	3,33E-01	10	1,43E-02	100	1,50E-02	1
Aromatici C11-C12		2,79E-01	4,47E+00	1,10E+00	3,29E+00	6,95E+00	1,10E+00	ND	-	ND	-	ND	-
Altre sostanze								LOQ Strument. [mg/m³] V=30 litri	LOQ [ug/camp.] F=c.a. (100/50 mg) VS=1ML	LOQ Strument. [mg/m³] V=7 litri	LOQ [ng/camp.] T multis.	LOQ Strument. [mg/m³]	LOQ [ppbV]
MTBE	1634-04-4	3,35E+01	5,36E+02	1,31E+02	3,95E+02	8,34E+02	1,31E+02	3,30E-02	1	1,43E-03	10	3,61E-03	1
ETBE	637-92-3	3,35E+00	5,36E+01	1,31E+01	3,95E+01	8,34E+01	1,31E+01	3,30E-02	1	1,43E-03	10	ND	-
Altre sostanze								LOQ Strument. [mg/m³] V=36 litri	LOQ [ug/camp.] F=XAD-2 (100/50mg) VS=2ML	LOQ Strument. [mg/m³] V=7 litri	LOQ [ng/camp.] T multis.	LOQ Strument. [mg/m³]	LOQ [ppbV]
Piombo Tetraetile	78-00-2	8,38E-04	1,34E-02	3,29E-03	9,88E-03	2,09E-02	3,29E-03	5,56E-02	2	ND	-	ND	-
Composti organostannici (Tributilstagno)	688-73-3	2,23E-01	3,58E+00	8,76E-01	2,63E+00	5,56E+00	8,76E-01	ND	-	ND	-	ND	-
LEGENDA													
		V = Volume campionato											
		F = Tipo di fiala											
		VS = Volume solvente desorbimento											
		T multis.= Tubi a desorbimento termico multisorbent											
		Le caratteristiche peculiari della tecnica di campionamento e analisi non permettono di raggiungere i valori di C _{soglia} per lo scenario Residenziale Indoor. (es. di campionamento: 30 litri desorbimento chimico e 7 desorbimento termico).											



SNPA
16 2018