

Metodi per la caratterizzazione dei materiali di riferimento

Dr.ssa Monica Buchetti

Tutor: Dr.ssa Maria Belli

INDICE:

| | | |
|---|-----|----|
| INTRODUZIONE | pag | 1 |
| CAPITOLO 1 I MATERIALI DI RIFERIMENTO GASSOSI | | |
| 1.1 DEFINIZIONE DEI MATERIALI DI RIFERIMENTO GASSOSI | pag | 3 |
| 1.2 INQUINAMENTO ATMOSFERICO | pag | 4 |
| CAPITOLO 2 BIOINDICATORI | | |
| 2.1 LICHENI E FOGLIE COME BIOINDICATORI | pag | 12 |
| CAPITOLO 3 MATERIALI DI RIFERIMENTO PER LE ACQUE | | |
| 3.1 DEFINIZIONE DI MATERIALI DI RIFERIMENTO LIQUIDI | pag | 23 |
| 3.2 INQUINAMENTO DELLE ACQUE | pag | 25 |
| CAPITOLO 4 MATERIALI DI RIFERIMENTO PER I SUOLI | | |
| 4.1 MATERIALI DI RIFERIMENTO SOLIDI | pag | 52 |
| 4.2 L' INQUINAMENTO DEI SUOLI | pag | 54 |
| CAPITOLO 5 MATERIALI DI RIFERIMENTO PER I RIFIUTI | | |
| 5.1 LEGGI SUI RIFIUTI RIFIUTI | pag | 67 |
| CAPITOLO 6 MATERIALI DI RIFERIMENTO AMIANTO | pag | 73 |
| CAPITOLO 7 CARATTERIZZAZIONE E SCELTA DEI MATERIALI DI RIFERIMENTO | | |
| 7.1 CARATTERIZZAZIONE DEGLI RM | pag | 75 |
| CAPITOLO 8 RISULTATI E CONCLUSIONI. | pag | 78 |

INTRODUZIONE

Alcune attività umane provocano l'introduzione e la mobilitazione di elementi chimici che possono essere dannosi per l'ecosistema, causandone l'accumulo nella biosfera ed il loro ingresso nella catena alimentare, con gravi danni alla salute.

Per quanto riguarda i metalli, le fonti più comuni sono vernici ed altri prodotti di finitura, combustione di materiali plastici in PVC, fumo di sigaretta, scarichi d'auto, particolati in atmosfera generati da cause diverse, pile e termometri a mercurio.

I metalli, quali cadmio, mercurio e piombo sono quelli maggiormente tossici per l'uomo. Questi si accumulano nell'organismo determinando effetti nocivi a breve e lungo termine, differenti a seconda del metallo. Possono causare danni ai reni, al sistema nervoso e immunitario ed in alcuni casi possono produrre effetti cancerogeni. (1)

Altre importanti sostanze che richiedono monitoraggio sono gli IPA (idrocarburi policiclici aromatici). Gli IPA, costituiti da tre a cinque anelli, possono essere presenti in atmosfera sia come gas che come particolato, mentre quelli caratterizzati da cinque o più anelli tendono a presentarsi per lo più in forma solida. I vari IPA variano fra loro sia per le diverse fonti ambientali che per le caratteristiche chimiche. Si formano nel corso delle combustioni incomplete di prodotti organici come il carbone, il petrolio, il gas o i rifiuti; molti vengono utilizzati per condurre delle ricerche e alcuni vengono sintetizzati artificialmente; in alcuni casi si impiegano nella produzione di coloranti, plastiche, pesticidi e medicinali.

Anche se esistono più di cento diversi IPA, quelli più rischiosi per la salute dell'uomo e degli animali sono: l'acenaftene, l'acenaftilene, l'antracene, il benzo(a)antracene, il dibenzo(a,h)antracene, il crisene, il pirene, il benzo(a)pirene, l'indeno(1,2,3-c,d)pirene, il fenantrene, il fluorantene, il benzo(b)fluoroantene, il benzo(k)fluoroantene, il benzo(g,h,i)perilene e il fluorene. Solitamente nell'aria non si ritrovano mai come composti singoli, ma all'interno di miscele dove sono presenti molte decine di IPA diversi e in proporzioni che in alcuni casi possono anche variare di molto. Il fatto che l'esposizione avvenga ad una miscela di composti, di composizione non costante, rende difficile l'attribuzione delle conseguenze sulla salute alla presenza di uno specifico idrocarburo policiclico aromatico.

Seppur con molta difficoltà si è riusciti però ad identificare l' effetto cancerogeno dovuto all'esposizione prolungata a miscele di IPA.

Questi sono solo alcuni esempi di sostanze tossiche presenti nell'ambiente e per cui è necessario un monitoraggio ambientale, atto allo sviluppo di politiche rivolte alla prevenzione e tutela della salute umana e dell'ambiente.

L'obiettivo finale è quello di raggiungere un equilibrio ottimale tra crescita economica, tutela dell'ambiente e responsabilità sociale, attraverso il rispetto delle normative vigenti e degli standard ecologici, oltre che il corretto impiego delle risorse naturali. La Politica Ambientale è un elemento importantissimo per le aziende, al pari di produttività, efficienza, sicurezza e salute, qualità e ricerca tecnologica rivolti a prevenire e ridurre ogni possibile effetto negativo sull'ambiente e a ottimizzare e razionalizzare l'utilizzo di risorse non rinnovabili.

Negli ultimi anni l'unione europea ha rivolto una particolare attenzione a questa problematica emanando decreti legislativi sempre più restrittivi e mirati.

L'avvento di strumenti sempre più sensibili e selettivi e di tecniche di analisi estremamente sofisticate come la GC/MS (gascromatografia/spettrometro di massa), o ICP/MS (Inductively Coupled Plasma - Mass Spectrometry) ed altri, hanno richiesto uno sviluppo parallelo nella produzione dei materiali di riferimento utilizzati per la taratura degli strumenti nonché per la convalida dei metodi d'analisi.

CAPITOLO 1

I MATERIALI DI RIFERIMENTO GASSOSI.

1.1 DEFINIZIONE DEI MATERIALI DI RIFERIMENTO GASSOSI

I MR gassosi (MRG) sono miscele gassose omogenee, costituite da uno o più materiali puri. Piccole quantità di uno o più gas puri sono diluiti in un altro gas puro detto “matrice”. La matrice rappresenta il componente maggioritario della miscela ed è generalmente costituito da gas inerti, principalmente azoto, o da una miscela di azoto ed ossigeno detta aria sintetica.

Solamente in rarissimi casi la preparazione parte da sorgenti naturali.

Generalmente per i materiali di riferimento gassosi si utilizzano gas puri in cui si aggiungono gli analiti d’interesse, allo scopo di tarare le strumentazioni utilizzate per monitorare inquinanti atmosferici, gas naturali o gas di uso ospedaliero.

I principali MR è sono costituiti da ossidi di carbonio, di azoto, di zolfo, idrocarburi alifatici o aromatici, in azoto o in aria.

Le concentrazioni degli analiti sono particolarmente elevate nel caso in cui si debbano simulare emissioni concentrate, come quelle dei camini o gli scarichi delle automobili, oppure molto basse per simulare i gas normalmente presenti in atmosfera.

Come tutti i MR, i MRG sono utilizzati per la taratura o la conferma metrologica della strumentazione impiegata nell’analisi o per la convalida dei metodi analitici.

La scelta del gas matrice va valutata attentamente in funzione dei metodi analitici e della strumentazione impiegata in quanto può alterare l’analisi, anche se di solito il suo effetto è trascurabile.

I metodi di preparazione ed analisi, dei MRG, sono soggetti ad una ricca serie di norme internazionali, emanate dal comitato tecnico ISO 158, “Analisi dei gas” e 193 “Gas naturale”.

Per ottenere un MRG con caratterizzati da una minore incertezza, è necessario l'utilizzo di gas di partenza puri.

Sono presenti sul mercato MRG di diversa qualità ciascuno dei quali ha un suo ben determinato campo di applicazione. I MRG primari sono realizzati dai laboratori metrologici nazionali e presentano qualità metrologiche migliori con valori di incertezza, determinati con misure primarie. (3)

I valori dei MRG secondari sono ottenuti esclusivamente tramite confronto con i MR primari per mezzo di strumentazione opportuna. (4)

1.2 INQUINAMENTO ATMOSFERICO

L'inquinamento atmosferico rappresenta uno dei principali fattori di criticità ambientale.

Il Piano Sanitario Nazionale ha inserito, nel 1998, per la prima volta, tra gli obiettivi per la salute, il miglioramento del contesto ambientale, in particolare dell'aria, prevedendo azioni relative alla riduzione del traffico.

Il DM 2-4-2002 n° 60 ha recepito la direttiva comunitaria 96/62/CE con la quale l'Unione Europea ha espresso le politiche generali "in materia di valutazione e gestione della qualità dell'aria", individuando le azioni fondamentali che gli Stati Membri debbono attuare per definire e stabilire obiettivi di qualità dell'aria, finalizzati a prevenire o ridurre effetti nocivi sulla salute e sull'ambiente nel suo complesso.

Sono altresì definiti i metodi di valutazione basati su criteri comuni agli Stati Membri e l'acquisizione di informazioni sulla qualità dell'aria da divulgare alla popolazione.

La direttiva stabilisce esclusivamente il quadro generale, rinviando a specifiche direttive figlie la disciplina degli aspetti tecnico-operativi relativi ai singoli inquinanti ed individua un elenco di inquinanti atmosferici da considerare, in maniera prioritaria, nel quadro della valutazione e della gestione della qualità dell'aria ambiente: SO₂, NO₂, PM₁₀, Pb, O₃, CO, Benzene, IPA, Hg, Cd, As, Ni.

Il decreto legislativo prevede misurazioni rappresentative e valutazioni dell'inquinamento ambientale, in particolare dell'aria, in modo da poter intervenire per migliorare la qualità dell'aria stessa nonché la salute umana e l'ambiente.

Il DM 2-4-2002 n° 60 stabilisce i limiti di concentrazione per quasi tutti gli inquinanti dell'aria ad eccezione dell'ozono e del benzene che sono regolamentati direttiva 2000/96/CE.

L'utilizzo dei MR è necessario per garantire la corretta misurazione ed applicazione di metodi adeguati all'analisi. È quindi necessario che i MR scelti abbiano concentrazioni simili ai limiti di legge, in modo da poter verificare la correttezza delle analisi, dei metodi, nonché la corretta taratura delle strumentazioni che si intende usare allo scopo di verificare la concentrazione di inquinanti.

- **Valori limite e soglia di allarme per il biossido di zolfo**

I. Valori limite per il biossido di zolfo

I valori limite devono essere espressi in $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Il volume deve essere normalizzato ad una temperatura di 293 °K e ad una pressione di 101,3 kPa.

| | Periodo considerato | Valore limite | Margine di tolleranza | Data di entrata in vigore |
|--|------------------------------------|--|--|----------------------------------|
| 1. Valore limite orario per la protezione della salute umana | 1 ora | 350 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ da non superare più di 24 volte per anno civile | 42,9% del valore limite, pari a 150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, all'entrata in vigore della direttiva 99/30/CE (19/7/1999). Tale valore è ridotto il 1° gennaio 2001 e successivamente ogni 12 mesi, secondo una percentuale annua costante, per raggiungere lo 0% al 1° gennaio 2010 | 1° gennaio 2005 |
| 2. Valore limite di 24 ore per la protezione della salute umana | 24 ore | 125 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ da non superare più di 3 volte per anno civile | nessuno | 1° gennaio 2005 |
| 3. Valore limite per la protezione degli ecosistemi | Anno civile (1 ottobre - 31 marzo) | 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ | nessuno | 19 luglio 2001 |

- **Valori limite per il biossido di azoto (NO₂) e per gli ossidi di azoto (NO_x) e soglia di allarme per il biossido di azoto**

I. Valori limite per il biossido di azoto e gli ossidi di azoto

I valori limite devono essere espressi in $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Il volume deve essere normalizzato ad una temperatura di 293 K e ad una pressione di 101,3 kPa.

| | Periodo considerato | Valore limite | Margine di tolleranza | Data di entrata in vigore |
|--|----------------------------|--|--|----------------------------------|
| 1. Valore limite orario per la protezione della salute umana | 1 ora | 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ da non superare più di 18 volte per anno civile | 50% del valore limite, pari a 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, all'entrata in vigore della direttiva 99/30/CE (19/7/1999). Tale valore è ridotto il 1° gennaio 2001 e successivamente ogni 12 mesi, secondo una percentuale annua costante, per raggiungere lo 0% al 1° gennaio 2010 | 1° gennaio 2010 |
| 2. Valore limite annuale per la protezione della salute umana | Anno civile | 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{NO}_2$ | 50% del valore limite, pari a 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ all'entrata in vigore della direttiva 99/30/CE (19/7/1999). Tale valore è ridotto il 1° gennaio 2001 e successivamente ogni 12 mesi, secondo una percentuale annua costante, per raggiungere lo 0% al 1° gennaio 2010 | 1° gennaio 2010 |
| 3. Valore limite annuale per la protezione della vegetazione | Anno civile | 30 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{NO}_x$ | nessuno | 19 luglio 2001 |

- **Valori limite per il materiale particolato (PM₁₀)**

| | Periodo consid. | Val. lim. | Margine di tolleranza | Data di entrata in vigore |
|--|------------------------|------------------|------------------------------|----------------------------------|
|--|------------------------|------------------|------------------------------|----------------------------------|

| | | | | |
|--|-------------|---|---|-----------------|
| 1. Valore limite di 24 ore per la protezione della salute umana | 24 ore | 50 µg/m ³ PM ₁₀ da non superare più di 35 volte per anno civile | 50% del valore limite, pari a 25 µg/m ³ all'entrata in vigore della direttiva 99/30/CE (19/7/1999). Tale valore è ridotto il 1° gennaio 2001 e successivamente ogni 12 mesi, secondo una percentuale annua costante, per raggiungere lo 0% al 1° gennaio 2010 | 1° gennaio 2005 |
| 2. Valore limite annuale per la protezione della salute umana | Anno civile | 40 µg/m ³ PM ₁₀ | 20% del valore limite, pari a 8 µg/m ³ , all'entrata in vigore della direttiva 99/30/CE (19/7/1999). Tale valore è ridotto il 1° gennaio 2001 e successivamente ogni 12 mesi, secondo una percentuale annua costante, per raggiungere lo 0% al 1° gennaio 2010 | 1° gennaio 2005 |

Fase 2 (I)

| | | | | |
|--|-------------|--|--|-----------------|
| 1. Valore limite di 24 ore per la protezione della salute umana | 24 ore | 50 µg/m ³ PM ₁₀ da non superare più di 7 volte per anno civile | Da stabilire in base ai dati, in modo che sia equivalente al valore limite della fase 1 | 1° gennaio 2010 |
| 2. Valore limite annuale per la protezione della salute umana | Anno civile | 20 µg/m ³ PM ₁₀ | 10 µg/m ³ al 1° gennaio 2005 con riduzione ogni 12 mesi successivi, secondo una percentuale annua costante, per raggiungere lo 0% il 1° gennaio 2010. | 1° gennaio 2010 |

(I) Valori limiti indicativi da rivedere con successivo decreto sulla base della futura normativa comunitaria

- **Valori limite per il piombo**

| | Periodo considerato | Valore limite | Margine di tolleranza | Entrata in vigore |
|--|---------------------|------------------------------|---|-------------------|
| Valore limite annuale per la protezione della salute umana | Anno civile | 0,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ | 100% del valore limite, pari a 0,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, all'entrata in vigore della direttiva 99/30/CE (19/7/1999). Tale valore è ridotto il 1° gennaio 2001 e successivamente ogni 12 mesi, secondo una percentuale annua costante, per raggiungere lo 0% il 1° gennaio 2005 | 1° gennaio 2005 |

- **Valori limite per il benzene**

Il valore limite deve essere espresso in $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Il volume deve essere normalizzato ad una temperatura di 293 K e ad una pressione di 101,3 kPa.

| | Periodo considerato | Valore limite | Margine di tolleranza | Data di entrata in vigore |
|---|---------------------|----------------------------|--|----------------------------|
| Valore limite per la protezione della salute umana | Anno civile | 5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ | 100% del valore limite, pari a 5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, all'entrata in vigore della direttiva 2000/69 (13/12/2000). Tale valore è ridotto il 1° gennaio 2006, e successivamente ogni 12 mesi, secondo una percentuale annua costante, per raggiungere lo 0% al 1° gennaio 2010 | 1° gennaio 2010 (I) |
| (I) Ad eccezione delle zone e degli agglomerati nei quali è stata approvata una proroga limitata nel tempo a norma dell'articolo 32. | | | | |

- **Valori limite per il monossido di carbonio**

Il valore limite deve essere espresso in mg/m^3 . Il volume deve essere normalizzato ad una temperatura di 293 K e ad una pressione di 101,3 kPa. (4)

| | Periodo considerato | Valore limite | Margine di tolleranza | Data di entrata in vigore |
|--|------------------------------------|----------------------|---|----------------------------------|
| Valore limite per la protezione della salute umana | Media massima giornaliera su 8 ore | 10 mg/m^3 | 6 mg/m^3 all'entrata in vigore della direttiva 2000/69 (13/12/2000). Tale valore è ridotto il 1° gennaio 2003 e successivamente ogni 12 mesi, secondo una percentuale annua costante, per raggiungere lo 0% al 1° gennaio 2005 | 1° gennaio 2005 |

Di seguito saranno riportate tabelle che indicano i materiali di riferimento utilizzabili per la taratura e la convalida del metodo utilizzato per il controllo della qualità dell'aria nel monitoraggio ambientale con i relativi intervalli di concentrazione e limiti di legge:

| SOSTANZA | LIM. LEGGE | PRODUTT. | MATERIALI RIFERIMENTO DI | | | CONC. CERTIFICATA |
|--|--|---|--------------------------|------------|------|---|
| | | | IN NOM.CONC. | | | |
| BIOSSIDO DI ZOLFO (SO ₂) | 350 µg/m ³ 125 µg/m ³ 20 µg/m ³ | NIST NATIONAL RESEARCH CENTRE FOR CRM | azoto | SRM 1661 a | 500 | 504,4 ±2,5 µmol/mol |
| | | | | SRM 1662 a | 1000 | 973,3 ±7,5 µmol/mol |
| | | | | SRM1663 a | 1500 | 1475,4 ±7,5 µmol/mol |
| | | | | SRM1664 a | 2500 | 2518 ±713 µmol/mol |
| | | | | SRM1693 a | 50 | 50 ±1,0 µmol/mol |
| | | | | SRM1694 a | 100 | 97,9 ±1,0 µmol/mol |
| | | | | SRM1696 a | 3500 | 3520 ±18 µmol/mol |
| | | | | GBW 08201 | | 0,37-1,4 mgr/min (permeazione microgr./min) |

| SOSTANZA | LIM. LEGGE | PRODUTT. | MATERIALI RIFERIMENTO DI | | | CONC. CERTIFICATA |
|---|--|----------|--------------------------|------------|------|---|
| | | | IN NOM.CONC. | | | |
| OSSIDO NITRICO (NO) | 30 µg/m ³ | NIST | azoto | SRM 1683 b | 50 | 46,7 ±0,3 µmol/mol |
| | | | | SRM 1684 b | 100 | 97,5 ±0,8 µmol/mol |
| | | | | SRM 1685 b | 250 | 245,4 ±1,2 µmol/mol |
| | | | | SRM 1686 b | 500 | 500 ±2,5 µmol/mol |
| | | | | SRM 1687 b | 1000 | 989,9 ±3,9 µmol/mol |
| | | | | SRM 2627 a | 5 | 5± 0,05µmol/mol |
| | | | | SRM 2628 a | 10 | 10± 0,10 µmol/mol |
| | | | | SRM 2629 a | 20 | 20± 0,20 µmol/mol |
| OSSIDI D'AZOTO (NO _x) | 200 µg/m ³ NO ₂ | | ARIA ARIA | SRM 2630 | a | 1487 ± 6µmol/mol |
| | | | | 1500 | | 2994 ±15µmol/mol |
| | | | | SRM 2631 | a | 781,8 ±3,9µmol/mol |
| | | | | 3000 | | 1962 ±10µmol/mol |
| | | | | SRM 2635 | 800 | |
| | | | | SRM 2636 | a | |
| | 40 µg/m ³ NO ₂ | | | SRM 2656 | 2500 | 0,6-2 microgr./min (permeazione microgr./min) |
| | | | | SRM 2660 | 100 | |
| | | | | GBW 08202 | | |

| SOSTANZA | LIM.LEGGE | PRODUTT. | MATERIALI DI RIFERIMENTO | | CONC. CERTIFICATA |
|----------|-----------------------|----------|--------------------------|------------|---|
| | | | IN | | |
| Pb | 0,5 µg/m ³ | NIST | filtro | SRM 3087 a | 40,38± 0,9µg /filtro (As; Ba; Cd; Cr; Mg; Mn; Ni; Pb; Se; V; Zn) |
| | | | polvere | SRM 1648 | 0,655% ed altri elementi in traccia. |

| SOSTANZA | LIM.LEGGE | PRODUTT. | MATERIALI DI RIFERIMENTO | | CONC. CERTIFICATA |
|----------|-----------------------|----------|--------------------------|--------------------|-----------------------------------|
| | | | IN | | |
| Benzene | µg 5 / m ³ | IRMM | GAS | BCR 112 BCR 562 | 1,053± 0,014 µg 15,0 ± 0,04 µg |

CAPITOLO 2

BIOINDICATORI

2.1 LICHENI E FOGLIE COME BIOINDICATORI

La crescente produzione ed introduzione di sostanze xenobiotiche nell'ambiente, ha reso necessaria la ricerca di strumenti efficaci per il controllo dell'inquinamento atmosferico. Il monitoraggio ambientale viene di solito effettuato mediante metodi analitici chimico-fisici, con l'uso di centraline automatiche, che forniscono risposte puntiformi sulla qualità e quantità delle sostanze inquinanti presenti nell'ambiente. Il biomonitoraggio, cioè il rilevamento delle alterazioni ambientali, effettuato mediante l'uso di organismi viventi, si basa sul presupposto che qualsiasi fattore di disturbo che modifichi le condizioni ambientali, produca degli effetti sugli organismi viventi e sulle loro comunità e permette inoltre di valutare le possibili azioni di sinergismo e antagonismo fra contaminanti.

Si possono quindi ottenere informazioni più dettagliate e complete sugli effetti dell'inquinamento atmosferico se le analisi chimico-fisiche dirette dell'aria vengono affiancate da metodi biologici. Tra i bioindicatori dell'inquinamento atmosferico i licheni sono tra quelli più utilizzati. (5)

Un lichene è formato dall'unione simbiotica tra un fungo ed un'alga: l'alga fornisce al fungo i carboidrati prodotti con la fotosintesi clorofilliana ed il fungo garantisce all'alga l'acqua ed i sali minerali. Grazie a questa associazione i licheni occupano habitat che da soli non potrebbero colonizzare ed in cui altri organismi viventi non riescono a sopravvivere.

I licheni sono ottimi bioindicatori dell'inquinamento dell'aria poiché hanno delle peculiari caratteristiche fisiologiche ed ecologiche:

- non hanno un apparato radicale e per il loro metabolismo dipendono quasi esclusivamente dalle deposizioni secche ed umide dell'atmosfera;
- non hanno né cuticola, né stomi, per cui l'assorbimento di eventuali contaminanti atmosferici, sia in forma gassosa, che in soluzione o associati al particolato, avviene su tutta la superficie;

- sono fotosinteticamente attivi solo allo stato idratato e posseggono meccanismi di idratazione che dipendono in massima parte dal tasso di umidità atmosferica;
- sono presenti quasi ovunque;
- hanno un metabolismo molto lento e quindi il loro ciclo vitale è molto lungo;

I licheni possono essere utilizzati per il biomonitoraggio secondo due strategie principali: come bioindicatori e come bioaccumulatori. Nel primo caso si sfrutta la loro sensibilità agli inquinanti atmosferici per ottenere una stima della qualità dell'aria dell'area indagata .

In questo caso il parametro d'interesse è la presenza o l'assenza di una determinata specie maggiormente sensibile agli agenti inquinanti oppure la modifica della comunità. Nel secondo caso vengono ricercate le specie in grado di accumulare alte concentrazioni di contaminanti atmosferici, in genere metalli pesanti e radionuclidi. I due metodi possono essere considerati come complementari, in quanto permettono di ottenere informazioni su diversi tipi di inquinanti.

Esistono varie tecniche di monitoraggio dell'inquinamento tramite licheni, che permette una valutazione numerica quantitativa del grado di inquinamento atmosferico attraverso la frequenza dei licheni epifiti riscontrati in un apposito reticolo di campionamento. Le mappe della qualità dell'aria vengono ottenute attraverso l'uso di specifici programmi di cartografia computerizzata che trasformano i singoli dati in un modello distribuzionale continuo.(6)

Volendo ottenere risultati accurati per la determinazione dei metalli è necessario utilizzare Materiali di Riferimento Certificati (CRMs). A tale scopo, per CRM licheni, si è attivato un programma che coinvolge i laboratori con maggiore esperienza. E' stato così prodotto il BCR-CRM 482 dalla IRMM in grado di analizzare diversi elementi: Al, As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn e valori indicativi per Ba, Br, Ca, Co, Fe, K, Mn .(7)

In letteratura è stato riportato un articolo in cui l'analisi è stata eseguita con un MR non certificato, di produzione della IAEA ovvero il "IAEA-RM 336".(8)

Anche le foglie di specifiche piante possono essere utilizzate come bioindicatori per il monitoraggio ambientale.

Con il termine biomonitoraggio si intende l'insieme delle metodologie che utilizzano esseri viventi per trarre informazioni sullo stato dell'ambiente.

◆ L'inquinamento, attraverso il monitoraggio chimico fisico, fornisce dati di tipo quantitativo e relativi all'istante del campionamento (situazione puntuale in un preciso momento storico); viene espresso quindi in termini di concentrazioni relative ad ogni singolo inquinante.

◆ Il biomonitoraggio, invece, permette di stimare gli effetti biologici dell'inquinamento (monitoraggio di tendenza); cioè dà informazioni più generali sullo stato di salute dell'ambiente, valutando i danni subiti da organismi bersaglio presenti nell'area di studio o appositamente introdotti.

Il biomonitoraggio degli inquinanti atmosferici viene realizzato utilizzando specie vegetali quali: licheni, tabacco, tarassaco, pino silvestre, ecc...

Tali specie evidenziano, in seguito ad una esposizione prolungata ad agenti nocivi, danni fogliari più o meno evidenti. Inoltre sono più sensibili agli attacchi di insetti e possibili malattie. Queste piante risultano particolarmente utili sia in associazione che in alternativa alla rilevazione mediante centraline meccaniche.

Si possono distinguere:

- piante 'sentinella', geneticamente uniformi, di rapida crescita, generalmente erbacee e annuali;
- piante 'rilevatore', a crescita lenta e spontanea nella zona di studio, costituite generalmente da alberi e arbusti che rispondono più lentamente alla presenza di inquinanti con sintomi rilevabili solo nella tarda stagione di crescita.

Nelle metodologie del biomonitoraggio si possono distinguere due diverse tipologie di organismo test:

- 1) 'Bioindicatori' : organismi che subiscono variazioni evidenti nella fisiologia, nella morfologia o nella distribuzione sotto l'influsso delle sostanze presenti nell'ambiente;

2) 'Bioaccumulatori': organismi in grado di sopravvivere in presenza di inquinanti che accumulano nei loro tessuti; con il loro uso è possibile ottenere dati sia di tipo qualitativo che quantitativo.

Nel nostro Paese, il monitoraggio dell'inquinamento atmosferico viene effettuato essenzialmente tramite centraline automatiche di rilevamento. Tali apparecchiature misurano direttamente le concentrazioni di determinati inquinanti in campioni d'aria prelevati dall'atmosfera: quando una o più di tali sostanze superano i livelli di soglia stabiliti per legge, scattano i provvedimenti per limitarne le emissioni, come ad esempio l'interruzione del traffico veicolare. Questo tipo di monitoraggio, oltre a presentare il limite di elevati costi di acquisto e di manutenzione, generalmente esegue il rilevamento solo di pochi parametri (CO, NO_x, SO₂, ecc.). Di conseguenza risulta impossibile effettuare il controllo su vaste aree basato su un'alta densità di punti di campionamento, mentre scarseggiano o mancano del tutto dati su molti contaminanti, come ad esempio i metalli pesanti, idrocarburi policiclici aromatici, che possono essere nocivi anche a basse concentrazioni.

Il biomonitoraggio, rispetto alle tecniche tradizionali realizzate con centraline mobili o fisse, presenta diversi vantaggi:

- ◆ costi di gestione limitati (materiale e allestimento);
- ◆ possibilità di coprire, con facilità, vaste zone e territori diversificati, consentendo una adeguata mappatura del territorio;
- ◆ elevata sensibilità di alcuni esseri viventi;
- ◆ stima degli effetti combinati di più inquinanti sugli esseri viventi.

Vi è poi un intervento di polishing vegetale, per cui le piante fanno da filtro all'aria respirata dall'uomo, assorbendo una parte di inquinanti.

Con questo sistema si unisce la funzione di ecosensore alla presenza verde che contribuisce alla valorizzazione del territorio.

| SOSTANZA | PRODUTT. | MATERIALI DI RIFERIMENTO (Foglie) | CONC. CERTIFICATA |
|----------------------------|----------------|---|---|
| Composti inorganici | | | |
| Antimonio | NIST | SRM1515 (melo; 50 g) SRM1547 (pesco; 50 g) SRM1573a (pomodoro; 50g) | 0,013 mg/Kg 0,02 mg/Kg 0,063 mg/Kg |
| | IAEA | IAEA-140-TM (fucus; 14g) IAEA-V-10 (fieno;50 g) | 1,103 mg/g 0,019 mg/g |
| | IRMM NRCCRM | BCR-281 (segale; 20 g) GBW076028(cespuglio; 35 g) GBW07603(cespuglio; 35 g) GBW07604(pioppo;35g) | 0,047 mg/Kg 0,078 mg/Kg 0,095 mg/Kg 0,045 mg/Kg |
| Arsenico | NIST | SRM1515 (melo; 50 g) SRM1547 (pesco; 50 g) SRM1570a(spinaci; 60g) SRM1573a (pomodoro; 50g) SRM1575a (pino 50 g) | 0,038 mg/Kg 0,060 mg/Kg 0,068 mg/Kg 0,112 mg/Kg 0,039 mg/kg |
| | IAEA | IAEA-140-TM (fucus; 14g) | 44,3 mg/g |
| | IRMM | BCR-062 (olivo;25g) BCR-281 (segale; 20g) BCR-402(trifoglio; 25g) | 0,2 mg/Kg 0,057 mg/kg 0,093 mg/Kg |
| | NRCCRM | GBW07602(cespugli;35g) GBW07603(cespugli;35g) GBW07604(pioppo; 35g) GBW08501(pesco;30g) | 0,95 mg/kg 1,25 mg/Kg 0,37 mg/Kg 0,34 mg/Kg |
| Berillio | NRCCRM | GBW07602(cespugli;35g) GBW07603(cespugli;35g) GBW07604(pioppo; 35g) | 0,056 mg/Kg 0,051 mg/Kg 0,021 mg/Kg |
| Cadmio | NIST | SRM1515 (melo; 50 g) SRM1547 (pesco; 50 g) SRM1570a(spinaci; 60g) SRM1573a (pomodoro; 50g) SRM1575a (pino 50 g) | 0,013 mg/Kg 0,026 mg/Kg 2,89 mg/Kg 1,52 mg/Kg 0,233 mg/Kg |
| | IAEA | IAEA-140-TM (fucus; 14g) IAEA-V-10 (fieno;50 g) | 0,537 mg/Kg 0,03 mg/Kg |
| | IRMM | BCR-062 (olivo;25g) BCR-100 (faggio;30g) BCR-101 (abete;30g) BCR-281 (segale; 20g) | 0,10 mg/Kg 34 mg/Kg 0,35 mg/Kg 0,120 mg/kg |
| | NRCCRM | GBW07602(cespugli;35g) GBW07603(cespugli;35g) GBW07604(pioppo; 35g) GBW08501(pesco;30g) | 0,14 mg/kg 0,38 mg/Kg 0,32 mg/Kg 0,018 mg/Kg |
| Cobalto | NIST | SRM1515 (melo; 50 g) SRM1547 (pesco; 50 g) SRM1570a(spinaci; 60g) SRM1573a (pomodoro; 50g) SRM1575a (pino 50 g) | 0,09 mg/Kg 0,07 mg/Kg 0,39 mg/Kg 0,57 mg/Kg 0,06 mg/Kg |
| | IAEA | IAEA-140-TM (fucus; 14g) IAEA-V-10 (fieno;50 g) | 0,87 mg/g 0,13 mg/g |

| | | | |
|--------------|--------|--------------------------|---------------|
| Cromo totale | IRMM | BCR-281 (segale; 20g) | 0,117 mg/Kg |
| | NRCCRM | BCR-402(trifoglio; 25g) | 0,178 mg/Kg |
| | | GBW07602(cespugli;35g) | 0,39 mg/Kg |
| | | GBW07603(cespugli;35g) | 0,41 mg/Kg |
| | | GBW07604(pioppo; 35g) | 0,42 mg/Kg |
| | | GBW08501(pesco;30g) | 0,25 mg/Kg |
| | NIST | SRM1515 (melo; 50 g) | 0,3 mg/Kg |
| | | SRM1547 (pesco; 50 g) | 1 mg/Kg |
| | | SRM1573a (pomodoro; 50g) | 1,99 mg/Kg |
| | IAEA | SRM1575a (pino 50 g) | 0,3-0,5 mg/Kg |
| | | IAEA-140-TM (fucus; 14g) | 10,04 mg/g |
| | IRMM | IAEA-V-10 (fieno;50 g) | 6,5 mg/g |
| | | BCR-100 (faggio;30g) | 0,0080 g/Kg |
| | | BCR-101 (abete;30g) | 2,7 g/Kg |
| | | BCR-281 (segale; 20g) | 2,14 mg/Kg |
| | | BCR-402(trifoglio; 25g) | 5,19 mg/Kg |
| | NRCCRM | GBW07602(cespugli;35g) | 2,3 mg/Kg |
| | | GBW07603(cespugli;35g) | 2,6 mg/Kg |
| | | GBW07604(pioppo; 35g) | 0,55 mg/Kg |
| | | GBW08501(pesco;30g) | 0,94 mg/Kg |
| Mercurio | NIST | SRM1515 (melo; 50 g) | 0,044 mg/Kg |
| | | SRM1547 (pesco; 50 g) | 0,031 mg/Kg |
| | | SRM1570a(spinaci; 60g) | 0,030 mg/Kg |
| | | SRM1573a (pomodoro; 50g) | 0,034 mg/Kg |
| | IAEA | SRM1575a (pino 50 g) | 0,0399 mg/Kg |
| | | IAEA-140-TM (fucus; 14g) | 0,038 mg/g |
| | IRMM | IAEA-V-10 (fieno;50 g) | 13 µg/Kg |
| | | BCR-062 (olivo;25g) | 0,28 mg/Kg |
| | NRCCRM | BCR-281 (segale; 20g) | 0,0205 mg/Kg |
| | | GBW07604(pioppo; 35g) | 0,026 mg/Kg |
| | | GBW08501(pesco;30g) | 0,046 mg/Kg |
| Nichel | NIST | SRM1515 (melo; 50 g) | 0,91 mg/Kg |
| | | SRM1547 (pesco; 50 g) | 0,69 mg/Kg |
| | | SRM1570a(spinaci; 60g) | 2,14 mg/Kg |
| | | SRM1573a (pomodoro; 50g) | 1,59 mg/Kg |
| | IAEA | SRM1575a (pino 50 g) | 1,47 mg/Kg |
| | | IAEA-140-TM (fucus; 14g) | 3,79 mg/g |
| | IRMM | IAEA-V-10 (fieno;50 g) | 4,2 mg/g |
| | | BCR-062 (olivo;25g) | 8 mg/Kg |
| | NRCCRM | BCR-281 (segale; 20g) | 3,00 mg/Kg |
| | | BCR-402(trifoglio; 25g) | 8,25 mg/Kg |
| | | GBW07602(cespugli;35g) | 1,7 mg/Kg |
| | | GBW07603(cespugli;35g) | 1,7 mg/Kg |
| | | GBW07604(pioppo; 35g) | 1,9 mg/Kg |
| Piombo | NIST | SRM1515 (melo; 50 g) | 0,470 mg/Kg |
| | | SRM1547 (pesco; 50 g) | 0,87 mg/Kg |
| | | SRM1570a(spinaci; 60g) | 0,20 mg/Kg |
| | | SRM1573a (pomodoro; 50g) | 10,8 mg/Kg |
| | IAEA | SRM1575a (pino 50 g) | 0,167 mg/Kg |
| | | IAEA-140-TM (fucus; 14g) | 2,19 mg/g |
| | IRMM | IAEA-V-10 (fieno;50 g) | 1,6 mg/g |
| | | BCR-062 (olivo;25g) | 25,0 mg/Kg |
| | | BCR-100 (faggio;30g) | 0,0163 g/Kg |

| | | | |
|---------|--------|--|--|
| Rame | NRCCRM | BCR-101 (abete;30g) BCR-281 (segale; 20g) GBW07602(cespugli;35g) GBW07603(cespugli;35g) GBW07604(pioppo; 35g) GBW08501(pesco;30g) | 2,6.....g/Kg 2,38.....mg/Kg 7,1.....mg/Kg 47.....mg/Kg 1,5.....mg/Kg 0,99.....mg/Kg |
| | NIST | SRM1515 (melo; 50 g) SRM1547 (pesco; 50 g) SRM1570a(spinaci; 60g) SRM1573a (pomodoro; 50g) | 5,64.....mg/Kg 3,7.....mg/Kg 12,2.....mg/Kg 4,70.....mg/Kg |
| | NIST | SRM1575a (pino 50 g) RM8412(mais;34g) RM8413(mais;47g) | 2,8.....mg/Kg 8.....mg/Kg 3.....mg/Kg |
| | IAEA | IAEA-140-TM (fucus; 14g) | 5,05.....mg/g |
| | IRMM | IAEA-V-10 (fieno;50 g) BCR-062 (olivo;25g) BCR-100 (faggio;30g) BCR-101 (abete;30g) BCR-129 (fieno;30g) | 9,4.....mg/g 46,6.....mg/Kg 0,012.....g/Kg 5,0.....g/Kg 0,01.....g/Kg |
| | NRCCRM | BCR-281 (segale; 20g) GBW07602(cespugli;35g) GBW07603(cespugli;35g) GBW07604(pioppo; 35g) | 9,65.....mg/Kg 5,2.....mg/Kg 6,6.....mg/Kg 9,3.....mg/Kg |
| | NIST | SRM1515 (melo; 50 g) SRM1547 (pesco; 50 g) SRM1570a(spinaci; 60g) SRM1573a (pomodoro; 50g) | 0,050.....mg/Kg 0,120.....mg/Kg 0,117.....mg/Kg 0,054.....mg/Kg |
| | NIST | SRM1575a (pino 50 g) RM8412(mais;34g) RM8413(mais;47g) | 0,099.....mg/Kg 0,016.....mg/Kg 0,004.....mg/Kg |
| | IRMM | BCR-062 (olivo;25g) BCR-129 (fieno;30g) BCR-281 (segale; 20g) BCR-402(trifoglio; 25g) | 0,1.....mg/Kg 0,025.....g/Kg 0,028.....mg/Kg 6,70.....mg/Kg |
| | NRCCRM | GBW07602(cespugli;35g) GBW07603(cespugli;35g) GBW07604(pioppo; 35g) GBW08501(pesco;30g) | 0,184.....mg/Kg 0,12.....mg/Kg 0,14.....mg/Kg 0,04.....mg/Kg |
| Stagno | NIST | SRM1515 (melo; 50 g) SRM1547 (pesco; 50 g) | <0,2.....mg/Kg <0,2.....mg/Kg |
| | NRCCRM | GBW07603(cespugli;35g) | 0,27.....mg/Kg |
| Tallio | | | |
| Vanadio | NIST | SRM1515 (melo; 50 g) SRM1547 (pesco; 50 g) SRM1570a(spinaci; 60g) SRM1573a (pomodoro; 50g) | 0,26.....mg/Kg 0,37.....mg/Kg 0,57.....mg/Kg 0,835.....mg/Kg |
| | IAEA | IAEA-140-TM (fucus; 14g) | 3,67.....mg/g |
| | NRCCRM | GBW07602(cespugli;35g) | 2,4.....mg/Kg |

| | | | |
|----------------------------------|--------|--------------------------|-----------------|
| Zinco | NIST | GBW07603(cespugli;35g) | 2,4.....mg/Kg |
| | | GBW07604(pioppo; 35g) | 0,64.....mg/Kg |
| | | SRM1515 (melo; 50 g) | 12,5.....mg/Kg |
| | | SRM1547 (pesco; 50 g) | 17,9.....mg/Kg |
| | | SRM1570a(spinaci; 60g) | 82.....mg/Kg |
| | | SRM1573a (pomodoro; 50g) | 30,9.....mg/Kg |
| | | SRM1575a (pino 50 g) | 38.....mg/Kg |
| | | RM8412(mais;34g) | 32.....mg/Kg |
| | | RM8413(mais;47g) | 15,7.....mg/Kg |
| | IAEA | IAEA-140-TM (fucus; 14g) | 47,3.....mg/g |
| | | IAEA-V-10 (fieno;50 g) | 24.....mg/g |
| | IRMM | BCR-062 (olivo;25g) | 16.....mg/Kg |
| | | BCR-100 (faggio;30g) | 0,069.....g/Kg |
| | | BCR-101 (abete;30g) | 0,0353.....g/Kg |
| | | BCR-129 (fieno;30g) | 0,0321.....g/Kg |
| | | BCR-281 (segale; 20g) | 31,5.....mg/Kg |
| | NRCCRM | BCR-402(trifoglio;25g) | 25,2.....mg/Kg |
| | | GBW07602(cespugli;35g) | 20,6.....mg/Kg |
| | | GBW07603(cespugli;35g) | 55.....mg/Kg |
| | | GBW07604(pioppo; 35g) | 37.....mg/Kg |
| | | GBW08501(pesco;30g) | 22,8.....mg/Kg |
| Cianuri (LIBERI) | | | |
| Fluoruri | | | |
| AROMATICI | | | |
| Benzene | | | |
| Etilbenzene | | | |
| Stirene | | | |
| Toluene | | | |
| Xilene | | | |
| AROMATICI POLICICLICI | | | |
| Benzo (a) antracene | IAEA | IAEA-140-OC(fucus;30g) | 25.....µg/Kg |
| Benzo (a) pirene | IAEA | IAEA-140-OC(fucus;30g) | 20.....µg/Kg |
| Benzo (b) fluorantene | | | |
| Benzo (k) fluorantene | IAEA | IAEA-140-OC(fucus;30g) | 19.....µg/Kg |
| Benzo (g,h,i) perilene | IAEA | IAEA-140-OC(fucus;30g) | 20.....µg/Kg |
| Crisene | IAEA | IAEA-140-OC(fucus;30g) | 40.....µg/Kg |
| Dibenzo (a) pirene | | | |

| | | | |
|--|------|------------------------|---------------|
| Dibenzo (a,h) antracene | IAEA | IAEA-140-OC(fucus;30g) | 4,5.....µg/Kg |
| Indopirene | | | |
| Pirene | IAEA | IAEA-140-OC(fucus;30g) | 67.....µg/Kg |
| ALIFATICI CLORURATI CANCEROGENI | | | |
| Clorometano | | | |
| Diclorometano | | | |
| Triclorometano | | | |
| Cloruro di vinile | | | |
| 1,2- Dicloroetano | | | |
| 1,1 Dicloroetilene | | | |
| 1,2 dicloropropano | | | |
| 1,1,2 Tricloroetano | | | |
| Tricloroetilene | | | |
| 1,2,3- Tetracloroetano | | | |
| 1,1,2,2, Tetracloroetano | | | |
| Tetracloroetilene (PCE) | | | |
| ALIFATICI CLORURATI NON CANCEROGENI | | | |
| 1,1 Dicloroetano | | | |
| 1,2 Dicloroetilene | | | |
| 1,1,1 tricloroetano | | | |
| ALIFATICI ALOGENATI CANCEROGENI | | | |

| | | | |
|---------------------------------|--|--|--|
| Tribromometano | | | |
| 1,2 Dibromoetano | | | |
| Dibromoclorometano | | | |
| Bromodiclorometano | | | |
| NITROBENZENI | | | |
| Nitrobenzene | | | |
| 1,2 Dinitrobenzene | | | |
| 1,3 Dinitrobenzene | | | |
| Cloronitrobenzene | | | |
| CLOROBENZENI | | | |
| Monoclorobenzene | | | |
| 1,4 Diclorobenzene | | | |
| 1,4 Diclorobenzene | | | |
| 1,2,4, Triclorobenzene | | | |
| 1,2,4,5 tetraclorobenzene | | | |
| Pentaclorobenzene | | | |
| Esaclorobezene | | | |
| FENOLI NON CLORURATI | | | |
| Metilfenolo(o-m-p) | | | |
| Fenolo | | | |
| FENOLI CLORURATI | | | |
| 2-Clorofenolo | | | |
| 2,4 Diclorofenolo | | | |
| 2,4,6 Triclorofenolo | | | |
| Pentaclorofenolo | | | |
| AMMINE AROMATICHE | | | |
| Anilina | | | |
| o-Anisidina | | | |

| | | | |
|------------------------------|------|------------------------|----------------|
| m,p- Anisidina | | | |
| Difenilamina | | | |
| p Toluidina | | | |
| FITOFARMACI | | | |
| Alaclor | | | |
| Aldrin | IAEA | IAEA-140-OC(fucus;30g) | 0,76.....µg/Kg |
| Atrazina | | | |
| a esacloroetano | IAEA | IAEA-140-OC(fucus;30g) | 1,4.....µg/Kg |
| β esacloroetano | IAEA | IAEA-140-OC(fucus;30g) | 4,6.....µg/Kg |
| γ esacloroetano (Lindano) | | | |
| Clordano | IAEA | IAEA-140-OC(fucus;30g) | 1,4.....µg/Kg |
| DDT, DDe. DDD | | | |
| Dieldrin | IAEA | IAEA-140-OC(fucus;30g) | 1,7.....µg/Kg |
| Endrin | IAEA | IAEA-140-OC(fucus;30g) | 0,71.....µg/Kg |

CAPITOLO 3

MATERIALI DI RIFERIMENTO PER LE ACQUE

3.1 DEFINIZIONE DI MATERIALI DI RIFERIMENTO LIQUIDI

I materiali di riferimento per le acque sono soluzioni omogenee che generalmente partono da derivati da sorgenti naturali come possono essere le acque marino costiere, di fiumi, di laghi, le acque sotterranee ecc. a cui in alcuni casi, possono essere aggiunti analiti d'interesse.

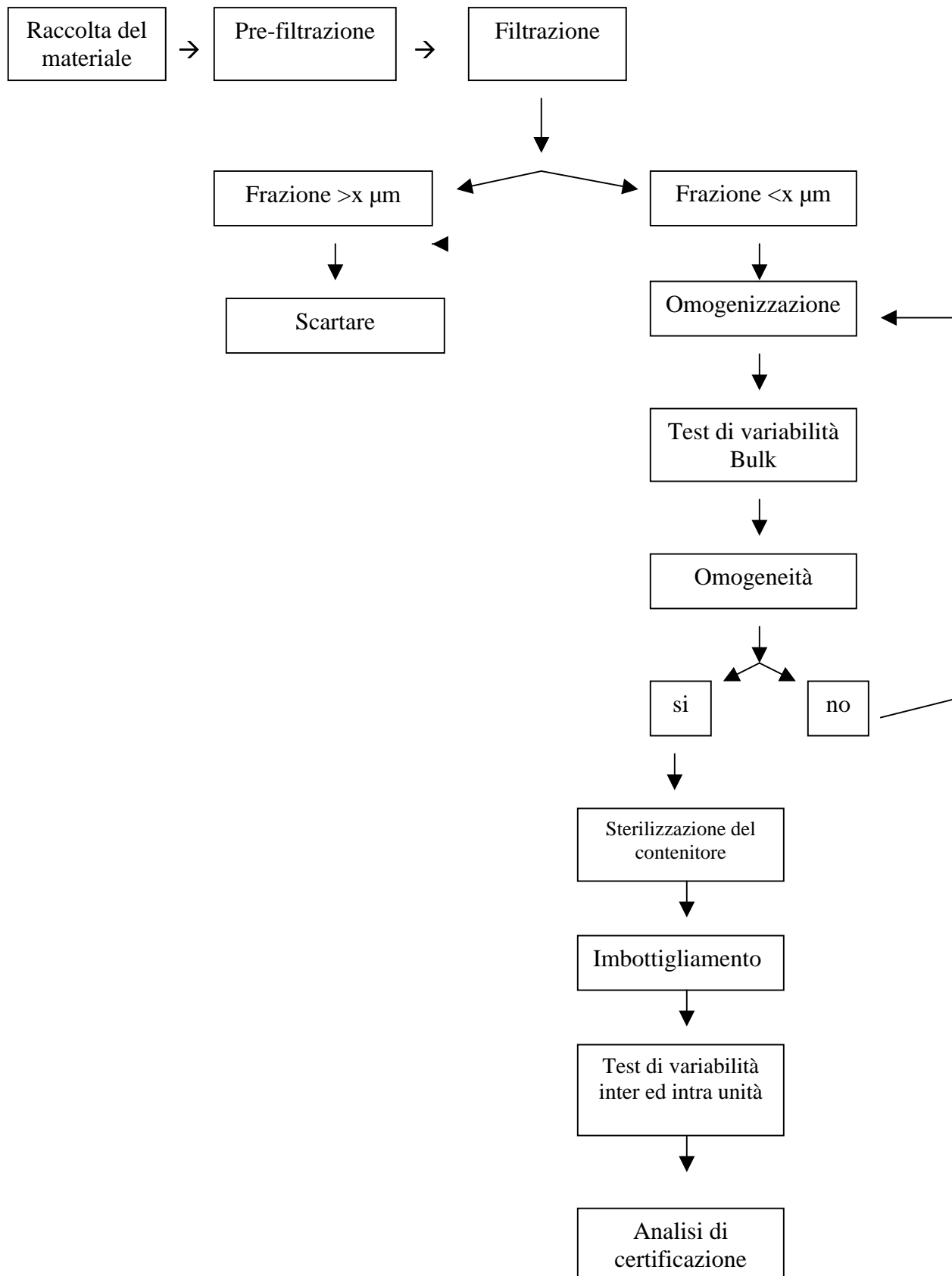
La mancanza di materiali di riferimento certificati, in matrice acquosa, per alcuni analiti quali pesticidi, composti organici volatili o semivolatili, è dovuta alla mancanza di stabilità nel tempo, di questi composti.

I materiali di riferimento certificati presenti sul mercato, per le analisi chimiche sulle acque, sono generalmente relativi ai metalli che non presentano ulteriori problemi di stabilità nel tempo.

Alcuni produttori sono disponibili, in alcuni casi a produrre MR su richiesta degli utilizzatori. Ciò avviene soprattutto per la produzione di MR che attualmente non sono presenti sul mercato a causa della scarsa richiesta dei laboratori. In ogni caso si deve contattare il produttore per chiederne la disponibilità.

Lo schema seguente rappresenta in generale le fasi di preparazione di un materiale di riferimento liquido.

- **Preparazione di un materiale di riferimento liquido**



3.2 INQUINAMENTO DELLE ACQUE

Esistono diverse definizioni del termine “inquinamento delle acque”, ma forse la più completa risulta essere questa: immissione di sostanze o energia nell’ambiente, in quantità tali da danneggiare le risorse naturali o la salute dell’uomo stesso.

Le sostanze inquinanti alterano in varia misura le caratteristiche ambientali, rendendole ostili alla vita vegetale o animale e provocando l’alterazione degli ecosistemi naturali.

L’attenzione sempre crescente a questo fenomeno ha portato alla sensibilizzazione degli organi di governo che hanno adottato misure sempre più restrittive e rivolte ad una graduale diminuzione delle fonti di inquinamento ed ad un progressivo recupero dei corsi d’acqua già inquinati.

Il D.M. 6-11-2003 n. 367 concerne la fissazione degli standards di qualità per le sostanze pericolose ai sensi dell’articolo 3, comma 4, del D.Lgs 11 maggio 1999, n. 152.

Tale D.Lgs pone i suoi limiti in base alla direttiva 76/464/CEE relativa all’inquinamento provocato da sostanze pericolose, come già detto.

Tale decreto ha tenuto conto della direttiva 2000/60/CE del 23 ottobre 2000 e della decisione 2455/2001/CE del 20 novembre 2001 ha individuato standards di qualità chimica.

Gli standards, da applicare ai corsi d’acqua superficiali, sotterranei e sedimenti, devono essere raggiunti entro il 2008. Questa data rappresenta un obiettivo intermedio, rispetto a quello ben più avanzato del 2015, in modo da poter garantire la tutela della salute umana fino al raggiungimento di quest’ultimo traguardo.

Il monitoraggio delle sostanze riportate nel regolamento del D.M. 6-11-2003 n. 367 devono essere eseguite con frequenza mensile fino al raggiungimento dell’obiettivo di qualità.

Solo in seguito sarà possibile diminuire la frequenza dei monitoraggi con cadenza trimestrale ad eccezione delle sostanze identificate con la lettera P (prioritarie) o con PP (prioritarie pericolose) per le quali resta fissata la cadenza mensile.

La scelta delle stazioni di monitoraggio deve essere effettuata secondo le modalità del punto 3.2.2.1 dell’allegato 1 del D.Leg n. 152 del 1999.

I corpi idrici significativi sono differenziati in corpi idrici superficiali e sotterranei.

La qualità ambientale dei corsi idrici superficiali è definita sulla base dello stato ecologico, dello stato chimico e dello stato ambientale del corpo idrico.

Lo stato ecologico è l'espressione degli ecosistemi acquatici e della natura chimico-fisica del corpo idrico.

Per la valutazione completa dello stato ecologico dei corpi fluviali si utilizza l'indice biotico esteso (IBE).

Esso si basa sulla diversa sensibilità agli inquinanti di alcuni gruppi faunistici e sulla diversità biologica presente nella comunità dei macroinvertebrati bentonici, ovvero quegli organismi con dimensione superiore al millimetro che vivono a contatto con il fondo.

Per le acque superficiali, inoltre si utilizza anche la valutazione della qualità degli elementi biologici e quelli morfologici dei corpi idrici, definiti con apposito decreto ministeriale su proposta dell'ANPA.

Lo stato chimico è definito in base alla presenza di microinquinanti, ovvero sostanze risultate pericolose per l'ambiente e per l'uomo.

La loro valutazione è fatta in base al confronto con i valori soglia riportati nella direttiva 76/464/CEE.

Lo stato ambientale è definito in relazione alla qualità degli elementi chimico-fisici e morfologici presenti, la presenza o meno di impatti antropici e la qualità biologica in relazione a ciò che riporta la tabella 2 dell'allegato 1 del D.leg. 11-maggio-1999 n.152.

Per quanto concerne i corpi idrici sotterranei il suddetto D.Leg prevede la definizione solamente dei cinque stati di qualità ambientali riportati nella tabella 3.

La fase fondamentale per il raggiungimento dell'obiettivo di qualità ambientale risiede nel monitoraggio.

Il monitoraggio si articola in due fasi, una prima fase conoscitiva ed una seconda fase nella quale vengono effettuate le verifiche di raggiungimento o mantenimento dell'obiettivo di qualità.

- **CORSI D'ACQUA**

Le determinazioni su matrice acquosa sono effettuate in base a due parametri, i macrodescrittori della tabella seguente ed i valori di indice biotico esteso (IBE).

| | |
|--------------------------------------|--|
| Portata (m ³ /s) | Ossigeno disciolto (mg/L) |
| Ph | BOD ⁵ (O ₂ mg/L) |
| SOLIDI SOSPESI (mg/L) | COD (O ₂ mg/L) |
| Temperatura (°C) | Ortofosfato (P mg/L) |
| Conducibilità (μS/cm (20°C)) | Fosforo totale (P mg/L) |
| Durezza (mg/L di CaCO ₃) | Cloruri (Cl ⁻ mg/L) |
| Azoto totale (Nmg/L) | Solfati (SO ₄ ²⁻ mg/L) |
| Azoto ammoniacale (N mg/L) | Escherichia coli (UFC/100 mL) |
| Azoto nitrico (N mg/L) | |

- **LAGHI**

| | |
|--|--|
| Temperatura (°C) | Ph |
| Alcalinità (mg/L Ca (HCO ₃) ₂) | Trasparenza (m9 |
| Ossigeno disciolto (mg/L) | Ossigeno ipolimnico (% di saturazione) |
| Clorofilla "a" (μg/L) | Fosforo totale (P mg/L) |
| Ortofosfato (P mg/L) | Azoto nitroso (N μg/L) |
| Azoto nitrico (N mg/L) | Azoto ammoniacale (N mg/L) |
| Conducibilità Elettrica specifica(μS/cm (20°C)) | Azoto totale (Nmg/L) |

- **ACQUE MARINE COSTIERE**

| | |
|-------------------------|----------------------------|
| Temperatura (°C) | Ossigeno disciolto (mg/L) |
| Ph | Clorofilla “a” (µg/L) |
| Trasparenza (m) | Azoto totale (Nmg/L) |
| Salinità (psu) | Azoto ammoniacale (N mg/L) |
| Ortofosfato (P mg/L) | Azoto totale (Nmg/L) |
| Fosforo totale (P mg/L) | Azoto nitroso (N µg/L) |
| Enterococchi (UFC/mL) | |

I valori dei microdescrittori, per i corpi idrici superficiali, sono individuati nelle tabelle riportate di seguito, con i relativi materiali di riferimento attualmente in commercio.

METALLI: D = acqua dolce; M = acqua marina ; L = acqua di lago P= sostanze pericolose; PP= sostanze pericolose prioritarie.

| SOSTANZA | LIM.LEGGE | | PRODUTT. | MATERIALI DI RIFERIMENTO | CONC. CERTIFICATA |
|---------------|---------------|---------------|----------------------------------|--|--|
| | Al 2015 | Al 2008 | | | |
| Arsenico | 2 µg/L (D) | 5 µg/L (D) | NRC.CMRC | SLEW -2 (estuario) SLRS-3 (fluviale) SLRS-4 JAC 0031 JAC 0032 | 0,792 µg/Kg 0,72 µg/Kg 0,68 µg/Kg 0,28 µg/L 5,5 µg/L |
| | 1,4 µg/L (L) | 1,6 µg/L (L) | NRC.CMRC. | TM-23.2 TM-26.2 TM-27.2 TM-28 TMDA-51.2 TMDA-52.2 TMDA-53.2 TMDA-54.2 | 8,5 µg/Kg 7,7 µg/Kg 2,4 µg/Kg 3,1 µg/Kg 15,3 µg/Kg 25,8 µg/Kg 33,9 µg/Kg 25 µg/Kg |
| | 1,4 µg/L (M) | 1,6 µg/L (M) | IRMM NRC.CMRC | BCR-403 CASS 3 | 1,461 µg/Kg (filtro) 1,09 µg/Kg |
| Cadmio (PP) | 0,1 µg/L (D) | 1 µg/L (D) | NRC.CMRC | SLEW -2 (estuario) SLRS-3 SLRS-4 JAC 0031 JAC 0032 LGC6019 | 0,019 µg/Kg 0,013 µg/Kg 0,012 µg/Kg 0,003 µg/L 1,00 µg/L 0,11 µg/L |
| | 0,03 µg/L (L) | 0,2 µg/L (L) | NRC.CMRC. | TM-23.2 TM-26.2 TM-27.2 TM-28 TMDA-51.2 TMDA-52.2 TMDA-53.2 TMDA-54.2 | 2,6 µg/Kg 6,8 µg/Kg 1,2 µg/Kg 1,2 µg/Kg 25,1 µg/Kg 91,4 µg/Kg 122 µg/Kg 185 µg/Kg |
| | 0,03 µg/L (M) | 0,2 µg/L (M) | IRMM NRC.CMRC | BCR-403 CASS 3 | 0,01967 µg/Kg (filtro) 0,030 µg/Kg |
| Mercurio (PP) | 0,02 µg/L (D) | 0,05 µg/L (D) | Research Intitute Irrigation for | SIRM 12-3-10 (in acqua) | 0,0011 µg/g |
| | 1,4 µg/L (L) | 0,03 µg/L (L) | IRMM | BCR-579 | 0,00185 µg/Kg |
| | 1,4 µg/L (M) | 0,03 µg/L (M) | | | |

| | | | | | |
|----------------|---------------|---------------|------------------|--|---|
| Cromo | 1,5 µg/L (D) | 4 µg/L (D) | NRC.CMRC | SLEW -2 (estuario) SLRS-3 (fluviale) SLRS-4 | 0,169 µg/Kg 0,30 µg/Kg 0,33 µg/Kg |
| | | | JSAC | JAC 0031 JAC 0032 | 0,14 µg/L 10,1 µg/L |
| | | | LGC | LGC6019 | 0,78 µg/L |
| | 0,5 µg/L (L) | 0,7 µg/L (L) | NRC.CNRC. | TM-23.2 TM-26.2 TM-27.2 TM-28 TMDA-51.2 TMDA-52.2 TMDA-53.2 TMDA-54.2 | 6,5 µg/Kg 11,1 µg/Kg 1,9 µg/Kg 0,78 µg/Kg 62,5 µg/Kg 165 µg/Kg 312 µg/Kg 432 µg/Kg |
| | 0,5 µg/L (M) | 0,7 µg/L (M) | NRC.CMRC | CASS-3 | 0,092 µg/Kg |
| Nichel (PP) | 1,3 µg/L (D) | 3 µg/L (D) | NRC.CMRC | SLEW -2 (estuario) SLRS-3 SLRS-4 | 0,709 µg/Kg 0,83 µg/Kg 0,67 µg/Kg |
| | | | JSAC | JAC 0032 | 10,2 µg/L |
| | | | LGC | LGC6016 (estuario) LGC6019 | 186 µg/L 2,6 µg/L |
| | | | IRMM | BCR-505 | 1,41 µg/Kg |
| | 0,6 µg/L (L) | 1,5 µg/L (L) | NRC.CNRC. | TM-23.2 TM-26.2 TM-27.2 TM-28 TMDA-51.2 TMDA-52.2 TMDA-53.2 TMDA-54.2 | 5,3 µg/Kg 9,9 µg/Kg 2,5 µg/Kg 19,3 µg/Kg 66,7 µg/Kg 268 µg/Kg 319 µg/Kg 325 µg/Kg |
| | 0,6 µg/L (M) | 1,5 µg/L (M) | IRMM NRC.CMRC | BCR-403 CASS 3 | 0,02583 µg/Kg (filtro) 0,386 µg/Kg |
| Piombo (PP) | 0,4 µg/L (D) | 2 µg/L (D) | NRC.CMRC | SLEW -2 (estuario) SLRS-3 SLRS-4 | 0,027 µg/Kg 0,068 µg/Kg 0,086 µg/Kg |
| | | | JSAC | JAC 0031 JAC 0032 | 0,026 µg/L 9,9 µg/L |
| | | | LGC | LGC6016 (estuario) LGC6019 | 196 µg/L 5,2 µg/L |
| | 0,06 µg/L (L) | 0,15 µg/L (L) | NRC.CMRC. | TM-23.2 TM-22.2 TM-27.2 TM-28 TMDA-51.2 TMDA-52.2 TMDA-53.2 TMDA-54.2 | 3,8 µg/Kg 9,9 µg/Kg 3,2 µg/Kg 3,0 µg/Kg 72,9 µg/Kg 368 µg/Kg 360 µg/Kg 531 µg/Kg |
| | 0,06 µg/L (M) | 0,15 µg/L (M) | IRMM NRC.CMRC | BCR-403 CASS 3 | 0,0242 µg/Kg (filtro) 0,012 µg/Kg |

ORGANOMETALLI:

| SOSTANZA | LIM.LEGGE | | PRODUTT. | MATERIALI DI RIFERIMENTO | CONC. CERTIFICATA |
|--------------------------|-------------|------------|----------|--------------------------|-------------------|
| | Al 2015 | Al 2008 | | | |
| Dibutilstagno Catione | 0,001 µg/L | 0,01 µg/L | | | |
| Tetrabutilstagno | 0,0001 µg/L | 0,001 µg/L | | | |
| Tributilstagno (PP) | 0,0001 µg/L | 0,001 µg/L | | | |
| Trifenilstagno | 0,0005 µg/L | 0,005 µg/L | | | |
| Cloruro di dibutilstagno | 0,001 µg/L | 0,01 µg/L | | | |

IPA:

| SOSTANZA | LIM.LEGGE | | PRODUT T. | MATERIALI DI RIFERIMENTO | CONC. CERTIFICATA |
|------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------|--------------------------|-------------------|
| | Al 2015 | Al 2008 | | | |
| Benzo(a)pirene (PP) | 0,001 µg/L | 0,04 (D) µg/L 0,003 (M-L) µg/L | | | |
| Benzo(b)fluorantene (PP) | 0,001 µg/L | 0,04 (D) µg/L 0,003 (M-L) µg/L | | | |
| Benzo(k)fluorantene (PP) | 0,001 µg/L | 0,04 (D) µg/L 0,003 (M-L) µg/L | | | |
| Benzo(g,h,i) terilene (PP) | 0,001 µg/L | 0,04 (D) µg/L 0,003 (M-L) µg/L | | | |
| Indeno(1,2,3-cd) pirene (PP) | 0,001 µg/L | 0,04 (D) µg/L 0,003 (M-L) µg/L | | | |
| Antracene (P) | 0,01 (D) µg/L 0,006 (M-L) µg/L | 0,1 (D) µg/L 0,01 (M-L) µg/L | | | |
| Fluorantene (P) | 0,01 µg/L | 0,1 µg/L | | | |
| Naftaline (P) | 0,01 µg/L | 0,1 µg/L | | | |

VOC:

| SOSTANZA | LIM.LEGGE | | PRODUTT | MATERIALI DI RIFERIMEN TO | CONC. CERTIFICAT A |
|--------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------|------------------------------------|--------------------------|
| | Al 2015 | Al 2008 | | | |
| Benzene (P) | 0,2 (D) µg/L 0,1 (M-D) µg/L | 0,5 (D) µg/L 0,25 (M-D) µg/L | | | |
| Etilbenzene | 1 (D) µg/L 0,1 (M-D) µg/L | 5 (D) µg/L 0,5 (M-D) µg/L | | | |
| Isopropilbenzene | 1 (D) µg/L 0,1 (M-D) µg/L | 5 (D) µg/L 0,5 (M-D) µg/L | | | |
| Toluene | 1 (D) µg/L 0,1 (M-D) µg/L | 5 (D) µg/L 0,5 (M-D) µg/L | | | |
| Xileni | 1 (D) µg/L 0,1 (M-D) µg/L | 5 (D) µg/L 0,5 (M-D) µg/L | | | |
| Clorobenzene | 1 (D) µg/L 0,1 (M-D) µg/L | 5 (D) µg/L 0,5 (M-D) µg/L | | | |
| 1,2 Diclorobenzene | 1 (D) µg/L 0,1 (M-D) µg/L | 5 (D) µg/L 0,5 (M-D) µg/L | | | |
| 1,3 Diclorobenzene | 1 (D) µg/L 0,1 (M-D) µg/L | 5 (D) µg/L 0,5 (M-D) µg/L | | | |
| 1,4 Diclorobenzene | 1 (D) µg/L 0,1 (M-D) µg/L | 5 (D) µg/L 0,5 (M-D) µg/L | | | |
| Triclorobenzeni | 0,1 (D) µg/L 0,01 (M-D) µg/L | 1 (D) µg/L 0,1 (M-D) µg/L | | | |
| 1,2,4 Triclorobenzene | 1 (D) µg/L 0,005 (M-D) µg/L | 0,1 (D) µg/L 0,05 (M-D) µg/L | | | |
| 2-Clorotoluene | 1 (D) µg/L 0,01 (M-D) µg/L | 1 (D) µg/L 0,1 (M-D) µg/L | | | |
| 3-Clorotoluene | 1 (D) µg/L 0,01 (M-D) µg/L | 1 (D) µg/L 0,1 (M-D) µg/L | | | |
| 4-Clorotoluene | 1 (D) µg/L 0,01 (M-D) µg/L | 1 (D) µg/L 0,1 (M-D) µg/L | | | |
| 3-Cloropropene | | 10 (D) µg/L 1 (M-D) µg/L | | | |
| 1,1 Dicloroetano | | 10 (D) µg/L 1 (M-D) µg/L | | | |
| 1,2 Dicloroetano | 0,3 (D) µg/L 0,1 (M-L) µg/L | 3 (D) 0,4 (M-L) | | | |
| 1,1 Dicloroetene | | 10 (D) µg/L 1 (M-D) µg/L | | | |
| 1,2 Dicloroetene | | 10 (D) µg/L 1 (M-D) µg/L | | | |
| 1,2 Dicloropropano | | | | | |

| | | | | | |
|-----------------------------|-------------------------------|---------------------------------|--|--|--|
| 1,2 Dibromoetano | | 10 (D) µg/L 1 (M-D) µg/L | | | |
| 1,3 Dicloropropene | | 2 (D) 0,2 (M-L) | | | |
| 2,3 Dicloropropene | | 1 (D) 0,1 (M-L) | | | |
| 1,1,2,2 Tetracloroetano | | ND | | | |
| Tetraclorometano | | 10 (D) µg/L 1 (M-D) µg/L | | | |
| 1,1,1 Tricloroetano | 1 (D) µg/L | 17 (D) µg/L 0,7 (M-D) µg/L | | | |
| 1,1,2 Tricloroetano | | 10 (D) µg/L 0,1 (M-D) µg/L | | | |
| Cloroetene | | 10 (D) µg/L 1 (M-D) µg/L | | | |
| Diclorometano | | 0,5 (D) µg/L 0,05 (M-D) µg/L | | | |
| Esaclorobutadiene (PP) | 1 (D) µg/L 0,1 (M-L) µg/L | 10 (D) µg/L 0,1 (M-D) µg/L | | | |
| Triclorometano (P) | 0,001 µg/L | 0,01 | | | |
| Tricloroetilene | 1 (D) µg/L 0,01 (M-L) µg/L | 10 (D) µg/L 0,1 (M-D) µg/L | | | |
| Tetracloroetilene | | 10 (D) µg/L 1 (M-D) µg/L | | | |
| 2-Cloroetanolo | | 10 (D) µg/L 1 (M-D) µg/L | | | |
| 1,3 Dicloro-2- propanolo | | ND | | | |
| Dicloro-di- isopropilene | | ND | | | |
| Epicloridina | | ND | | | |
| | | 10 (D) µg/L 1 (M-D) µg/L | | | |

NITROAROMATICI:

| SOSTANZA | LIM.LEGGE | | PRODUTT | MATERIALI DI RIFERIMENTO | CONC. CERTIFICATA |
|---------------------------|-----------|--------------------------------------|---------|--------------------------|-------------------|
| | Al 2015 | Al 2008 | | | |
| 1 Cloro2-4-dinitrobenzene | | ND | | | |
| 1 Cloro2-nitrobenzene | | 1Dµg/L 0,1 M-Lµg/L provvisorio | | | |
| 1 Cloro3-nitrobenzene | | 1Dµg/L 0,1 M-Lµg/L provvisorio | | | |
| 1 Cloro4-nitrobenzene | | 1Dµg/L 0,1 M-Lµg/L provvisorio | | | |
| 4 Cloro2-nitrotoluene | | 1Dµg/L 0,1 M-Lµg/L provvisorio | | | |
| Cloronitrotoluene (*) | | 1Dµg/L 0,1 M-Lµg/L provvisorio | | | |
| Dicloronitrobenzene (*) | | 1Dµg/L 0,1 M-Lµg/L provvisorio | | | |

ALOFENOLI:

| SOSTANZA | LIM.LEGGE | | PRODUTT. | MATERIALI DI RIFERIMENTO | CONC. CERTIFICATA |
|----------------------------|----------------------------|--------------------------|-------------|--------------------------|------------------------------------|
| | Al 2015 | Al 2008 | | | |
| 2-Clorofenolo | 1D µg/L 0,1 M-L µg/L | 10 D µg/L 1 M-L µg/L | NIST | SRM 1584 | 0,0082% (calibr.) |
| 3- Clorofenolo | 1D µg/L 0,1 M- L µg/L | 5 D µg/L 0,5 M-L µg/L | | | |
| 4-Clorofenolo | 1D µg/L 0,1 M-L µg/L | 4 D µg/L 0,4 M-L µg/L | | | |
| 2,4,5- Triclorofenolo | 0,3D µg/L 0,03 M-L µg/L | 1D µg/L 0,1 M-L µg/L | SMU | C06 | 0,993 mg/ml |
| 2,4,6- Triclorofenolo | 0,3D µg/L 0,03 M-L µg/L | 1D µg/L 0,1 M-L µg/L | NIST | SRM 1584 | 0,00261 (calibr.) |
| | | | SMU | C06 | 0,989 mg/ml |
| 2-4 Diclorofenolo | 0,3D µg/L 0,03 M-L µg/L | 1D µg/L 0,1 M-L µg/L | NIST | SRM 1584 | 0,00456 % (calibr.) |
| | | | SMU | C06 | 0,990 mg/ml |
| Pentaclorofenolo (P) | 0,01 µg/L | 0,1 µg/L | NIST SMU | SRM 1584 C06 | 0,00197 % (calibr.) 0,992 mg/ml |
| 2 ammino-4- clorofenolo | | ND | | | |
| 4 Cloro 3- metilfenolo | | ND | | | |

ANILINE:

| SOSTANZA | LIM.LEGGE | | PRODUTT. | MATERIALI DI RIFERIMENTO | CONC. CERTIFICATA |
|----------------------|------------------------------|----------------------------|----------|--------------------------|-------------------|
| | Al 2015 | Al 2008 | | | |
| 2 Cloroanilina | 0,1D µg/L 0,01 M-L µg/L | 1D µg/L 0,1 M-L µg/L | | | |
| 3 Cloroanilina | 0,2D µg/L 0,02 M-L µg/L | 2D µg/L 0,2 M-L µg/L | | | |
| 4 Cloroanilina | 0,1D µg/L 0,01 M-L µg/L | 1D µg/L 0,1 M-L µg/L | | | |
| 3,4-dicloraanilina | 0,05D µg/L 0,005 M-L µg/L | 0,1D µg/L 0,01 M-L µg/L | | | |
| 4-Cloro-nitroanilina | | ND | | | |

PESTICIDI:

| SOSTANZA | LIM.LEGGE | | PRODUTT. | MATERIALI DI RIFERIMENTO | CONC. CERTIFICATA |
|-------------------------------------|--------------|------------------------|----------|----------------------------------|---|
| | Al 2015 | Al 2008 | | | |
| Acido cloroacetico | 0,1 µg/L | 1D µg/L 0,5 -L µg/L | | | |
| Acido 2,4-diclorofenossipropoico | 0,1 µg/L | 1D µg/L 0,5 -L µg/L | | | |
| Acido 2,4 metilclorofenossipropoico | 0,1 µg/L | 1D µg/L 0,5 -L µg/L | | | |
| Acido 2,4 metilclorofenossiacetico | 0,1 µg/L | 1D µg/L 0,5 -L µg/L | | | |
| Acido 2,4,diclorofenossiacetico | 0,1 µg/L | 1D µg/L 0,5 -L µg/L | | | |
| Acido 2,4,5, triclorofenossiacetico | 0,1 µg/L | 1D µg/L 0,5 -L µg/L | | | |
| Isodrin | | ND | | | |
| Aldrin | 0,00005 µg/L | 0,0001 µg/L | NIST | SRM 1492 SRM 1583 SRM 2261 | 3,04 E-05 % 8,60 E-05 % 0,0003029 % |
| Dieldrin | 0,00005 µg/L | 0,0001 µg/L | NIST | SRM 1492 SRM 2261 | 3,07 E-05 % 0,0003012 % |
| Endrin | 0,00006µg/L | 0,0006µg/L | | | |
| Clordano | 0,00006 µg/L | 0,0006µg/L | | | |
| Diclorodifeniltricloroetano DDT | 0,00002µg/L | 0,0002 /L | NIST | SRM 1492 SRM 2261 | (4;4') 3,02 E-05 % 0,0003004 % |
| Diclorodifenildicloroetilene DDE | 0,00002 µg/L | 0,0002µg/L | NIST | SRM 1492 SRM 2261 | (4;4') 3,06 E-05 % 0,0003019 % |

| | | | | | |
|----------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|------|-------------------------|----------------------------|
| Diclorodifenildicloroetano (DDD) | 0,00003µg/L | 0,0003µg/L | | | |
| Eptacloro | 0,00001µg/L | 0,0001 µg/L | NIST | SRM 1492 SRM 2261 | 2,99 E-05 % 0,0003020 % |
| Endosulfan | 0,00001µg/L | 0,0001 µg/L | | | |
| Alfa Endosulfan | 0,00001µg/L | 0,0001 µg/L | | | |
| Lindano (PP) | 0,001 D µg/L 0005 M-L µg/L | 0,001 D µg/L 0005 M-L µg/L | NIST | SRM2261 SIRM 10-2-05 | 0,0003002 % 0,1 % |
| Esaclorocicloesano alfa (PP) | 0,0002 µg/L | 0,002 µg/L | | | |
| Esaclorocicloesano beta (PP) | 0,0002 µg/L | 0,002 µg/L | | | |
| Esaclorobenzene (PP) | | 0,0003 µg/L | | | |
| Linuron | 0,02 D µg/L 0,01 M-L µg/L | 0,2 D µg/L 0,1 M-L µg/L | | | |
| Monolinuron | 0,02 D µg/L 0,01 M-L µg/L | 0,2 D µg/L 0,1 M-L µg/L | | | |
| Diurno | 0,02 D µg/L 0,01 M-L µg/L | 0,2 D µg/L 0,1 M-L µg/L | | | |
| Isoproturon | 0,02 D µg/L 0,01 M-L µg/L | 0,2 D µg/L 0,1 M-L µg/L | | | |
| Atrazina | 0,01 µg/L | 0,05 µg/L | | | |
| Simazina | 0,02 D µg/L 0,01 M-L µg/L | 0,2 D µg/L 0,1 M-L µg/L | | | |
| Demeton | 0,01 µg/L | 0,1 µg/L | | | |
| Dimetoato | 0,01 µg/L | 0,1 µg/L | | | |
| Disulfoton | 0,01 µg/L | 0,1 µg/L | | | |
| Metamidofos | 0,01 µg/L | 0,1 µg/L | | | |
| Mevinfos | 0,001 µg/L | 0,01 µg/L | | | |
| Cumafos | | 0,01 µg/L provvisorio | | | |
| Clorfenvinfos | 0,0002 µg/L | 0,002 µg/L | | | |

| | | | | | |
|--------------------|------------------------------------|--|------|------------------------------------|-----------------------------------|
| Diclorvos | 0,0001 µg/L | 0,001 µg/L | | | |
| Ometoato | 0,001 µg/L | 0,01 µg/L | | | |
| Ossidemeton-metile | | 0,03 µg/L | | | |
| Foxim | 0,01 µg/L | 0,1 µg/L | | | |
| Triazofos | 0,005 µg/L | 0,03 µg/L | | | |
| Azinfos etile | 0,001 µg/L | 0,01 µg/L | | | |
| Azinfos metile | 0,001 µg/L | 0,01 µg/L | | | |
| Clorpirinfos | 0,0001 µg/L | 0,001 µg/L | | | |
| Malation | 0,001 µg/L | 0,01 µg/L | LGC | LGC1205 | 99,4 % |
| Paration etile | 0,001 µg/L | 0,01 µg/L | | | |
| Paration metile | 0,001 µg/L | 0,01 µg/L | | | |
| Fention | 0,001 µg/L | 0,01 µg/L | | | |
| Fenitroton | 0,001 µg/L | 0,01 µg/L | | | |
| Triclorfon | | ND | | | |
| Alachlor | 0,03 D µg/L 0,01 M-L µg/L | 0,1 D µg/L 0,03 M- µg/L | | | |
| Proponile | | ND | | | |
| Bifenile | | 1 D µg/L 0,1 M-L µg/L provvisori | NIST | SRM1491 SRM2260 SIRM 10-2-06 | 0,001046 % 0,007614 % 0,1 % |
| Pirazone | | 1 D µg/L 0,1 M-L µg/L provvisori | | | |
| Trifluralin | 0,003 D µg/L 0,0006 M-L µg/L | 0,03 µg/L | | | |
| Bentazone | 0,1 µg/L | 1 µg/L | | | |

COMPOSTI ORGANICI SEMIVOLATILI:

| SOSTANZA | LIM.LEGGE | | PRODUTT. | MATERIALI DI RIFERIMENTO | CONC. CERTIFICATA |
|-----------------------------------|-------------------------------|---|----------|--------------------------|-------------------|
| | Al 2015 | Al 2008 | | | |
| Benzidina | | 0,00008 µg/L Provvisorio | | | |
| Diclorobenzidina | | ND | | | |
| Cloronaftaleni | 0,01 D µg/L 0,001 M-L µg/L | 0,1 D µg/L 0,01 M-L µg/L | | | |
| a clorotoluene | 1 D µg/L 0,1 M-L µg/L | 1 D µg/L 0,1 M-L µg/L | | | |
| a , a Diclorotoluene | | N D | | | |
| 1,2,4,5, Tetraclorobenzen e | 0,1 D µg/L 0,01 M-L µg/L | 1 D µg/L 0,1 M-L µg/L | | | |
| Pentaclorobenzen e (P) | 0,003 µg/L | 0,03 µg/L | | | |
| Esacloroetano | | 1 D µg/L 0,1 M-L µg/L provvisorio | | | |
| Clorotoluidina | | ND | | | |
| 2- Cloro-4- amminotoluene | | ND | | | |
| Cloroamminotolu ene | | ND | | | |
| 2 Cloro-1,3- butadiene | | ND | | | |
| 1,1,2,Triclorotri- Fluoroetano | | 1 D µg/L 0,1 M-L µg/L provvisorio | | | |
| Cloroalcani | | 0,5 D µg/L 0,1 M-L µg/L provvisorio | | | |
| Tributilfosfato | | ND | | | |
| Pentabromodifeni | | | | | |

| | | | | | |
|-----------------------------------|---------------------------------|-------------------------------|----------|---|---|
| letere bromurato (PP) | 0,0005 µg/L | 0,001 µg/L | | | |
| Difenileteri bromurati totali (P) | | ND | | | |
| Dietilammina | 5 D µg/L 0,5 M-L µg/L | 10 D µg/L 1 M-L µg/L | | | |
| Dimetilammina | 5 D µg/L 0,5 M-L µg/L | 10 D µg/L 1 M-L µg/L | | | |
| Nonilfenolo(PP) | 0,03 D µg/L 0,003 M-L µg/L | 0,3 D µg/L 0,03 M-L µg/L | | | |
| 4 (para)-Nonilfenolo | 0,001 D µg/L 0,0006 M-L µg/L | 0,01 D µg/L 0,006 M-L µg/L | | | |
| Ottifenolo(P) | 0,01 D µg/L 0,001 M-L µg/L | 0,1 D µg/L 0,005 M-L µg/L | | | |
| Para-terz-ottifenolo (P) | 0,01 D µg/L 0,001 M-L µg/L | 0,1 D µg/L 0,005 M-L µg/L | | | |
| 2,4,6,-Tricloro1,3,5, triazina | | ND | | | |
| Di (2etilesilftalato) (P) | 0,3 D µg/L 0,03 M-L µg/L | 1 D µg/L 0,1 M-L µg/L | | | |
| PCB totali | | 0,00006 µg/L | IRMM | BCR-365 PCB28 52 101 118 138 153 ... 180 | 24,8 µg/g 14,8 µg/g 14,4 µg/g 149 µg/g 8,6 µg/g 14,2 µg/g 15,2 µg/g |
| | | | LGC | LGC6147 PCB 128 156 | 1,5 µg/Kg 2,1 µg/Kg |
| | | | BAM | BAM-CRM 5001 PBC 52 118 138 153 180 | 790 µg/Kg 860 µg/Kg 800 µg/Kg 700 µg/Kg 110 µg/Kg |
| | | | NRC,CNRC | CLB 1 PCB 118 153 | 3,4 µg/g 7,3 µg/g |
| | | | NRC,CNRC | CLB 2 PCB 153 | 23,1 µg/g |
| | | | NRC,CNRC | CARP 1 PCB118 153 180 | 132 µg/g 83 µg/g 46 µg/g |

- **ACQUE SOTTERRANEE:**

Per la valutazione ed il monitoraggio di un corpo idrico sotterraneo è necessaria una preventiva ricostruzione del modello idrogeologico.

Innanzitutto si devono individuare i principali acquiferi. Definire le modalità di alimentazione, deflusso e recapito, identificare i rapporti tra le acque superficiali e sotterranee. Si devono individuare eventuali pozzi e sorgenti e verificare le caratteristiche idrochimiche.

Anche in questo caso il monitoraggio è articolato in due fasi, la prima conoscitiva e la seconda di monitoraggio effettivo.

Durante la fase iniziale il monitoraggio ha come scopo principale acquisire informazioni necessarie alla definizione del bilancio idrico del bacino.

La fase iniziale ha una durata di 24 mesi e ha la finalità di definire le caratteristiche per la classificazione del bacino.

I parametri da utilizzare in questa fase sono riportati nella tabella seguente:

| | |
|--|---------------------|
| Temperatura (°C) | Potassio (mg/L) |
| Durezza totale (mg/L CaCO ₃) | Sodio (mg/L) |
| Conducibilità Elettrica (µS/cm (20°C)) | Solfati (mg/L) |
| Bicarbonati (mg/L) | Ione ammonio (mg/L) |
| Calcio (mg/L) | Ferro (mg/L) |
| Cloruri (mg/L) | Manganese (g/L) |
| Magnesio (mg/L) | Nitrati (mg/L) |

Per ciò che riguarda le analisi dei microinquinanti si possono vedere le tabelle seguenti:

METALLI:

| SOSTANZA | LIM.LEGGE | PRODUTT. | MATERIALI DI RIFERIMENTO | CONC. CERTIFICATA |
|------------|-----------|----------|--------------------------|---|
| Alluminio | 200 µg/L | IRMM | BCR-609 BCR-610 | 47,7 µg/Kg (filtro) 159 µg/Kg (filtro) |
| Antimonio | 5 µg/L | | | |
| Argento | 10 µg/L | | | |
| Arsenico | 10 µg/L | IRMM | BCR-609 BCR-610 | 1,20 µg/Kg (filtro) 10,8 µg/Kg (filtro) |
| Berillio | 4 µg/L | | | |
| Cadmio | 5 µg/L | IRMM | BCR-609 BCR-610 | 0,164 µg/Kg (filtro) 2,94 µg/Kg (filtro) |
| Cobalto | 50 µg/L | | | |
| Cromo (IV) | 50 µg/L | | | |
| Ferro | 200 µg/L | | | |
| Mercurio | 1 µg/L | | | |
| Nichel | 20 µg/L | | | |
| Piombo | 10 µg/L | IRMM | BCR-609 BCR-610 | 1,63 µg/Kg (filtro) 7,78 µg/Kg (filtro) |
| Rame | 1000 µg/L | IRMM | BCR-609 BCR-610 | 2,48 µg/Kg (filtro) 45,7 µg/Kg (filtro) |
| Selenio | 10 µg/L | | | |
| Manganese | 50 µg/L | IRMM | BCR-616 BCR-617 | 0,0197 µg/g 0,050 µg/g |
| Tallio | 2 µg/L | | | |
| Zinco | 3000 µg/L | | | |

INQUINANTI INORGANICI:

| SOSTANZA | LIM.LEGGE | PRODUTT. | MATERIALI DI RIFERIMEN TO | CONC. CERTIFICATA |
|----------------|--------------------|----------|------------------------------------|--|
| Boro | 1000 μl | | | |
| Cianuri liberi | 50 μl | | | |
| Fluoruri | 1500 μl | | | |
| Nitriti | 500 μl | | | |
| Solfati(mg/L) | 250 μl | IRMM | BCR-616 BCR-617 | 57,3 $\mu\text{g/g}$ 26,3 $\mu\text{g/g}$ |

**COMPOSTI ORGANICI AROMATICI (ACQUE
SOTTERRANEE)**

| SOSTANZA | LIM.LEGGE | PRODUTT. | MATERIALI DI RIFERIMENTO | CONC. CERTIFICA TA |
|-----------------|------------------|-----------------|-------------------------------------|-----------------------------------|
| Benzene | 1 μ/l | | | |
| Etilbenzene | 50 μ/l | | | |
| Stirene | 25 μ/l | | | |
| Toluene | 15 μ/l | | | |
| Para-Xilene | 10 μ/l | | | |

POLICICLICI AROMATICI (ACQUE SOTTERRANEE)

| SOSTANZA | LIM.LEGGE | | PRODUTT. | MATERIALI DI RIFERIMENTO | CONC. CERTIFICAT A |
|----------------------------|-----------|-----|----------|--------------------------|--------------------|
| Benzo(a) antracenee | 0,1 | μ/l | | | |
| Benzo(a) pirene | 0,01 | μ/l | | | |
| Benzo(b) fluoroetene | 0,1 | μ/l | | | |
| Benzo(k) fluoroetene | 0,05 | μ/l | | | |
| Benzo (g,h,i) perilene | 0,01 | μ/l | | | |
| Crisene | 5 | μ/l | | | |
| Dibenzo (a,h) antracene | 0,01 | μ/l | | | |
| Indeno(1,2,3 – c,d) pirene | 0,1 | μ/l | | | |
| Pirene | 50 | μ/l | | | |

ALIFATICI CLORURATI CANCEROGENI:

| SOSTANZA | LIM.LEGGE | PRODUTT. | MATERIALI DI RIFERIMENTO | CONC. CERTIFICATA |
|---------------------------|----------------|----------|--------------------------|-------------------|
| Clorometano | 1,5 μ /l | | | |
| Triclorometano | 0,15 μ /l | | | |
| Cloruro di Vinile | 0,5 μ /l | | | |
| 1,2 Dicloroetano | 3 μ /l | | | |
| 1,1 Dicloroetilene | 0,05 μ /l | | | |
| 1,2, Dicloropropano | 0,15 μ /l | | | |
| 1,1,2- tricloroetano | 0,2 μ /l | | | |
| Tricloroetilene | 1,5 μ /l | | | |
| 1,2,3 Tricloropropano | 0,001 μ /l | | | |
| 1,1,2,2,- Tetracloroetano | 0,05 μ /l | | | |
| Tetracloroetilene | 1,1 μ /l | | | |
| Esaclorobutadiene | 0,15 μ /l | | | |

ALIFATICI CLORURATI NON CANCEROGENI:

| SOSTANZA | LIM.LEGGE | PRODUTT. | MATERIALI DI RIFERIMENTO | CONC. CERTIFICATA |
|--------------------|--------------------|----------|--------------------------|-------------------|
| 1,1- Dicloroetano | 810 μ/l | | | |
| 1,2 Dicloroetilene | 60 μ/l | | | |

ALIFATICI ALOGENATI CANCEROGENI:

| SOSTANZA | LIM.LEGGE | PRODUTT. | MATERIALI DI RIFERIMENTO | CONC. CERTIFICATA |
|--------------------|--------------------|----------|--------------------------|-------------------|
| Tribromoetano | 0,3 μ/l | | | |
| 1,2-Dibromoetano | 0,001 μ/l | | | |
| Dibromoclorometano | 0,13 μ/l | | | |
| Bromodiclorometano | 0,17 μ/l | | | |

NITROBENZENI:

| SOSTANZA | LIM.LEGGE | PRODUTT. | MATERIALI DI RIFERIMENTO | CONC. CERTIFICATA |
|---------------------|--------------------|----------|--------------------------|-------------------|
| Nitrobenzene | 3,5 μ/l | | | |
| 1,2- Dinitrobenzene | 15 μ/l | | | |
| 1,3 Dinitrobenzene | 3,7 μ/l | | | |
| Cloronitrobenzeni | 0,5 μ/l | | | |

CLOROBENZENI:

| SOSTANZA | LIM.LEGGE | PRODUTT. | MATERIALI DI RIFERIMENTO | CONC. CERTIFICATA |
|---------------------------|---------------|----------|--------------------------|-------------------|
| Monoclorobenzene | 40 μ /l | | | |
| 1,2 Diclorobenzene | 270 μ /l | | | |
| 1,4- Diclorobenzene | 0,5 μ /l | | | |
| 1,2,4 Triclorobenzene | 190 μ /l | | | |
| 1,2,4,5 Tetraclorobenzene | 1,8 μ /l | | | |
| Pentaclorobenzene | 5 μ /l | | | |
| Esacclorobenzene | 0,01 μ /l | | | |

FENOLI E CLOROBENZENI:

| SOSTANZA | LIM.LEGGE | PRODUTT. | MATERIALI DI RIFERIMENTO | CONC. CERTIFICATA |
|----------------------|--------------|----------|--------------------------|-------------------|
| 2- Clorofenolo | 810 μ /l | | | |
| 2,4 Diclorofenolo | 110 μ /l | | | |
| 2,4,6 Triclorofenolo | 5 μ /l | | | |
| Pentaclorofenolo | 0,5 μ /l | | | |

AMMINE AROMATICHE:

| SOSTANZA | LIM.LEGGE | PRODUTT. | MATERIALI DI RIFERIMENTO | CONC. CERTIFICATA |
|--------------|--------------------|----------|--------------------------|-------------------|
| Anilina | 10 μ/l | | | |
| Dfenilnilina | 910 μ/l | | | |
| p-toluidina | 0,35 μ/l | | | |

FITOAROMATICI:

| SOSTANZA | LIM.LEGGE | PRODUTT. | MATERIALI DI RIFERIMENTO | CONC. CERTIFICATA |
|-------------------------------|--------------------|----------|--------------------------|-------------------|
| Alacrol | 0,1 μ/l | | | |
| Aladrin | 0,03 μ/l | | | |
| Atrazina | 0,3 μ/l | | | |
| Alfa-esacloroesano | 0,1 μ/l | | | |
| Beta-esacloroesano | 0,1 μ/l | | | |
| Gamma-esacloroesano (Lindano) | 0,1 μ/l | | | |
| Lordano | 0,1 μ/l | | | |
| DDD,DDT,DDE | 0,1 μ/l | | | |
| Dieldrin | 0,03 μ/l | | | |
| Endrin | 0,1 μ/l | | | |

ALTRE SOSTANZE:

| SOSTANZA | LIM.LEGGE | PRODUTT. | MATERIALI DI RIFERIMENTO | CONC. CERTIFICATA |
|---------------------|----------------|----------|--------------------------|-------------------|
| PCB | 0,01 µ/l | | | |
| Acrilammide | 0,1 µ/l | | | |
| n- Esano | 350 µ/l | | | |
| Acido para- italico | 37000 µ/l | | | |
| Amianto fibre | da definire | | | |

CAPITOLO 4

I MATERIALI DI RIFERIMENTO PER I SUOLI

4.1 MATERIALI DI RIFERIMENTO SOLIDI

I MR solidi sono ottenuti principalmente da fonti naturali. Nella produzione di questo tipo di M.R., il problema di maggiore rilevanza è costituito dalla eterogeneità residua che può rimanere presente anche dopo le operazioni di macinatura, stoccaggio ed omogeneizzazione. E' quindi necessario un numero maggiore di prelievi e di modalità differenti unite ad operazioni di setacciamento, macinazione e omogeneizzazione del campione prelevato.

Si possono ottenere differenti tipi di MR da adottare con differenti scopi.

Un MR costituito da porzione di terreno più o meno estesa, con caratteristiche chimico-fisiche e di distribuzione degli elementi sufficientemente caratterizzata, può essere utile per verificare le strategie da adottare e l'idoneità delle attrezzature da utilizzare per il campionamento. In questo caso è molto importante la conoscenza delle caratteristiche di composizione e di morfologia e la loro stabilità nel tempo.

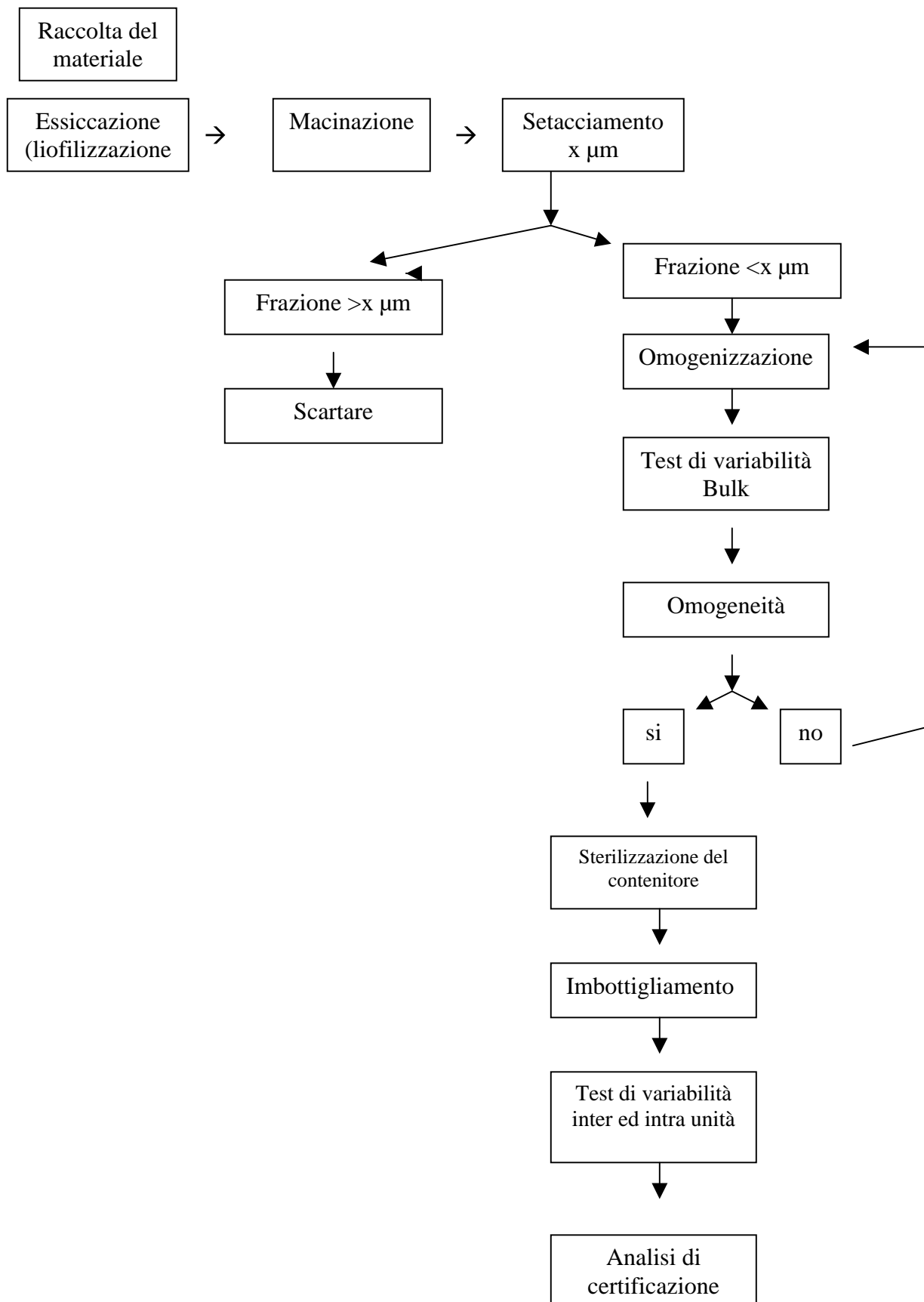
L'eterogeneità residua del MR va quantizzata e va espressa come contributo all'incertezza da associare al valore assegnato al materiale di riferimento per l'analita d'interesse.

In teoria un materiale è perfettamente omogeneo, relativamente ad un particolare analita, se non ci sono differenze tra una parte e l'altra. In pratica un materiale si considera omogeneo quando la differenza tra i valori misurati in due aliquote differenti di materiale è trascurabile rispetto all'incertezza associata ai risultati.

Un alto grado di omogeneità e stabilità, sono invece, requisiti fondamentali per l'utilizzo del MR nelle analisi

Lo schema seguente rappresenta, in generale, le fasi di preparazione di un materiale di riferimento solido.

- **Preparazione di un materiale di riferimento solido**



4.2 L' INQUINAMENTO DEI SUOLI

Sino dagli anni '80, il problema della necessità di salvaguardare la qualità dei suoli è stato largamente sottostimato in tutti i Paesi industrializzati.

Solo nel corso di quegli anni è maturata la consapevolezza che l'ecosistema "SUOLO" andasse preservato dall'inquinamento, in analogia a quanto già si faceva per le acque e l'aria.

Il ministero dell'ambiente ha emanato, in fine, il regolamento relativo ai criteri , procedure e modalità per la messa in sicurezza, la bonifica ad il ripristino ambientale dei siti inquinati (D.M.n° 471 del 25-10-1999)

L'entrata in vigore di tale decreto ministeriale ha segnato una tappa importante ed in qualche misura straordinaria, della politica ambientale nazionale. Dalla data di creazione del ministero dell'ambiente (L.349 dell'8-7-1996) si è avviata un'intensa fase di legislazione che di fatto ha portato l'Italia ad un sostanziale allineamento al diritto comunitario in campo ambientale.

Nel settore specifico dei siti inquinati, il legislatore italiano ha ritenuto necessario sia superare la normativa già esistente, sia anticipare eventuali dettati comunitari in materia. Si è così definito un regolamento largamente basato sull'impiego di rigidi limiti tabellari che definiscono con rigore il confine tra sito contaminato (da bonificare) e sito idoneo e le varie destinazioni.

Il provvedimento ministeriale, pur essendo complesso, è articolato in un preciso dettaglio delle attività da svolgere e dei compiti degli organismi di controllo e dei controllati.

Per la valutazione dell'ottenimento o del mantenimento dell'obiettivo di qualità, per le acque è necessaria anche l'analisi dei sedimenti delle acque superficiali.

Le analisi sui sedimenti sono da considerarsi come analisi supplementari.

Le determinazioni vanno effettuate in particolare per ricercare quegli inquinanti che presentano una maggiore affinità per i sedimenti rispetto alla matrice acquosa.

SEDIMENTI :

| SOSTANZA | LIM.LEGGE | PRODUTT. | MATERIALI DI RIFERIMENTO | CONC. CERTIFICATA |
|----------------|---------------|--|---|--|
| METALLI | | | | |
| Arsenico | 12 mg/Kg s.s | IAEA IRMM NIST NRCCRM LGC IRMM NRCCRM | IAEA-SL-1 BCR-320 SRM1646a GBW 08301 LGC6139 BCR-380 NIES No.2 GBW 07314 MESS-2 PACS-1 HISS-1 PACS-2 WQB-1 WQB-3 SUD-1 TH-1 TH-2 HR-1 LGC6156 LGC6187 NMIJ-CRM7302a NMIJ-CRM7303a IAEA-405 | 27,5 mg/Kg 76,7 mg/Kg 0,00062 % 56 µg/g 27 mg/Kg 51,0 µg/g 12 µg/g 10,3 µg/g 20,7 µg/g 211 µg/g 0,801 µg/g 26,2 µg/g 23,0 µg/g 18,8 µg/g 29,1 µg/g 9,7 µg/g 8,6 µg/g 6,81 µg/g 38,3 mg/Kg 24,0 mg/Kg 22,1 mg/Kg 8,6 mg/Kg 23,6 mg/Kg |
| Cadmio (PP) | 0,3 mg/Kg s.s | IAEA IRMM NIST NRCCRM LGC IRMM NRCCRM LGC IAEA | IAEA-SL-1 BCR-320 SRM 1646a GBW 08301 LGC6139 BCR-380 NIES No.2 GBW 07314 MESS-2 PACS-1 HISS-1 PACS-2 WQB-1 WQB-3 SUD-1 TH-1 TH-2 HR-1 LGC6156 LGC6187 NMIJ-CRM7302a NMIJ-CRM7303a IAEA-405 | 0,26 mg/Kg 0,533 mg/Kg 1,48E-05 % 2,45 µg/g 2,3 mg/Kg 1,6 µg/g 0,82 µg/g 0,20 µg/g 0,24 µg/g 2,38 µg/g 0,024 µg/g 2,11 µg/g 2,10 µg/g 3,85 µg/g 2,3 µg/g 5,66 µg/g 5,81 µg/g 4,30 µg/g 2,9 mg/Kg 2,7 mg/Kg 1,32 mg/Kg 0,342 mg/Kg 0,73 mg/Kg |
| Cromo | 50 mg/Kg s.s | IAEA IRMM NIST | IAEA-SL-1 BCR-320 SRM1646a GBW 08301 LGC6139 BCR-380 NIES No.2 GBW 07314 MESS-2 PACS-1 HISS-1 | 104 mg/Kg 138 mg/Kg 0,00409 % 90 µg/g 126 mg/Kg 114 µg/g 75 µg/g 86 µg/g 106 µg/g 113 µg/g 30,0 µg/g |

| | | | | | |
|---------------|---------------|--------|---------------|---------|-------|
| Mercurio (PP) | 0,3 mg/Kg s.s | LGC | PACS-2 | 90,7 | µg/g |
| | | | TH-2 | 116 | µg/g |
| | | | LGC6156 | 111 | mg/Kg |
| | | | LGC6187 | 84,0 | mg/Kg |
| | | | NMIJ-CRM7302a | 145 | mg/Kg |
| | | | NMIJ-CRM7303a | 39,1 | mg/Kg |
| | | IAEA | IAEA-405 | 84 | mg7Kg |
| | | | IAEA-SL-1 | 0,13 | mg/Kg |
| | | | BCR-320 | 1,03 | mg/Kg |
| | | | SRM1646a | 4E-06 | % |
| | | | GBW 08301 | 0,22 | µg/g |
| | | | LGC6139 | 1,2 | mg/Kg |
| | | IRMM | BCR-380 | 0,670 | µg/g |
| | | | NIES No.2 | 1,3 | µg/g |
| | | | GBW 07314 | 0,048 | µg/g |
| | | | MESS-2 | 0,092 | µg/g |
| | | | PACS-1 | 4,57 | µg/g |
| | | | HISS-1 | 0,01 | µg/g |
| | | NRCCRM | PACS-2 | 3,04 | µg/g |
| | | | WQB-1 | 1,09 | µg/g |
| | | | WQB-3 | 2,75 | µg/g |
| | | | SUD-1 | 0,113 | µg/g |
| | | | TH-1 | 0,145 | µg/g |
| | | | TH-2 | 0,651 | µg/g |
| Nichel (P) | 30 mg/Kg s.s | LGC | HR-1 | 0,328 | µg/g |
| | | | LGC6156 | 10,1 | mg/Kg |
| | | | LGC6187 | 1,4 | mg/Kg |
| | | | NMIJ-CRM7302a | 0,52 | mg/Kg |
| | | | NMIJ-CRM7303a | 0,067 | mg/Kg |
| | | | IAEA-405 | 0,81 | mg/Kg |
| | | IAEA | IAEA-SL-1 | 44,9 | mg/Kg |
| | | | BCR-320 | 75,2 | mg/Kg |
| | | | SRM 1646a | 0.0023 | % |
| | | | GBW 08301 | 32 | µg/g |
| | | | LGC6139 | 44 | mg/Kg |
| | | | BCR-380 | 73,6 | µg/g |
| | | NRCCRM | NIES No.2 | 40 | µg/g |
| | | | GBW 07314 | 34,3 | µg/g |
| | | | MESS-2 | 49,3 | µg/g |
| | | | PACS-1 | 44,1 | µg/g |
| | | | HISS-1 | 2,16 | µg/g |
| | | | PACS-2 | 39,5 | µg/g |
| Piombo (P) | 30 mg/Kg s.s | LGC | WQB-1 | 62,1 | µg/g |
| | | | WQB-3 | 52,0 | µg/g |
| | | | SUD-1 | 946 | µg/g |
| | | | TH-1 | 44,2 | µg/g |
| | | | TH-2 | 42,4 | µg/g |
| | | | HR-1 | 38,5 | µg/g |
| | | LGC | LGC6156 | 161 | mg/Kg |
| | | | LGC6187 | 34,7 | mg/Kg |
| | | | NMIJ-CRM7302a | 25,8 | mg/Kg |
| | | | NMIJ-CRM7303a | 21,8 | mg/Kg |
| | | | IAEA-405 | 32,5 | mg/Kg |
| | | IAEA | IAEA-SL-1 | 37,7 | mg/Kg |
| | | | BCR-320 | 42,3 | mg/Kg |
| | | | SRM 1646a | 0.00117 | % |
| | | | GBW 08301 | 79 | µg/g |
| | | | LGC6139 | 176 | mg/Kg |
| | | | BCR-380 | 80,2 | µg/g |
| | | NRCCRM | NIES No.2 | 105 | µg/g |
| | | | GBW 07314 | 25 | µg/g |
| | | | MESS-2 | 21,9 | µg/g |
| | | | PACS-1 | 404 | µg/g |
| | | | HISS-1 | 3,13 | µg/g |
| | | | PACS-2 | 183 | µg/g |
| | | LGC | WQB-1 | 85,7 | µg/g |
| | | | WQB-3 | 243 | µg/g |
| | | | SUD-1 | 58 | µg/g |
| | | | TH-1 | 255 | µg/g |
| | | | TH-2 | 186 | µg/g |
| | | | HR-1 | 144 | µg/g |
| | | LGC | LGC6156 | 1685 | mg/Kg |
| | | | LGC6187 | 77,2 | mg/Kg |

| | | | | |
|---------------------------|--------------|------------------|--|--|
| ORGANOMETALLI | | IAEA | NMIJ-CRM7302a NMIJ-CRM7303a IAEA-405 | 82,7 mg/Kg 31,3 mg/Kg 74,8 mg/Kg |
| | | | | |
| | | | | |
| Tributilstagno (PP) | 5 µg/Kg s.s | IRMM | BCR-462 BCR-424 BCR-646 | 54 µg/Kg 20 µg/Kg 480 µg/Kg |
| IPA | | | | |
| Benzo(a)pirene (PP) | 30 µg/Kg s.s | | | |
| Benzo(b)fluorantene (PP) | 40 µg/Kg s.s | IRMM NRC CNRC | BCR-535 | 2,29 µg/g |
| | | | HS-3 | 60 µg/g |
| | | | HS-4 | 70 µg/g |
| | | | HS-5 | 2,0 µg/g |
| | | | HS-6 | 2,8 µg/g |
| | | NWRI | EC-1 | 7,9 µg/g |
| | | | EC-2 | 2,48 µg/g |
| | | | EC-3 | 505 µg/Kg |
| | | | EC-4 | 753 µg/Kg |
| | | | EC-5 | 480 µg/Kg |
| | | | EC-6 | 267 µg/Kg |
| | | | EC-7 | 90 µg/Kg |
| | | | EC-8 | 208 µg/Kg |
| | | LGC IAEA | LGC6188 | 0,82 mg/Kg |
| | | | IAEA-383 | 0,15 mg/Kg |
| | | | IAEA-408 | 0,46 mg/Kg |
| Benzo(k)fluorantene (PP) | 20 µg/Kg s.s | IRMM NRC CNRC | BCR-535 | 1,09 µg/g |
| | | | HS-3 | 2,8 µg/Kg |
| | | | HS-4 | 0,36 µg/Kg |
| | | | HS-5 | 1,0 µg/Kg |
| | | | HS-6 | 1,43 µg/Kg |
| | | NWRI | EC-1 | 4,4 µg/g |
| | | | EC-2 | 1,93 µg/g |
| | | | EC-3 | 271 µg/g |
| | | | EC-4 | 560 µg/Kg |
| | | | EC-5 | 419 µg/Kg |
| | | | EC-6 | 159 µg/Kg |
| | | | EC- | 84 µg/Kg |
| | | | EC-8 | 249 µg/Kg |
| | | LGC IAEA | LGC6188 | 0,50 mg/kg |
| | | | IAEA-383 | 0,073 µg/Kg |
| | | | IAEA-408 | 0,046 µg/Kg |
| Benzo(g,h,i)Perilene (PP) | 55 µg/Kg s.s | NIST NRC CNRC | SRM1941 a | 525 µg/Kg |
| | | | HS-3 | 5,0 µg/g |
| | | | HS-4 | 0,58 µg/g |
| | | | HS-5 | 1,3 µg/g |
| | | | HS-6 | 1,78 µg/g |
| | | NWRI | EC-1 | 4,9 µg/g |
| | | | EC-2 | 1,47 µg/g |
| | | | EC-3 | 348 µg/Kg |
| | | | EC-4 | 576 µg/Kg |
| | | | EC-5 | 333 µg/Kg |
| | | | EC-6 | 176 µg/Kg |
| | | | EC-7 | 95 µg/Kg |
| | | | EC-8 | 176 µg/Kg |
| | | NRC CNRC | HS-3b | 3,88 µg/g |
| | | | HS-4 b | 1,23 µg/g |
| | | | LGC6188 | 0,36 mg/Kg |
| | | LGC IAEA | IAEA-383 | 0,19 mg/Kg |
| | | | IAEA-408 | 0,038 mg/Kg |

| | | | | | |
|---------------------|-----|-----------|--------------------------|---|---|
| Indenopirene (PP) | 70 | µg/Kg s.s | | | |
| Antracene (P) | 45 | µg/Kg s.s | IRMM NIST NRC CNRC | BCR535 SRM1941 a HS-3 HS-4 HS-5 HS-6 EC-1 EC-2 EC-3 EC-4 EC-5 EC-6 EC-7 EC-8 LGC6188 IAEA-383 IAEA-408 | 1,54 µg/g 184 µg/Kg 13,4 µg/g 0,14 µg/g 0,38 µg/g 1,1 µg/g 1,2 µg/g 0,11 µg/g 59 µg/Kg 124 µg/Kg 113 µg/Kg 37 µg/Kg 22 µg/Kg 41 µg/Kg 0,36 mg/Kg 0,03 mg/Kg 0,0098mg/Kg |
| Fluorantene | 110 | µg/Kg s.s | NIST NRC CNRC | SRM1939 SRM1941 a HS-3 HS-4 HS-5 HS-6 EC-1 EC-2 EC-3 EC-4 EC 5 EC-6 EC-7 EC-8 HS-3 b HS-4 b LGC6188 IAEA-383 IAEA-408 | 1,9E-05 % 981 µg/Kg 60 µg/g 1,25 µg/g 8,4 µg/g 3,54 µg/g 23,2 µg/Kg 1,2 µg/g 558 µg/Kg 1087 µg/Kg 823 µg/Kg 297 µg/Kg 196 µg/Kg 462 µg/Kg 25,33 µg/g 3,33 µg/g 179 mg/Kg 0,29 mg/Kg 0,0084mg/Kg |
| Naftaline | 35 | µg/Kg s.s | NIST NRC CNRC | SRM1941 a HS-3 HS-4 HS-5 HS-6 EC-2 EC-3 EC-4 EC-5 EC-6 EC 7 EC-8 IAEA-383 IAEA--408 | 1010 µg/Kg 9 µg/g 0,15 µg/g 0,25 µg/g 4,1 µg/g 1,47 µg/g 35 µg/Kg 58 µg/Kg 26 µg/Kg 75 µg/Kg 40 µg/Kg 10 µg/Kg 0,96 mg/Kg 0,027 mg/Kg |
| PESTICIDI | | | | | |
| Al drin | 0,2 | µg/Kg s.s | IAEA | IAEA-383 IAEA-408 | 0,0014 mg/Kg 408 mg/Kg |
| αEsaclorocicloesano | 0,2 | µg/Kg s.s | | | |
| βEsaclorocicloesano | 0,2 | µg/Kg s.s | | | |
| Lindano | 0,2 | µg/Kg s.s | | | |
| DDT | 0,5 | µg/Kg s.s | IAEA | IAEA-383 | (2,4') 0,00039 mg/Kg (4,4') 0,0024 mg/Kg |

| | | | | | |
|----------------------|------------|-----------|----------------------|---------------------------------------|--|
| | | | IAEA | IAEA-408 | (2,4') 0,00038 mg/Kg (4,4') 0,00067 mg/Kg |
| DDD | 0,5 | µg/Kg s.s | NIST | SRM1941 a | (4,4') 5.06 µg/g |
| | | | IAEA | SRM1939 IAEA-383 | 6E06 (4,4') 0,018 mg/Kg (o,p) 0,0012 mg/Kg |
| | | | IAEA | IAEA-408 | (4,4') 0,00087 mg/Kg (o,p) 0,00019 mg/Kg |
| | | | NMIJ_CRM7304 a | (4,4') 12,4 µg/Kg | |
| DDE (2,4) | 0,5 | µg/Kg s.s | | IAEA-383 | 0,00021 mg/Kg |
| DDE (4,4) | 0,5 | µg/Kg s.s | NIST | SRM1941a | 6,59 µg/Kg |
| | | | IAEA | SRM1939 IAEA-408 NMIJ_CRM7304 a | 54E05 % 0,0014 mg/Kg 5,37 µg/Kg |
| Dieldrin | 0,2 | µg/Kg s.s | IAEA | IAEA-383 IAEA-408 | 0,00027 mg/Kg 0,0003 mg/Kg |
| Esaclorobenzene (PP) | 0,3 | µg/Kg s.s | | | |
| PCB | | | | | |
| PCB 28 | 4 | µg/Kg s.s | NWRI | EC-1 | 48,7 µg/Kg |
| | | | | EC-2 | 25,6 µg/Kg |
| | | | | EC-3 | 18,6 µg/Kg |
| | | | | EC-4 | 6,8 µg/Kg |
| | | | | EC-5 | 5,3 µg/Kg |
| | | | LGC | LGC6114 | 15 µg/Kg |
| | | | IAEA | IAEA-83 IAEA-08 | 0,001 mg/Kg 0,00079 mg/Kg |
| | | | NWRI | EC-1 | 99,4 µg/Kg |
| | | | | EC-2 | 56 µg/Kg |
| | | | | EC-3 | 35,6 µg/Kg |
| EC-4 | 12,5 µg/Kg | | | | |
| EC-5 | 13,3 µg/Kg | | | | |
| PCB 52 | LGC | LGC6114 | 337 µg/Kg | | |
| | | IAEA | IAEA-383 IAEA-408 | 0025 mg/Kg 0,0006 mg/Kg | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| PCB 77 PCB 81 | | | | | |
| PCB 101 | | | NWRI | EC-1 | 109,4 µg/Kg |
| | | | | EC-2 | 59,7 µg/Kg |
| | | | | EC-3 | 38,3 µg/Kg |
| | | | | EC-4 | 22,4 µg/Kg |
| | | | | EC-5 | 24,6 µg/Kg |
| | | | LGC | LGC6114 | 810 µg/Kg |
| | | | IAEA | IAEA-383 IAEA-408 | 0,0029 mg/Kg 0,0012 mg/Kg |
| | | | NWRI | EC-1 | 79,8 µg/Kg |
| | | | | EC-2 | 40,5 µg/Kg |
| | | | | EC-3 | 28,5 µg/Kg |
| EC-4 | 17,8 µg/Kg | | | | |
| EC-5 | 17 µg/Kg | | | | |
| PCB 118 | LGC | LGC-6114 | 688 µg/Kg | | |
| | | IAEA | IAEA-383 IAEA-408 | 0,0033 mg/Kg 0,0012 mg/Kg | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |

| | | | | |
|---------|--|--------------|--|---|
| PCB 126 | | | | |
| PCB 128 | | IRMM NWRI | BCR-536 EC-1 EC-2 EC-3 EC-4 EC-5 IAEA-383 IAEA-408 | 14,2 µg/Kg 14,5 µg/Kg 7,9 µg/Kg 7,3 µg/Kg 4,6 µg/Kg 5,5 µg/Kg 0,00063 mg/K 0,00033mg/Kg |
| PCB 138 | | NWRI | EC-1 EC-2 EC-3 EC-4 EC-5 LGC6114 IAEA-383 IAEA-408 | 72 µg/Kg 35,1 µg/Kg 25,2 µg/Kg 28,7 µg/Kg 28,6 µg/Kg 649 µg/Kg 0,0044 mg/Kg 0,0016 mg/Kg |
| PCB 153 | | NWRI | EC-1 EC-2 EC-3 EC-4 EC-5 LGC6114 IAEA-383 IAEA-408 | 68,2 µg/Kg 33,3 µg/Kg 24,2 µg/Kg 27,3 µg/Kg 27,2 µg/Kg 573 µg/Kg 0,0043 mg/K 0,0019 mg/Kg |
| PCB156 | | IRMM IAEA | BCR536 IAEA-383 IAEA-408 | 5,4 µg/Kg 0,00047 mg/Kg 0,00036 mg/Kg |
| PCB 169 | | | | |
| PCB 180 | | IRMM NWRI | BCR-536 EC-1 EC-2 EC-3 EC-4 EC-5 LGC6114 IAEA-383 IAEA-408 | 22 µg/Kg 20,8 µg/Kg 15,4 µg/Kg 26,1 µg/Kg 22,3 µg/Kg 119 µg/Kg 0,0025 mg/K 0,0011 mg/Kg |

COMPOSTI INORGANICI: suoli

| SOSTANZA | LIM.LEGGE | | PRODUTT. | MATERIALI DI RIFERIMEN TO | CONC. CERTIFICA TA |
|--------------------------------|--------------------------|-----------------------|----------------------------|--|---|
| | Ad uso verde pubblico | Ad uso commerciale | | | |
| Composti inorganici | | | | | |
| Antimonio | 10 mg/Kg s.s | 30 mg/Kg s.s | IAEA NIST NRCCRM | IAEA-SOIL 7 SRM2710 SRM2711 GBW 08302 GBW 07409 GBW 07410 GBW 07411 GBW 07418 GBW 07419 GBW 07420 GBW 07421 GBW 07422 | 1,7 mg/Kg 0,0034 % 0,00194 % 0,4 µg/g 0,21 µg/g 0,93 µg/g 9,2 µg/g 0,73 µg/g 0,84 µg/g 0,65 µg/g 0,78 µg/g 0,70 µg/g |
| Arsenico | 20 mg/Kg s.s | 50 mg/Kg s.s | IAE NIST NRCCRM | IAEA-SOIL 7 SRM2710 SRM2711 GBW 08302 GBW 07409 GBW 07410 GBW 07411 GBW 07418 GBW 07419 GBW 07420 GBW 07421 GBW 07422 | 13,4 mg/Kg 0,0626 % 0,0105 % 3,8 µg/g 2,9 µg/g 10,5 µg/g 205 µg/g 10 µg/g 9,8 µg/g 6,3 µg/g 9,4 µg/g 8,2 µg/g |
| Berillio | 2 mg/Kg s.s | 10 mg/Kg s.s | NRCCRM | GBW 08302 GBW 07409 GBW 07410 GBW 07418 GBW 07419 GBW 07420 GBW 07421 GBW 07422 | 0,8302 µg/g 2,1 µg/g 2,6 µg/g 2,4 µg/g 2,0 µg/g 1,9 µg/g 1,8 µg/g 1,8 µg/g |
| Cadmio | 2 mg/Kg s.s | 10 mg/Kg s.s | NIST NRCCRM | SRM2710 SRM2711 GBW 08302 GBW 07409 GBW 07410 GBW 07411 GBW 07418 GBW 07419 GBW 07420 GBW 07421 GBW 07422 | 0,00218 % 0,004170 % 0,081 µg/g 0,068 µg/g 0,090 µg/g 28,2 µg/g 0,26 µg/g 0,22 µg/g 0,20 µg/g 0,22 µg/g 0,21 µg/g |
| Cobalto | 20 mg/Kg s.s | 250 mg/Kg s.s | IAEA NIST NRCCRM | IAEA-SOIL 7 SRM2710 SRM2711 GBW 08302 GBW 07409 GBW 07410 GBW 07411 GBW 07418 | 8,9 mg/Kg 0,0010 % 0,0010 % 13,1 µg/g 4,9 µg/g 12,8 µg/g 11,6 µg/g 0,15 µg/g |

| | | | | | |
|--------------|---------------|----------------|----------------------------|--|--|
| | | | | GBW 07419 GBW 07420 GBW 07421 GBW 07422 | 9,4 µg/g 12 µg/g 9,2 µg/g 8,9 µg/g |
| Cromo totale | 150 mg/Kg s.s | 800 mg/Kg s.s | IAEA NIST NRCCRM | IAEA-SOIL 7 SRM2710 SRM2711 GBW 08302 GBW 07409 GBW 07410 GBW 07411 GBW 07418 GBW 07419 GBW 07420 GBW 07421 GBW 07422 | 60 mg/Kg 0,0039 % 0,0047 % 60,8 µg/g 26,4 µg/g 66 µg/g 59,6 µg/g 0,93 µg/g 61 µg/g 56 µg/g 62 µg/g 54 µg/g |
| Mercurio | 1 mg/Kg s.s | 5 mg/Kg s.s | NIST NRCCRM | SRM2710 SRM2711 GBW 08302 GBW 07409 GBW 07410 GBW 07411 GBW 07418 GBW 07419 GBW 07420 GBW 07421 GBW 07422 | 0,00026 % 0,000325 % 0,018 µg/g 0,015 µg/g 0,66 µg/g 0,150 µg/g 0,014 µg/g 0,031 µg/g 0,017 µg/g 0,015 µg/g 0,017 µg/g |
| Nichel | 120 mg/Kg s.s | 50 mg/Kg s.s | NIST NRCCRM | SRM2710 SRM2711 GBW 08302 GBW 07409 GBW 07410 GBW 07411 GBW 07418 GBW 07419 GBW 07420 GBW 07421 GBW 07422 | 0,00143 % 0,00206 % 31,1 µg/g 9,3 µg/g 27,6 µg/g 24,2 µg/g 41 µg/g 23 µg/g 22 µg/g 23 µg/g 22 µg/g |
| Piombo | 100 mg/Kg s.s | 1000 mg/Kg s.s | IAEA NIST NRCCRM | IAEA-SOIL 7 SRM 2710 SRM 2711 GBW 08302 GBW 07409 GBW 07410 GBW 07411 GBW 07418 GBW 07419 GBW 07420 GBW 07421 GBW 07422 | 60 mg/Kg 0,5532 % 0,1162 % 14,2 µg/g 16,3 µg/g 29,2 µg/g 59,6 µg/g 41 µg/g 21 µg/g 19 µg/g 19 µg/g 20 µg/g |
| Rame | 100 mg/Kg s.s | 100 mg/Kg s.s | IAEA NIST NRCCRM | IAEA-SOIL 7 SRM2710 SRM2711 GBW 08302 GBW 07409 | 11 mg/Kg 0,2950 % 0,0114 % 26,4 µg/g 4,9 µg/g |

| | | | | | |
|------------------|---------------|----------------|------------------------|--|---|
| | | | | GBW 07410 GBW 07411 GBW 07418 GBW 07419 GBW 07420 GBW 07421 GBW 07422 | 23,2 µg/g 65,4 µg/g 23 µg/g 17 µg/g 23 µg/g 17 µg/g 16 µg/g |
| Selenio | 3 mg/Kg s.s | 15 mg/Kg s.s | NIST NRCCRM | SRM2711 GBW 08302 GBW 07409 GBW 07410 GBW 07411 GBW 07418 GBW 07419 GBW 07420 GBW 07421 GBW 07422 | 0,000152 % 0,16 µg/g 0,044 µg/g 0,28 µg/g 0,28 µg/g 0,28 µg/g 0,14 µg/g 0,11 µg/g 0,12 µg/g 0,080 µg/g |
| Stagno | 1 mg/Kg s.s | 350 mg/Kg s.s | NRCCRM | GBW 07409 GBW 07410 GBW 07411 GBW 07418 GBW 07419 GBW 07420 GBW 07421 GBW 07422 | 1,4 µg/g 4,2 µg/g 64,3 µg/g 3,2 µg/g 2,9 µg/g 3,2 µg/g 2,4 µg/g 2,2 µg/g |
| Tallio | 1 mg/Kg s.s | 10 mg/Kg s.s | NIST NRCCRM | SRM2710 SRM2711 GBW 07409 GBW 07410 | 0,00013 % 0,0,000247 % 0,58 µg/g 0,62 µg/g |
| Vanadio | 90 mg/Kg s.s | 2501 mg/Kg s.s | IAEA NIST NRCCRM | IAEA-SOIL 7 SRM2710 SRM2711 GBW 07409 GBW 07410 GBW 07411 GBW 07418 GBW 07419 GBW 07420 GBW 07421 GBW 07422 | 66 mg/Kg 0,0076 % 0,00816 % 34,7 µg/g 82,7 µg/g 88,5 µg/g 88 µg/g 63 µg/g 74 µg/g 65 µg/g 66 µg/g |
| Zinco | 150 mg/Kg s.s | 1500 mg/Kg s.s | IAEA NIST NRCCRM | IAEA-SOIL 7 SRM2710 SRM2711 GBW 08302 GBW 07409 GBW 07410 GBW 07411 GBW 07418 GBW 07419 GBW 07420 GBW 07421 GBW 07422 | 66 mg/Kg 0,6952 % 0,003504 % 58,0 µg/g 34,2 µg/g 72,8 µg/g 0,38 µg/g 0104 µg/g 51 µg/g 48 µg/g 45 µg/g 39 µg/g |
| Cianuri (LIBERI) | 1 mg/Kg s.s | 100 mg/Kg s.s | | | |
| Fluoruri | 100 mg/Kg s.s | 2000 mg/Kg s.s | Fugro consult | TGL42114 | 1 % |
| AROMATICI | | | | | |

| | | | | | | |
|--|----------------|---------------|-------------|--------------------------------|-------------------|------------------------|
| Benzene | 0,1 mg/Kg s.s | 2 mg/Kg s.s | | PRS 9584 | 7,62 | µg/g |
| Etilbenzene | 0,5 mg/Kg s.s | 50 mg/Kg s.s | | PRS 9584 | 7,22 | µg/g |
| Stirene | 0,5 mg/Kg s.s | 50 mg/Kg s.s | | | | |
| Toluene | 0,5 mg/Kg s.s | 50 mg/Kg s.s | | PRS 9584 | 33,5 | µg/g |
| Xilene | 0,5 mg/Kg s.s | 50 mg/Kg s.s | | PRS 9584 | 30,5 | µg/g |
| AROMATICI POLICICLICI | | | | | | |
| Benzo (a) antracene | 0,5 mg/Kg s.s | 10 mg/Kg s.s | BAM | BAM-U 013 | 7,25 | mg/Kg |
| Benzo (a) pirene | 0,1 mg/Kg s.s | 10 mg/Kg s.s | BAM | BAM-U 013 | 7,89 | mg/Kg |
| Benzo (b) fluorantene | 0,5 mg/Kg s.s | 10 mg/Kg s.s | BAM | BAM-U 013 | 7,16 | mg/Kg |
| Benzo (k) fluorantene | 0,5 mg/Kg s.s | 10 mg/Kg s.s | BAM | BAM-U 013 | 3,75 | mg/Kg |
| Benzo (g,h,i) terilene | 0,1 mg/Kg s.s | 10 mg/Kg s.s | BAM | BAM-U 013 | 5,65 | mg/Kg |
| Crisene | 5 mg/Kg s.s | 50 mg/Kg s.s | BAM | BAM-U 013 | 6,76 | mg/Kg |
| Dibenzo (a) pirene | 0,1 mg/Kg s.s | 10 mg/Kg s.s | | | | |
| Dibenzo (a,h) antracene | 0,1 mg/Kg s.s | 10 mg/Kg s.s | BAM | BAM-U 013 | 1,67 | mg/Kg |
| Indopirene | 0,1 mg/Kg s.s | 5 mg/Kg s.s | IRMM LGC | BCR-424 BCR-524 LGC 6140 | 20 5,1 16,8 | µg/g mg/Kg mg/Kg |
| Pirene | 5 mg/Kg s.s | 50 mg/Kg s.s | | | | |
| ALIFATICI CLORURATI CANCEROGENI | | | | | | |
| Clorometano | 0,1 mg/Kg s.s | 5 mg/Kg s.s | | | | |
| Diclorometano | 0,1 mg/Kg s.s | 5 mg/Kg s.s | | | | |
| Triclorometano | 0,1 mg/Kg s.s | 5 mg/Kg s.s | | | | |
| Cloruro di vinile | 0,01 mg/Kg s.s | 0,1 mg/Kg s.s | | | | |
| 1,2- Dicloroetano | 0,2 mg/Kg s.s | 5 mg/Kg s.s | | | | |
| 1,1 Dicloroetilene | 0,1 mg/Kg s.s | 1 mg/Kg s.s | | | | |
| 1,2 dicloropropano | 0,3 mg/Kg s.s | 5 mg/Kg s.s | | | | |

| | | | | | |
|--|----------------|---------------|--|--|--|
| 1,1,2 Tricloroetano | 0,5 mg/Kg s.s | 15 mg/Kg s.s | | | |
| Tricloroetilene | 1 mg/Kg s.s | 10 mg/Kg s.s | | | |
| 1,2,3-Tetracloroetano | 0,1 mg/Kg s.s | 1 mg/Kg s.s | | | |
| 1,1,2,2, Tetracloroetano | 0,5 mg/Kg s.s | 10 mg/Kg s.s | | | |
| Tetracloroetilene (PCE) | 0,5 mg/Kg s.s | 20 mg/Kg s.s | | | |
| ALIFATICI CLORURATI NON CANCEROGENI | | | | | |
| 1,1 Dicloroetano | 0,5 mg/Kg s.s | 30 mg/Kg s.s | | | |
| 1,2 Dicloroetilene | 0,3 mg/Kg s.s | 15 mg/Kg s.s | | | |
| 1,1,1 tricloroetano | 0,5 mg/Kg s.s | 50 mg/Kg s.s | | | |
| ALIFATICI ALOGENATI CANCEROGENI | | | | | |
| Tribromometano | 0,5 mg/Kg s.s | 10 mg/Kg s.s | | | |
| 1,2 Dibromoetano | 0,01 mg/Kg s.s | 0,1 mg/Kg s.s | | | |
| Dibromoclorometano | 0,5 mg/Kg s.s | 10 mg/Kg s.s | | | |
| Bromodiclorometano | 0,5 mg/Kg s.s | 10 mg/Kg s.s | | | |
| NITROBENZENI | | | | | |
| Nitrobenzene | 0,5 mg/Kg s.s | 30 mg/Kg s.s | | | |
| 1,2 Dinitrobenzene | 0,1 mg/Kg s.s | 25 mg/Kg s.s | | | |
| 1,3 Dinitrobenzene | 0,1 mg/Kg s.s | 25 mg/Kg s.s | | | |
| Cloronitrobenzene | 0,1 mg/Kg s.s | 10 mg/Kg s.s | | | |
| CLOROBENZENI | | | | | |
| Monoclorobenzene | 0,5 mg/Kg s.s | 50 mg/Kg s.s | | | |
| 1,4 Diclorobenzene | 1 mg/Kg s.s | 50 mg/Kg s.s | | | |
| 1,4 Diclorobenzene | 0,1 mg/Kg s.s | 10 mg/Kg s.s | | | |

| | | | | | |
|--------------------------------------|----------------|----------------|------|---------|----------------|
| 1,2,4, Triclorobenzene | 1 mg/Kg s.s | 50 mg/Kg s.s | IRMM | BCR-529 | 1,3 mg/Kg |
| 1,2,4,5 tetraclorobenzene | 1 mg/Kg s.s | 25 mg/Kg s.s | | | |
| Pentaclorobenzene | 0,1mg/Kg s.s | 50 mg/Kg s.s | | | |
| Esaclorobezene | 0,05 mg/Kg s.s | 5 mg/Kg s.s | | | |
| FENOLI NON CLORURATI | | | | | |
| Metilfenolo(o-m-p) | 0,1 mg/Kg s.s | 25 mg/Kg s.s | | | |
| Fenolo | 1 mg/Kg s.s | 60 mg/Kg s.s | | | |
| FENOLI CLORURATI | | | | | |
| 2-Clorofenolo | 0,5 mg/Kg s.s | 25 mg/Kg s.s | | | |
| 2,4 Diclorofenolo | 0,5 mg/Kg s.s | 50 mg/Kg s.s | | | |
| 2,4,6 Triclorofenolo | 0,01 mg/Kg s.s | 5 mg/Kg s.s | | | |
| Pentaclorofenolo | 0,01 mg/Kg s.s | 5 mg/Kg s.s | | | |
| AMMINE AROMATICHE | | | | | |
| Anilina | 0,05 mg/Kg s.s | | | | |
| o-Anisidina | 0,1 mg/Kg s.s | | | | |
| m,p- Anisidina | 0,1 mg/Kg s.s | | | | |
| Difenilamina | 0,1 mg/Kg s.s | | | | |
| p Toluidina | 0,1 mg/Kg s.s | | | | |
| FITOFARMACI | | | | | |
| Alaclor | 0,1 mg/Kg s.s | | | | |
| Aladrin | 0,1 mg/Kg s.s | 1 mg/Kg s.s | | | |
| Atrazina | 0,1 mg/Kg s.s | 0,1 mg/Kg s.s | | | |
| a esacloroesano | 0,1 mg/Kg s.s | 1 mg/Kg s.s | | | |
| ß esacloroesano | 0,1 mg/Kg s.s | 0,1 mg/Kg s.s | | | |
| ? esacloroesano (Lindano) | 0,1 mg/Kg s.s | 0,5 mg/Kg s.s | | | |
| Clordano | 0,1 mg/Kg s.s | 0,5 mg/Kg s.s | | | |
| DDT,DDe.DDD | 0,1 mg/Kg s.s | 0,1 mg/Kg s.s | | | |
| Dieldrin | 0,1 mg/Kg s.s | 0,1 mg/Kg s.s | | | |
| Endrin | 0,1 mg/Kg s.s | 2 mg/Kg s.s | | | |
| AMIANTO (fibre libere) | 1000 mg/Kgs.s | 1000 mg/Kg s.s | | | |

CAPITOLO 5

MATERIALI DI RIFERIMENTO PER I RIFIUTI

5.1 LEGGI SUI RIFIUTI RIFIUTI

Il principale pericolo per il benessere dell'uomo e dell'ambiente è quello che deriva dai rifiuti. Essi possono essere accumulati in ambienti acquosi, oppure in discariche o essere sepolti nel sottosuolo in contenitori.

I rifiuti sono potenziali contaminanti delle acque naturali in seguito al processo di dissoluzione ed infiltrazione che si verifica nei siti di deposito.

Possono inoltre contaminare il suolo a causa dell'accumulo incontrollato in discariche non idonee allo scopo.

Attualmente, nei Paesi industrializzati i rifiuti pericolosi vengono smaltiti secondo vari metodi: raccolta in speciali discariche; distruzione ed incenerimento; immissione in pozzi scavati profondamente nel sottosuolo o semplicemente collocati in discariche controllate.

Negli ultimi anni il problema della sistemazione dei rifiuti ha assunto sempre maggiore importanza ed in fine si è giunti a stabilire criteri molto rigidi di ammissibilità di questi nelle discariche al fine di prevenire eventuali contaminazioni dell'ambiente circostante.

I criteri di ammissibilità in discarica si differenziano in base al tipo di rifiuto.

Il D.M. del 13 marzo 2003 riporta la definizione di rifiuti inerti di cui all'articolo 2, lettera e) della direttiva 1999/31/CE. Tali rifiuti non devono essere sottoposti ad accertamento analitico in quanto già conformi ai criteri della direttiva appena citata.

Sottoposti a test di cessione, presentano un eluato conforme alle concentrazioni fissate nel decreto e non contengono contaminanti organici superiori a quelle indicate (vedi DM 13 marzo 2003).

Per quanto riguarda i rifiuti non pericolosi, essi possono essere smaltiti senza caratterizzazione analitica.

Di questa categoria fanno parte i rifiuti urbani di cui all'articolo 2, lettera b) D.L. 13 gennaio 2003, n°36; e quelli che presentano una concentrazione di sostanza secca non inferiore a 25% e che, sottoposti a test di cessione presentano un eluato conforme alle concentrazioni stabilite.

Nelle discariche per rifiuti pericolosi possono essere smaltiti quelli che sottoposti al test di cessione presentano un eluato conforme alle concentrazioni indicate per tale categoria; hanno un contenuto di PBC non superiore a 50 mg/Kg; diossine o furani non superiori a 0,01 mg/kg; sostanza secca non inferiore a 25%.

Non è possibile reperire materiali di riferimento con la stessa matrice dei rifiuti considerati da tale decreto, ma esistono in commercio MRC con matrici di fanghi e di ceneri.

| SOSTA NZA | LIMIMITI LEGGE | | | PRODUTT. | MATERIALI RIFERIMENTO | DI | CONC. CERTIFICATA | |
|--------------|----------------|----------------|------------|-----------------------------------|---|----|---|--|
| | rifiuti inerti | non pericolosi | pericolosi | | | | | |
| As | 0,05 mg/L | 0,2 mg/L | | NIST LGC RT corporation | FANGHI SRM2781 SRM2782 LGC6136 RTC-CRM018 RTC-CRM029 RTC-CRM031 CENERI E POLVERI NIST SRM1648 SRM1633b SRM2689 SRM2690 SRM2691 IRMM NRCCRM RT corporation | | 7,82 mg/Kg 166 mg/Kg 21 mg/Kg 6,63 mg/Kg 26,5 mg/Kg 6,45 mg/Kg 115 mg/Kg 136 mg/Kg 200 mg/Kg 26 mg/Kg 30 mg/Kg 48 mg/Kg 11,4 µg/g 77,2 mg/Kg 89,5 mg/Kg <0,1 mg/Kg | |
| Ba | 2 mg/L | 10 mg/L | | NIST LGC RT corporation | FANGHI SRM2782 LGC6136 LGC6181 RTC-CRM006 RTC-CRM010 RTC-CRM018 RTC-CRM029 RTC-CRM031 CENERI E POLVERI NIST SRM1648 SRM1633a SRM2689 SRM2690 SRM2691 NRCCRM RT corporation | | 166 mg/Kg 633 mg/kg 104 µg/L 9970 mg/Kg 173 mg/Kg 1100 mg/Kg 806 mg/Kg 906 mg/Kg 737 mg/Kg 709 mg/Kg 800 mg/Kg 5800 mg/Kg 5900 mg/Kg 1450 µg/g 428 mg/Kg 18,7 mg/Kg 325 mg/Kg 0,44 mg/Kg <0,5 mg/Kg | |
| Cd | 0,004 mg/L | 0,02 mg/l | | NIST | FANGHI SRM2781 SRM2782 | | 12,78 mg/Kg 4,17 mg/Kg | |

| | | | | | | | | |
|----------------|----------------|------------------|--------|----------------|------------------|------------------|-------|-------|
| Cr | 0,05 mg/L | 1 mg/L | | IRMM | BCR-144R | 1,82 | mg/Kg | |
| | | | | | BCR-145R | 3,50 | mg/Kg | |
| | | | | | BCR-146R | 18,8 | mg/Kg | |
| | | | | | BCR-038 | 4,6 | mg/Kg | |
| | | | | LGC | LGC6136 | 30 | mg/Kg | |
| | | | | | RT corporation | RTC-CRM006 | 32,4 | mg/Kg |
| | | | | | | RTC-CRM018 | 5,57 | mg/Kg |
| | | | | | | RTC-CRM029 | 537 | mg/Kg |
| | | | | | | RTC-CRM031 | 5,74 | mg/Kg |
| | | | | | | CENERI E POLVERI | | |
| | | | | NIST | SRM1648 | 75 | mg/Kg | |
| | | | | | SRM1633a | 0,784 | mg/Kg | |
| | | | | | SRM2689 | 3 | mg/Kg | |
| | | | | | SRM2690 | 0,7 | mg/Kg | |
| | | | | | SRM2691 | 0,9 | mg/Kg | |
| | | | | NRCCRM | GBW08401 | 0,16 | µg/g | |
| | | | | IRMM | BCR-038 | 48 | mg/Kg | |
| | | | | | RT corporation | RTC-CRM0,012 | 262 | mg/Kg |
| | | | | | | RTC-CRM019 | 432 | mg/Kg |
| | | | | | | RTC-CRM205 | 147 | mg/Kg |
| | | | | | | RTC-CRM203 | 22,5 | mg/Kg |
| | | | | FANGHI | | | | |
| | | | | NIST | SRM2781 | 202 | mg/Kg | |
| | | | | | SRM2782 | 109 | mg/Kg | |
| | | | | IRMM | BCR-144R | 104 | mg/Kg | |
| | | | | | RCR-145R | 313 | mg/Kg | |
| | | | | | BCR-146R | 196 | mg/Kg | |
| | | | | LGC | BCR-597 | 203 | mg/Kg | |
| | | | | | LGC6136 | 399 | mg/Kg | |
| | | | | | LGC6181 | 48 | µg/g | |
| | | | | RT corporation | RTC-CRM006 | 11,1 | mg/Kg | |
| | | | | | RTC-CRM009 | 50,3 | mg/kg | |
| | | | | | RTC-CRM010 | 79,5 | mg/Kg | |
| | | | | | RTC-CRM011 | 59200 | mg/Kg | |
| | | | | | CENERI E POLVERI | | | |
| | | | | NIST | SRM1648 | 403 | mg/Kg | |
| | | | | | SRM1633b | 198,2 | mg/Kg | |
| | | | | | SRM2689 | 170 | mg/Kg | |
| | | | | | SRM2690 | 67 | mg/Kg | |
| | | | | | SRM2691 | 68 | mg/Kg | |
| | | | | IRMM | BCR-038 | 178 | mg/Kg | |
| | | | | NRCCRM | GBW08401 | 60 | mg/kg | |
| | | | | | RTC-CRM001 | 29,1 | mg/kg | |
| | | | | | RTC-CRM012 | 162000 | mg/Kg | |
| | | | | | RTC-CRM019 | 55,2 | mg/Kg | |
| | | | | | RTC-CRM205 | 12,7 | mg/Kg | |
| | | | | | RTC-CRM203 | <0,1 | mg/Kg | |
| FANGHI | | | | | | | | |
| NIST | SRM2781 | 627,4 | mg/Kg | | | | | |
| | SRM2782 | 2594 | mg/kg | | | | | |
| IRMM | BCR-144R | 308 | mg/kg | | | | | |
| | BCR-145R | 696 | mg/kg | | | | | |
| | BCR-146R | 838 | mg/kg | | | | | |
| LGC | LGC6136 | 464 | mg/kg | | | | | |
| | RT corporation | RTC-CRM018 | 121000 | mg/Kg | | | | |
| | | RTC-CRM029 | 840 | mg/kg | | | | |
| | | RTC-CRM031 | 665 | mg/kg | | | | |
| | | RTC-CRM009 | 805 | mg/kg | | | | |
| | | CENERI E POLVERI | | | | | | |
| NIST | SRM1648 | 609 | mg/Kg | | | | | |
| | ARM1633b | 112,8 | mg/Kg | | | | | |
| IRMM | BCR-038 | 176 | mg/Kg | | | | | |
| NRCCRM | GBW08401 | 53 | mg/Kg | | | | | |
| RT corporation | RTC-CRM001 | 40,7 | mg/Kg | | | | | |
| | RTC-CRM012 | 3020 | mg/Kg | | | | | |

| | | | | | | | |
|----|------------|-------------|--|--|-------------------------|------------|--------------|
| Hg | 0,001 mg/L | 0,0005 mg/L | | | RTC-CRM019 | 270 | mg/Kg |
| | | | | | FANGHI | | |
| | | | | | NIST | SRM2781 | 3,64 mg/Kg |
| | | | | | | SRM2782 | 1,01 mg/Kg |
| | | | | | IRMM | BCR-144R | 3,14 mg/Kg |
| | | | | | | BCR-145R | 2,01 mg/kg |
| | | | | | | BCR-146R | 8,62 mg/kg |
| | | | | | RT corporation | RTC-CRM018 | 4,78 mg/kg |
| | | | | | | RTC-CRM020 | 4,17 mg/kg |
| | | | | | | RTC-CRM031 | 5,18 mg/kg |
| Mo | 0,05 mg/L | 1 mg/L | | | CENERI E POLVERI | | |
| | | | | | NIST | SRM1633 | 0,141 mg/Kg |
| | | | | | | SRM2689 | <0,003 mg/Kg |
| | | | | | | SRM2690 | <0,003 mg/Kg |
| | | | | | | SRM2691 | <0,003 mg/Kg |
| | | | | | IRMM | BCR-038 | 2,10 mg/Kg |
| | | | | | NRCCRM | GBW08401 | 0,039 mg/Kg |
| | | | | | RT corporation | RTC-CRM019 | 2 mg/Kg |
| | | | | | | RTC-CRM205 | <0,01 mg/Kg |
| | | | | | | RTC-CRM203 | <0,001 mg/Kg |
| Ni | 0,04 mg/L | 1 mg/L | | | CENERI E POLVERI | | |
| | | | | | FANGHI | | |
| | | | | | NIST | SRM2781 | 46,7 mg/Kg |
| | | | | | | SRM278 | 10,07 mg/Kg |
| | | | | | LGC | LGC6136 | 12 mg/Kg |
| | | | | | RT corporation | RTC-CRM018 | 10,5 mg/Kg |
| | | | | | | RTC-CRM018 | 8,77 mg/Kg |
| | | | | | | RTC-CRM018 | 11,4 mg/Kg |
| | | | | | NIST | SRM1633b | 85 mg/Kg |
| | | | | | CENERI E POLVERI | | |
| Pb | 0,05 mg/L | 1 mg/L | | | RT corporation | RTC-CRM019 | 26 mg/Kg |
| | | | | | FANGHI | | |
| | | | | | NIST | SRM2781 | 80,2 mg/Kg |
| | | | | | | SRM278 | 154,1 mg/Kg |
| | | | | | IRMM | BCR-144R | 932 mg/Kg |
| | | | | | | BCR-145R | 2122 mg/Kg |
| | | | | | | BCR-146R | 3062 mg/Kg |
| | | | | | LGC | LGC6136 | 130 mg/Kg |
| | | | | | | LGC6181 | 51 µg/L |
| | | | | | | RTC-CRM018 | 24,4 mg/Kg |
| Pb | 0,05 mg/L | 1 mg/L | | | | RTC-CRM029 | 150 mg/Kg |
| | | | | | | RTC-CRM031 | 19,6 mg/Kg |
| | | | | | CENERI E POLVERI | | |
| | | | | | NIST | SRM1648 | 82 mg/Kg |
| | | | | | | SRM1633b | 10,26 mg/Kg |
| | | | | | | SRM2689 | 122 mg/Kg |
| | | | | | | SRM2690 | 46 mg/Kg |
| | | | | | | SRM2691 | 53 mg/Kg |
| | | | | | R.T. corporation | RTC-CRM001 | 19,8 mg/Kg |
| | | | | | | RTC-CRM012 | 13300 mg/Kg |
| Pb | 0,05 mg/L | 1 mg/L | | | | RTC-CRM019 | 22,4 mg/Kg |
| | | | | | FANGHI | | |
| | | | | | NIST | SRM2781 | 202,1 mg/Kg |
| | | | | | | SRM278 | 574 mg/Kg |
| | | | | | IRMM | BCR-144R | 106 mg/Kg |
| | | | | | | BCR-145R | 247 mg/Kg |
| | | | | | | BCR-146R | 69,7 mg/Kg |

| | | | | | | |
|----|------------|-----------|-----------------|-------------------------|--------|-------|
| Sb | 0,006 mg/L | 0,07 mg/L | R.T.corporation | RTC-CRM006 | 753 | mg/Kg |
| | | | | RTC-CRM009 | 14200 | mg/Kg |
| | | | | RTC-CRM010 | 119000 | mg/Kg |
| | | | | RTC-CRM011 | 269 | mg/Kg |
| | | | | RTC-CRM011 | 126 | mg/Kg |
| | | | | RTC-CRM011 | 277 | mg/Kg |
| | | | | RTC-CRM011 | 119 | mg/Kg |
| | | | LGC | LGC6136 | 341 | mg/Kg |
| | | | | LGC6181 | 50 | µg/L |
| | | | | CENERI E POLVERI | | |
| Se | 0,01 mg/L | 0,05 mg/L | NIST | SRM1648 | 0,655 | % |
| | | | | SRM1633b | 68,2 | mg/Kg |
| | | | | SRM2689 | 52 | mg/Kg |
| | | | | SRM2690 | 39 | mg/Kg |
| | | | | SRM2691 | 29 | mg/Kg |
| | | | IRMM | BCR-038 | 262 | mg/Kg |
| | | | NRCCRM | GBW08401 | 33,8 | % |
| | | | R.Tcorporatinon | RTC-CRM012 | 120 | mg/Kg |
| | | | | RTC-CRM019 | 4540 | mg/Kg |
| | | | | RTC-CRM205 | 155 | mg/Kg |
| Zn | 0,4 mg/l | 5 mg/l | | RTC-CRM203 | 14,3 | mg/Kg |
| | | | | FANGHI | | |
| | | | NIST | SRM278 | 2,0 | mg/Kg |
| | | | R.Tcorporation | RTC-CRM031 | 38,4 | mg/Kg |
| | | | | CENERI E POLVERI | | |
| | | | NIST | SRM1648 | 45 | mg/Kg |
| | | | | SRM1633b | 6 | mg/Kg |
| | | | | SRM2689 | 9 | mg/Kg |
| | | | | SRM2690 | 6 | mg/Kg |
| | | | | SRM2691 | 3 | mg/Kg |
| | | | R.T corporation | RTC-CRM019 | 223 | mg/Kg |
| | | | | FANGHI | | |
| | | | NIST | SRM2781 | 16,0 | mg/Kg |
| | | | | SRM278 | 0,44 | mg/Kg |
| | | | LGC | LGC6136 | 1 | mg/Kg |
| | | | R.T corporation | RTC-CRM018 | 8,38 | mg/Kg |
| | | | | RTC-CRM029 | 19 | mg/Kg |
| | | | | RTC-CRM031 | 8,23 | mg/Kg |
| | | | | CENERI E POLVERI | | |
| | | | NIST | SRM1648 | 27 | mg/Kg |
| | | | | SRM1633b | 10,26 | mg/Kg |
| | | | | SRM2689 | 122 | mg/Kg |
| | | | | SRM2690 | 46 | mg/Kg |
| | | | | SRM2691 | 53 | mg/Kg |
| | | | NRCCRM | GBW08401 | 1,13 | mg/Kg |
| | | | R.T.corporation | RTC-CRM019 | 4,11 | mg/Kg |
| | | | | RTC-CRM205 | <0,1 | mg/Kg |
| | | | | RTC-CRM203 | <0,1 | mg/Kg |
| | | | | FANGHI | | |
| | | | NIST | SRM2781 | 1273 | mg/Kg |
| | | | | SRM278 | 1254 | mg/Kg |
| | | | IRMM | BCR-144R | 932 | mg/Kg |
| | | | | BCR-145R | 2122 | mg/Kg |
| | | | | BCR-146R | 3061 | mg/Kg |
| | | | R.T corporation | RTC-CRM006 | 737000 | mg/Kg |
| | | | LGC | LGC6136 | 890 | mg/Kg |
| | | | | LGC6181 | 514 | µg/L |
| | | | R.Tcoprporation | RTC-CRM018 | 1120 | mg/Kg |
| | | | | RTC-CRM029 | 847 | mg/Kg |
| | | | | RTC-CRM031 | 1060 | mg/Kg |

| | | | | | CENERI E POLVERI | | |
|--------------------------------|----------|-----------|--|----------------|------------------|-------|-------|
| | | | | NIST | SRM1648 | 0,476 | % |
| | | | | | SRM1633b | 210 | mg/Kg |
| | | | | | SRM2689 | 240 | mg/Kg |
| | | | | | SRM2690 | 120 | mg/Kg |
| | | | | | SRM2691 | 120 | mg/Kg |
| | | | | IRMM | BCR-038 | 581 | mg/Kg |
| | | | | NRCCRM | GBW08401 | 61 | mg/Kg |
| | | | | | RTC-CRM012 | 635 | mg/Kg |
| | | | | R.Tcorporation | RTC-CRM019 | 22400 | mg/Kg |
| Cloruri | 80 mg/L | 1500 mg/L | | | | | |
| Fluoruri | 1 mg/L | 15 mg/ | | | | | |
| Solfati | 100 mg/L | 2000 mg/L | | | | | |
| Indice fenolo | 0,1 mg/L | | | | | | |
| DOC | 50 mg/ | 80 mg/L | | | | | |
| TDS | 400 mg/L | 6000 mg/L | | | | | |
| Cianuri | | 0,5 mg/L | | | | | |
| Solventi organici aromatici | | 0,4 mg/L | | | | | |
| Solventi organici azotati | | 0,2 mg/L | | | | | |
| Solventi organici clorurati | | 2 mg/L | | | | | |
| Pesticidi totali non fosforici | | 0,05 mg/L | | | | | |
| Pesticidi totali fosforici | | 0,1 mg/L | | | | | |

CAPITOLO 6

MATERIALI DI RIFERIMENTO AMIANTO

L'amianto, chiamato anche indifferentemente asbesto, è un minerale naturale a struttura fibrosa appartenente alla classe chimica dei silicati e alle serie mineralogiche del serpentino e degli anfiboli.

E' presente naturalmente in molte parti del globo terrestre e si ottiene facilmente dalla roccia madre dopo macinazione e arricchimento, in genere in miniere a cielo aperto. Per la normativa italiana sotto il nome di amianto sono compresi i seguenti 6 composti: Crisotilo: amianto di Serpentino, Amosite, Crocidolite, Tremolite, Antofillite, Actinolite: amianti di Anfibolo.

L'amianto resiste al fuoco e al calore, all'azione di agenti chimici e biologici, all'abrasione e all'usura.

La sua struttura fibrosa gli conferisce insieme una notevole resistenza meccanica ed una alta flessibilità.

E' facilmente filabile e può essere tessuto.

E' dotato di proprietà fonoassorbenti e termoisolanti.

Si lega facilmente con materiali da costruzione (calce, gesso, cemento) e con alcuni polimeri (gomma, PVC).

Per anni è stato considerato un materiale estremamente versatile a basso costo, con estese e svariate applicazioni industriali, edilizie e in prodotti di consumo.

In tali prodotti, manufatti e applicazioni, le fibre possono essere libere o debolmente legate: si parla in questi casi di amianto friabile, oppure possono essere fortemente legate in una matrice stabile e solida (come il cemento-amianto o il vinil-amianto): si parla in questo caso di amianto compatto.

La consistenza fibrosa è alla base delle proprietà tecnologiche, ma anche delle proprietà di rischio essendo essa causa di gravi patologie a carico prevalentemente dell'apparato respiratorio.

La pericolosità consiste, infatti, nella capacità che i materiali di amianto hanno di rilasciare fibre potenzialmente inalabili ed anche nella estrema suddivisione cui tali fibre possono giungere.

Per dare una idea della estrema finezza delle stesse basti pensare che in un centimetro lineare si possono affiancare 250 capelli umani, 1300 fibre di nylon o 335000 fibre di amianto.

Non sempre l'amianto, però, è pericoloso: lo è sicuramente quando può disperdere le sue fibre nell'ambiente circostante per effetto di qualsiasi tipo di sollecitazione meccanica, eolica, da stress termico, dilavamento di acqua piovana.

Per questa ragione il cosiddetto amianto friabile che cioè si può ridurre in polvere con la semplice azione manuale è considerato più pericoloso dell'amianto compatto che per sua natura ha una scarsa o scarsissima tendenza a liberare fibre.(10)

A causa della sua elevata tossicità, l'amianto viene caratterizzato come rifiuto pericoloso e in quanto tale può essere smaltito in discariche per rifiuti pericolosi ma dotate di cella dedicata o monodedicata.

Per il trattamento e lo smaltimento dell'amianto o rifiuti contenenti amianto si devono seguire le indicazioni dell'allegato 1 del D 13 marzo 2003.

nella tabella 1.2 del suddetto decreto sono specificati i criteri di ammissibilità nelle discariche per rifiuti contenenti amianto.

I materiali di riferimento che sono oggi in commercio sono:

SRM1866a: tre diversi tipi di materiali di amianto più un bianco.

SRM1867:tre tipi diversi di amianto usati come standard primari di calibrazione per identificare i diversi tipi di amianto presenti nei materiali da costruzione.

SRM1868: usato per certificare la quantità in peso di ciascun tipo di amianto presente nei materiali da costruzione.

SRM1876b: usato per l'identificazione ed il conteggio delle fibre di amianto con il microscopio elettronico a trasmissione (TEM).

RM8411: usato per l'identificazione ed il conteggio delle fibre di amianto con il microscopio elettronico a trasmissione (TEM).

CAPITOLO 7

CARATTERIZZAZIONE E SCELTA DEI MATERIALI DI RIFERIMENTO

7.1 CARATTERIZZAZIONE DEGLI RM.

Per garantire la qualità richiesta per un' analisi, un laboratorio deve avere un proprio programma di gestione e controllo della produzione dei dati (programma di garanzia della qualità).

All'interno di questo programma, la verifica della correttezza delle procedure e delle metodologie applicate passa attraverso l'utilizzo dei materiali di riferimento (RM ovvero reference material) cioè materiali o sostanze i cui valori di una o più proprietà siano sufficientemente omogenee e ben stabili da essere impiegati nella taratura di uno strumento, per la validazione di un metodo di analisi o per l'assegnazione di valori ad un materiale.

Questi materiali costituiscono i valori di riferimento della comunità dei laboratori che effettua questo tipo di esami.

I MR possono essere accompagnati da un certificato , rilasciato da un organismo competente, circa i valori delle proprietà e le relative incertezze (CMR certified reference material).

L'impiego di MR consente al laboratorio di valutare le proprie prestazioni analitiche ed individuare eventuali errori.

La valutazione delle incertezze analitiche si può ritenere tanto più corretta quanto maggiore è l'affinità tra MR ed il campione in esame, in termini di concentrazione degli analiti e della matrice.

L'uso dei materiali di riferimento ha quindi lo scopo di garantire la riferibilità e l'incertezza dei risultati analitici, così da consentire la confrontabilità dei dati nel tempo o con altri laboratori, altrimenti impossibile.

Sono molte le tipologie di MR reperibili oggi sul mercato, ciascuna delle quali indirizzata ad applicazioni diverse: dai MR puri (metalli o gas) utili nella taratura degli strumenti a quelli con matrice ad elevata complessità strutturale utilizzabili per le convalide dei metodi d'analisi, a condizione che abbiano una matrice quanto più simile possibile ai materiali da analizzare.

La qualità dei dati analitici rappresenta un'importante investimento per un laboratorio. Un'analisi sbagliata può provocare importanti ed onerosi contenziosi nonché una perdita di affidabilità del laboratorio stesso.

Nell'analisi di tipo ambientale, un errore di valutazione può comportare la mancata individuazione di sostanze inquinanti nocive e può portare in errore la gestione dei rischi sanitari con conseguenze anche gravi per la salute.

L'utilizzo dei MR o CMR può concretizzarsi in una maggiore affidabilità delle misure con relativi vantaggi economici e di incremento degli utenti/clienti del laboratorio.

L'Iso Guide 35 stabilisce i criteri per mantenere e stabilire la tracciabilità dei materiali di riferimento certificati, utilizzati nei vari laboratori e fornisce i modelli per i tests di omogeneità, stabilità e caratterizzazione dei possibili CMR.

Ciascun materiale di riferimento certificato deve essere sottoposto a prove di caratterizzazione chimica e fisica adeguata. La scelta delle tecniche di caratterizzazione dipende dalla natura del RM e dei suoi componenti. Nel caso di materiale biologico è molto importante valutare l'umidità ed eventualmente un'analisi di tipo microbiologico che può incidere sulla stabilità nel tempo.

Per una corretta caratterizzazione sono necessarie prove di stabilità ed omogeneità.

In teoria un materiale di riferimento è perfettamente omogeneo quando il valore di una determinata caratteristica è identico in ogni sua parte.

In pratica poiché è quasi impossibile ottenere questo risultato, l'MR è considerato omogeneo quando la differenza del valore di una determinata caratteristica per uno stesso campione è trascurabile in confronto all'incertezza.

Nel caso in cui il materiale è difficilmente reperibile e quindi l'incertezza delle misure è maggiore, vi è un aumento del rischio di sottostima dei limiti di omogeneità.

Nelle analisi di molti CMR viene rilevata un'importante disomogeneità tra i diversi strati, della quale bisogna tenere conto durante la preparazione del materiale.

La stabilizzazione dell'omogeneità di alcuni materiali di riferimento non è possibile per tutti i componenti della miscela, quindi la si può rilevare su determinati elementi scelti in base a specifiche proprietà chimiche o fisiche e dedurre l'omogeneità in relazione a quella degli elementi prescelti.

La misura dell'omogeneità deve essere stabilita da una serie di misurazioni ripetibili con deviazione standard minima.

I campioni analizzati per la determinazione dell'omogeneità possono essere scelti in maniera random, random stratificata o sistematica.

Si consiglia l'utilizzo del metodo random stratificato per la maggior parte dei campioni in quanto è più probabile un'analisi rappresentativa dell'intero campione.

Per quanto riguarda la stabilità, ne esistono due tipi, ed entrambi vengono considerati nelle certificazioni dei MR:

- la stabilità a breve termine.
- la stabilità a lungo termine del materiale;

La prima è associata alle modifiche degli RM durante la permanenza all'interno degli scaffali del produttore, mentre la seconda è associata agli effetti dovuti al trasporto dei campioni.

Non sempre le condizioni di trasporto degli RM rispettano quelle per la conservazione dei campioni e quindi si consiglia un test di validità del CRM prima dell'utilizzo in modo da verificare la validità del certificato.

Gli studi di stabilità vengono effettuati includendo la ripetibilità delle misure, verificando l'instabilità del materiale o del sistema di misura, gli aspetti di riproducibilità inclusa la taratura e l'omogeneità delle bottiglie.

7.2 CRITERI DI SCELTA.

Attualmente sono presenti sul mercato una vasta gamma di RM/CRM, forniti da produttori altamente qualificati nei diversi campi di applicazione.

I criteri che un operatore deve applicare per la scelta di un RM o CRM, fanno riferimento essenzialmente:

- Requisiti del materiale in rapporto alle applicazioni previste.
- Certificato che accompagna il materiale.
- Qualificazione del produttore.
- Costi.

In ogni caso l'omogeneità e la stabilità dei materiali prescelti sono requisiti imprescindibili per una corretta analisi.

CAPITOLO 8:

RISULTATI E CONCLUSIONI.

Questo lavoro di tesi ha avuto come obiettivo la verifica della presenza sul mercato di materiali di riferimento certificati, con concentrazione di analita e matrice, uguale a quelle considerate dalle leggi ambientali.

L'utilizzo dei materiali di riferimento è rivolto alla taratura della strumentazione, allo sviluppo ed alla convalida dei metodi, oltre che all'assicurazione della riferibilità dei risultati e più in generale a tutte quelle attività che sono mirati all'assicurazione ed controllo della qualità delle misure stesse. Infatti, mentre le soluzioni di riferimento (standard) in forma di sostanza chimica singola (pura, in miscela o in soluzione) vengono utilizzate per la taratura strumentale, la matrice rappresenta il materiale di riferimento ideale per la valutazione dell'effetto matrice e del recupero dell'intera procedura analitica.

Come risulta evidente dalle tabelle riportate in questa tesi il confronto tra i materiali di riferimento certificati disponibili ed i limiti di legge evidenzia una carenza di materiali di riferimento per quanto riguarda i composti organici nelle diverse matrici ambientali. Questa carenza è generalmente dovuta all'instabilità di questi composti nelle principali matrici ambientali. Per molte sostanze, soprattutto per gli inquinanti dell'aria, non è possibile infatti produrre materiali di riferimento a causa della forte instabilità degli analiti d'interesse.

Per molte altre sostanze, è stato possibile reperire esclusivamente materiali di riferimento utilizzabili per la taratura delle varie apparecchiature usate per il monitoraggio ambientale, ma non è stato possibile reperire materiali di riferimento con matrici simili a quelle analizzate nel monitoraggio ambientale.

Infine molti dei MR trovati non hanno concentrazioni simili a quelle dei relativi limiti di legge e quindi il loro utilizzo nella convalida dei metodi è più complesso.

Sarebbe quindi molto utile produrre nuovi materiali di riferimento certificati, con queste caratteristiche, soprattutto valutando il grande interesse per il controllo dell'inquinamento ambientale e quindi per la crescente richiesta di analisi sempre più accurate.

BIBLIOGRAFIA:

1. www.arpa.veneto.it/salute/htm/fattori_rischio_metalli.asp
2. Bissolotti G., “L’industria dei gas compressi e i MGR” Quaderno n.22 Università di Roma “La Sapienza 10-16,1192
3. Scerbo R, Ristori T, Possenti L, Lampugnani L, Barale R, Barghigiani C. *Sci Total Environ.*
2002 Mar 8;286(1-3):27-40
4. **DECRETO 2 APRILE 2002, N. 60:** Pubblicato su GU n. 87 del 13-4-2002- Suppl. Ordinario n.77
5. Biological monitoring: lichens as bioindicators of air pollution assessment — a review
(M. E. Conti and G. Cecchetti *Environmental Pollution, Volume 114, Issue 3, October 2001,*
Pages 471-492)
6. Biological monitoring: lichens as bioindicators of air pollution assessment — a review
(M. E. Conti and G. Cecchetti *Environmental Pollution, Volume 114, Issue 3, October 2001,*
Pages 471-492)
7. QUEVAUVILLER P ; HERZIG R ; MUNTAU H
Science of the total environment; 187 (2). 1996. 143-152. [BIOSIS]
8. STONE,F.S.,FREITAS,M.C.,PARR,R.M.,ZEISLER,R. *FRESENIUS' JOURNAL OF ANALYTICAL CHEMISTRY*; 352 (1-2). 1995. 277-231
9. <http://www.regione.emilia-romagna.it/sanita/amianto/cosa.htm>
10. VIM 6.13 e Guida ISO 30,2.1