

Spett.le Provincia di Modena  
Viale J. Barozzi 340  
41121 MODENA

Azienda U.S.L. di Modena  
Dipartimento Sanità Pubblica  
Via Finzi 211  
41100 Modena

Comune di Modena  
Via Santi 40  
41123 Modena

Comune di Bastiglia  
P. zza della Repubblica 57  
41030 Bastiglia

Comune di Bomporto  
Via per Modena 7  
41030 Bomporto

Comune di Campogalliano  
P. zza V. Emanuele II  
41011 Campogalliano

Comune di Castelfranco Emilia  
P.zza della Vittoria 8  
41013 Castelfranco Emilia

Comune di Nonantola  
Via G. Marconi 11  
41015 Nonantola

Comune di Soliera  
P.zza della Repubblica 1  
41019 Soliera

Oggetto: **Impianto di termovalorizzazione (inceneritore) rifiuti di Modena ubicato in Via Cavazza n° 45. Autorizzazione Integrata Ambientale Det. n. 408 del 7/10/2011. Trasmissione del rapporto valutativo sull'indagine ambientale effettuata mediante uso di bioindicatori, bioaccumulatori e campionamenti di terreni nell'intorno dell'area dell'impianto. Anno 2011.**

Si trasmette il rapporto valutativo sull'indagine ambientale per la rilevazione di inquinanti atmosferici mediante uso di bioindicatori, bioaccumulatori e campionamenti di terreni effettuata nell'intorno dell'area dell'inceneritore di Via Cavazza n° 45 a Modena, anno 2011, trasmessa da *HERAmbiente* con nota del 20/04/2012 (prot. 7109). L'analisi è integrata con i dati dell'attività di monitoraggio effettuata da Arpa sulla base dell'Autorizzazione Integrata Ambientale Det. n.408 del del 7/10/2011.

Cordiali saluti

Il Direttore  
Dr. Vittorio Boraldi

Lettera firmata elettronicamente secondo le norme vigenti.

*da sottoscrivere in caso di stampa* La presente copia, composta di n. .... fogli, è conforme all'originale firmato digitalmente.

Documento assunto agli atti con protocollo n. .... del .....

Data ..... Firma .....

**Impianto di termovalorizzazione (inceneritore) rifiuti di Modena  
ubicato in Via Cavazza n° 45. Autorizzazione Integrata  
Ambientale  
Det. n.311 del 30/06/2009 e s. m. i.**

**Rapporto valutativo sull'indagine ambientale per la rilevazione di  
inquinanti atmosferici mediante uso di bioindicatori, bioaccumulatori e  
campionamenti di terreni effettuata nell'intorno dell'area dell'impianto  
Anno 2011**



## INDICE

<b>Premessa</b> .....	3
<b>Verifica del rispetto delle prescrizioni inerenti l'indagine ambientale effettuata mediante l'uso di bioindicatori, bioaccumulatori e campionamenti di terreni</b> .....	4
<b>Valutazione dei dati relativi alla biodiversità Lichenica</b> .....	5
Definizione delle Unità Campionarie Principali (UCP) e secondarie (UCS) .....	6
I risultati del monitoraggio della Biodiversità Lichenica: Indagine anno 2011 .....	8
Indice di Biodiversità Lichenica: confronto anno 2009 e anno 2011 .....	11
<b>Valutazione dei dati relativi alle concentrazioni di metalli pesanti in atmosfera mediante l'impiego di licheni come bioaccumulatori</b> .....	13
I risultati del Bioaccumulo: indagine anno 2011 .....	14
Bioaccumulo Licheni: confronto tra i risultati del 2009 e del 2011 .....	26
<b>Valutazione dei dati relativi al contenuto di metalli pesanti nei suoli</b> .....	28
Metalli nei suoli: confronto anno 2009 e anno 2011 .....	31
<b>Conclusioni</b> .....	35



## Premessa

In data 23/04/2012 (prot. Arpa n° PGMO/2012/0005906), è pervenuta ad Arpa la relazione annuale sull'attività di biomonitoraggio ambientale relativa all'anno 2011, effettuata da *ECOSFERA Snc* per conto di *HERAmbiente* nell'intorno dell'area dell'impianto di incenerimento sito a Modena in Via Cavazza n° 45, come prescritto nell'autorizzazione AIA.

Il contributo valutativo effettuato da Arpa sulla documentazione inoltrata da *HERAmbiente* è finalizzato alla:

- verifica del rispetto delle prescrizioni inerenti al monitoraggio ambientale;
- valutazione dell'insieme di dati raccolti e comparazione con le informazioni ambientali a disposizione.

I dati relativi ai monitoraggi effettuati da *ECOSFERA Snc* sono integrati e completati con i dati dell'attività di controllo e monitoraggio effettuata da ARPA.

## Verifica del rispetto delle prescrizioni inerenti l'indagine ambientale effettuata mediante l'uso di bioindicatori, bioaccumulatori e campionamenti di terreni

Il monitoraggio ambientale effettuato mediante l'uso di bioindicatori, bioaccumulatori e campionamenti di terreni nelle aree circostanti l'impianto è definito nell'Autorizzazione all'adeguamento funzionale dell'impianto di termodistruzione *HERAmbiente*, Via Cavazza, Modena (Det. n°429 del 26/10/2004), integrato successivamente con le prescrizioni contenute nell'Autorizzazione Integrata Ambientale rilasciata alla ditta con Det. n.74 del 2/2/2007 e nelle sue successive modifiche (Det. n.602 del 23/12/2008, Det. n.311 del 30/6/2009 e Det. n.408 del 7/10/2011). Il dettaglio di quanto previsto al punto D3.2 dell'AIA è riportato nella tabella seguente.

<b>D3.2 PIANO DI MONITORAGGIO E CONTROLLO AMBIENTALE E SANITARIO HERAMBIENTE</b>						
<b>D3.2.1 Monitoraggio e controllo: aria, suolo, biomonitoraggio</b>						
PARAMETRO	MISURA	FREQUENZA		REGISTRAZIONE	REPORT	
		GESTORE	ARPA		GESTORE	ARPA
Biomonitoraggio licheni e terreni 21 punti	Determinazione quantitativa	Campionamento e analisi ogni 2 anni	- Ispezioni programmate ogni 2 anni - Biomonitoraggio licheni e analisi metalli ogni 2 anni	Relazione tecnica e rapporti di prova	Ogni 2 anni	Ogni 2 anni

L'attività di biomonitoraggio dei licheni e analisi terreni era già prevista nelle precedenti autorizzazioni.

La prima indagine risale al 1994, a cui seguono quelle del 1997 e del 2002 con le frequenze previste dagli atti allora vigenti.

Successivamente, nel 2004, le prescrizioni dettate a conclusione della procedura di VIA hanno confermato la necessità di proseguire questo monitoraggio con frequenza quinquennale. La frequenza è poi stata successivamente ridotta a biennale nella Det. n.74 del 2/2/2007 (AIA) sopra richiamata.

I punti oggetto dell'indagine sono 21, in massima parte inseriti nel territorio comunale di Modena; la loro individuazione risale alla prima indagine del 1994 e la loro collocazione è stata mantenuta inalterata negli anni successivi al fine di raccogliere una serie di dati nel tempo.

I rilevamenti prescritti riguardano i seguenti parametri:

- misura di biodiversità lichenica mediante applicazione del metodo ANPA (ora ISPRA) (Manuali e Linee Guida n. 2/2001);
- misura di concentrazione di metalli pesanti in atmosfera mediante l'impiego di licheni come bioaccumulatori;
- determinazione del contenuto di metalli pesanti nei suoli.

L'attività di monitoraggio ha avuto inizio nel mese di luglio 2011 ed è terminata a dicembre 2011.



## Valutazione dei dati relativi alla biodiversità lichenica

Le tecniche di biomonitoraggio sono impiegate per la valutazione della qualità dell'aria utilizzando specie vegetali come monitors. Tra i vegetali maggiormente utilizzati vi sono muschi e licheni. L'impiego di questi organismi è dovuto principalmente al fatto che il loro metabolismo dipende quasi esclusivamente dalle deposizioni umide e secche dell'atmosfera. Inoltre, l'assenza di cuticola a rivestimento dei loro tessuti ne favorisce l'incremento della capacità di assorbimento e di accumulo di sostanze prelevate dall'aria.

I licheni sono maggiormente impiegati come bioindicatori della "qualità dell'aria", correlando la biodiversità delle comunità licheniche presenti sui tronchi degli alberi, ai livelli ambientali di inquinanti gassosi. In pratica, variazioni del loro aspetto esteriore, della copertura e della ricchezza floristica sono correlate alla presenza di inquinanti quali: biossido di zolfo, ossidi di azoto, idrocarburi e fluoruri ecc. (Nimis, 1994b).

Le ragioni di questo sono da ricercare nei seguenti aspetti che li caratterizzano:

- l'assorbimento delle sostanze da parte del lichene avviene esclusivamente attraverso la superficie, in quanto, diversamente dalle piante superiori, questi non hanno la cuticola (strato protettivo); gli inquinanti possono quindi penetrare inalterati all'interno delle cellule fungine e algali;
- hanno un lento tasso di accrescimento e scarsa capacità di riparare rapidamente ad eventuali danni;
- durante i periodi con più umidità aumentano l'attività metabolica;
- continuano a metabolizzare a basse temperature, quindi possono subire danni anche nel periodo invernale;
- le influenze esterne possono gravemente danneggiare la fragile associazione simbiotica che li caratterizza.

Come indicato dall'Allegato II – punto 84 della vigente Autorizzazione Integrata Ambientale, le campagne di biomonitoraggio devono essere effettuate secondo le Linee guida ANPA n.2/2001 - "I.B.L. Indice di Biodiversità Lichenica.

Questa indicazione, integrata nell'AIA del 2008 (Det. 602) su proposta Arpa, nasce a seguito dell'esame della relazione relativa al monitoraggio effettuato da *GF Ambiente s.r.l.* per conto di *HERA* nel 2007, in cui la metodologia adottata, seguendo quanto storicamente effettuato, non risultava aggiornata secondo quanto previsto dalle linee guida ANPA.

Nel dicembre 2001, infatti, era stata pubblicata la Linea Guida dell'ANPA n.2/2001 che, allo scopo di armonizzare a livello nazionale le metodologie impiegate per questa specifica indagine ambientale, definiva tutte le fasi del biomonitoraggio: dal campionamento, al rilevamento e calcolo dell'IBL (Indice di Biodiversità Lichenica), all'elaborazione dei dati e alla loro visualizzazione cartografica.

Questa nuova metodica supera diversi limiti relativi a quella impiegata in precedenza (Nimis 1994), in particolare:

- **studio e pianificazione dell' area di campionamento:** il metodo ANPA fornisce indicazioni dettagliate su come suddividere l'area oggetto di studio in unità campionarie e sulla scelta quali-quantitativa degli alberi da campionare al fine di ottenere dati statisticamente rappresentativi dell'area;
- **riproducibilità dei dati:** nel caso del metodo di Nimis non viene richiesta una posizione particolare del reticolo (10 maglie 15cm x 10cm) sull'albero oggetto del monitoraggio, quindi il campionamento successivo è difficilmente riproducibile. Questa criticità viene superata con l'impiego di 4 reticoli costituiti da 5 quadrati di 10cm x 10cm da posizionare sull'albero in ogni punto cardinale, garantendo così la riproducibilità del campionamento;

- **scelta chiara dei forofiti:** entrambi i metodi indicano come preferibile l'utilizzo di una sola specie di forofita, in particolare il tiglio. Il metodo ANPA individua altre possibili specie da utilizzare quando quella consigliata non è disponibile; le specie da impiegare in alternativa devono però appartenere allo stesso gruppo, cioè devono avere una scorza esterna con le stesse caratteristiche.

Anche se utilizzando questa nuova metodica si crea una discontinuità con le serie storiche precedenti il 2009, tale modifica è risultata necessaria al fine di ottenere dati maggiormente confrontabili tra loro e soprattutto confrontabili con altre realtà territoriali.

## Definizione delle Unità Campionarie Principali (UCP) e Secondarie (UCS)

Poiché il nuovo metodo di indagine prevede la definizione di unità campione costituite da quadrati di lato 1 km entro cui effettuare il campionamento, è stato necessario individuare su sistema GIS le aree monitorate nelle indagini precedenti al fine di ricondurle alle unità campionarie corrispondenti.

Per garantire la corretta individuazione sul territorio delle UCP, tale attività è stata condotta da Arpa prima dell'indagine effettuata nell'anno 2009; chiaramente in quella dell'anno 2011 sono state mantenute le stesse aree di campionamento e gli stessi punti vedi Tabella n.1 e Figura n.1 (aree colorate in giallo nella cartina).

UCP Punti	Descrizione punto	Coordinate utilizzate per l'individuazione delle UCP teoriche 2009	
		UTM X	UTM Y
1	Bollitore	655095	950310
2	Bastiglia-San Clemente	658915	953317
3	Bomporto	661843	954960
4	Ravarino	666310	956885
5	Luoghetto	655800	948990
6	Cavo Argine	655725	947850
7	Navicello	657500	948200
8	Viazza	657825	946125
9	Paganina Magelli	657475	941425
10	Gherbella Fossalta	655825	942227
11	Gherbella S.Damaso	655600	941350
12	Modena Est Emilia	654300	944750
13	Hesperia	652718	943270
14	Centro città	652726	945802
15	Modena Ferrovia	652464	946202
16	Sagittario	650370	943860
17	San Giacomo	652860	948653
18	San Pancrazio	651231	949518
19	San Matteo	653745	950440
20	Depuratore Nord	654085	948660
21	Depuratore Sud	654290	948880

Tabella 1: Punti di monitoraggio valutati da Arpa (anno 2009)

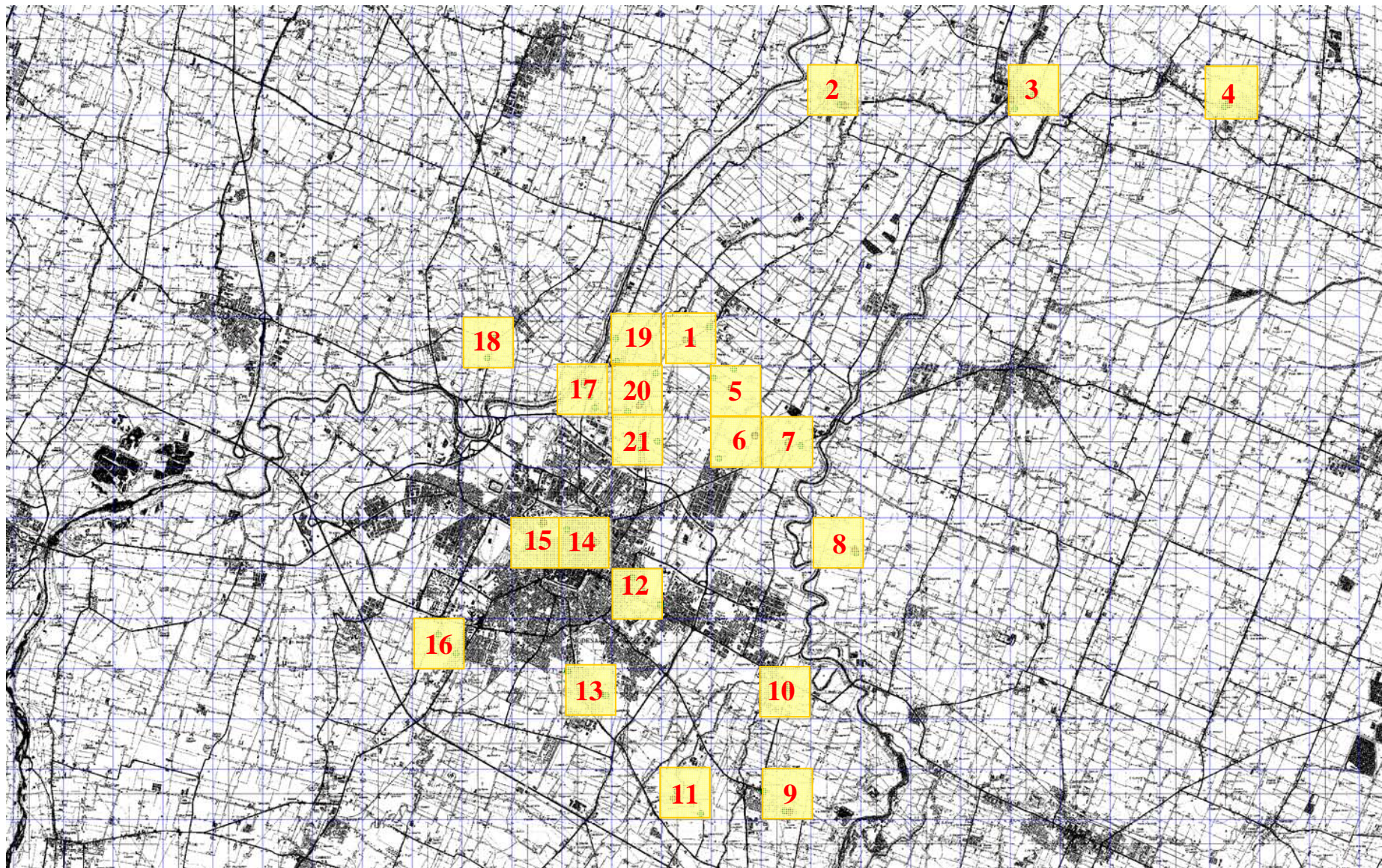


Figura 1: UCP campionate (aree colorate in giallo)

## I risultati del monitoraggio della Biodiversità Lichenica: indagine anno 2011

L'indagine consiste nella valutazione della biodiversità lichenica su tronchi d'albero; si valuta in particolare la somma delle frequenze delle specie presenti entro un reticolo a cinque maglie di area costante. Il reticolo di rilevamento è di dimensioni 40 x 50 cm, suddiviso in cinque unità di 10 x10 cm.

La scelta delle specie di alberi è stata fortemente condizionata dalle caratteristiche ambientali della pianura modenese che presenta forte urbanizzazione ed elevato sfruttamento ad uso agricolo del territorio.

In accordo con quanto definito dalla metodologia e tenendo conto della distribuzione territoriale delle varie specie arboree (dati forniti dall'Ufficio Verde del Comune di Modena), il monitoraggio è stato effettuato sul tiglio (*Tilia sp.pl.*). Solo in alcuni casi, limitati ad alcune zone agricole, non trovando alberi di tiglio idonei, è stata utilizzata la quercia (*Quercus robur*), appartenente alla stessa categoria per caratteristiche della scorza.

Le attività di biomonitoraggio si sono svolte principalmente nei mesi di luglio, agosto e settembre 2011; la rispondenza procedurale delle attività previste dal monitoraggio ambientale eseguito da *ECOSFERA* per conto di *HERAmbiente*, è stata verificata dal personale ARPA nelle date 26, 31 agosto e 1 settembre, giornate dedicate ai campionamenti delle UCP 2, 3, 4, 5, 6, 8, 14, 17, 18, 20, 21.

Per meglio valutare il trend dopo due anni dell'IBL, all'interno di ciascuna UCP, sono stati controllati gli stessi alberi dell'indagine precedente.

Si precisa che in tutti i casi sono stati correttamente applicati i criteri di scelta dell'albero da campionare indicati dal metodo (inclinazione e circonferenza del tronco, assenza di fenomeni evidenti di disturbo quali verniciature o gravi malattie della pianta, parti con copertura di briofite non superiore al 25%) e quelli di posizionamento del reticolo di campionamento, evitando parti del tronco danneggiate o decorticate, parti con evidenti nodosità, parti corrispondenti alle fasce di scolo con periodico scorrimento di acqua piovana.

Per ogni UCP sono stati rilevati da 3 a 6 alberi, tranne nel caso della UCP 11 Gherbella – San Damaso, dove sono stati valutati solo due forofiti per assenza di altri alberi disponibili.

I valori di IBL relativi a ciascuna unità campionaria principale UCP, ottenuti dalla media aritmetica dei valori provenienti da ciascun campionamento, sono sintetizzati nella Tabella n.2.

UCP	Descrizione	Indice di biodiversità lichenica 2011
1	Bollitore	75,7
2	Bastiglia	80,7
3	Bomporto	82,3
4	Ravarino	147,7
5	Luoghetto	82,8
6	Cavo Argine	112,0
7	Navicello	134,3
8	Viazza	117,0
9	Paganini Magelli	115,8
10	Gherbella Fossalta	100,0
11	Gherbella San Damaso	124,0
12	Modena Est	62,9
13	Hesperia	115,3
14	Centro città	81,0
15	Modena Ferrovia	79,5
16	Sagittario	105,8
17	San Giacomo	89,8
18	San Pancrazio	88,5
19	San Matteo	114,3
20	Depuratore nord	90,0
21	Depuratore sud	86,5

Tabella 2 Indice di Biodiversità Lichenica anno 2011

Intervalli di IBL	Classi di alterazione	Distribuzione percentuale dei risultati delle UCP 2011
>126	naturalità	9,5%
102-126	alterazione trascurabile	33,3%
77-101	alterazione bassa	47,6%
52-76	alterazione media	9,5%
26-51	alterazione alta	
0-25	alterazione molto alta	

Tabella 3 Classi di alterazione: distribuzione percentuale dei risultati

Come si evince dalla Tabella 2 e dalla Fig. 2, il quadro è positivo in tutto il territorio oggetto del campionamento: la flora lichenica è quasi sempre ricca e diversificata, con percentuali di alterazione mai alta o molto alta, che si attesta nel 81% dei casi come “Trascurabile” o “Bassa” e nel 10% come “Naturale” (Tabella 3).

Velocità e direzione di provenienza del vento dal 1/1/11 al 31/12/11

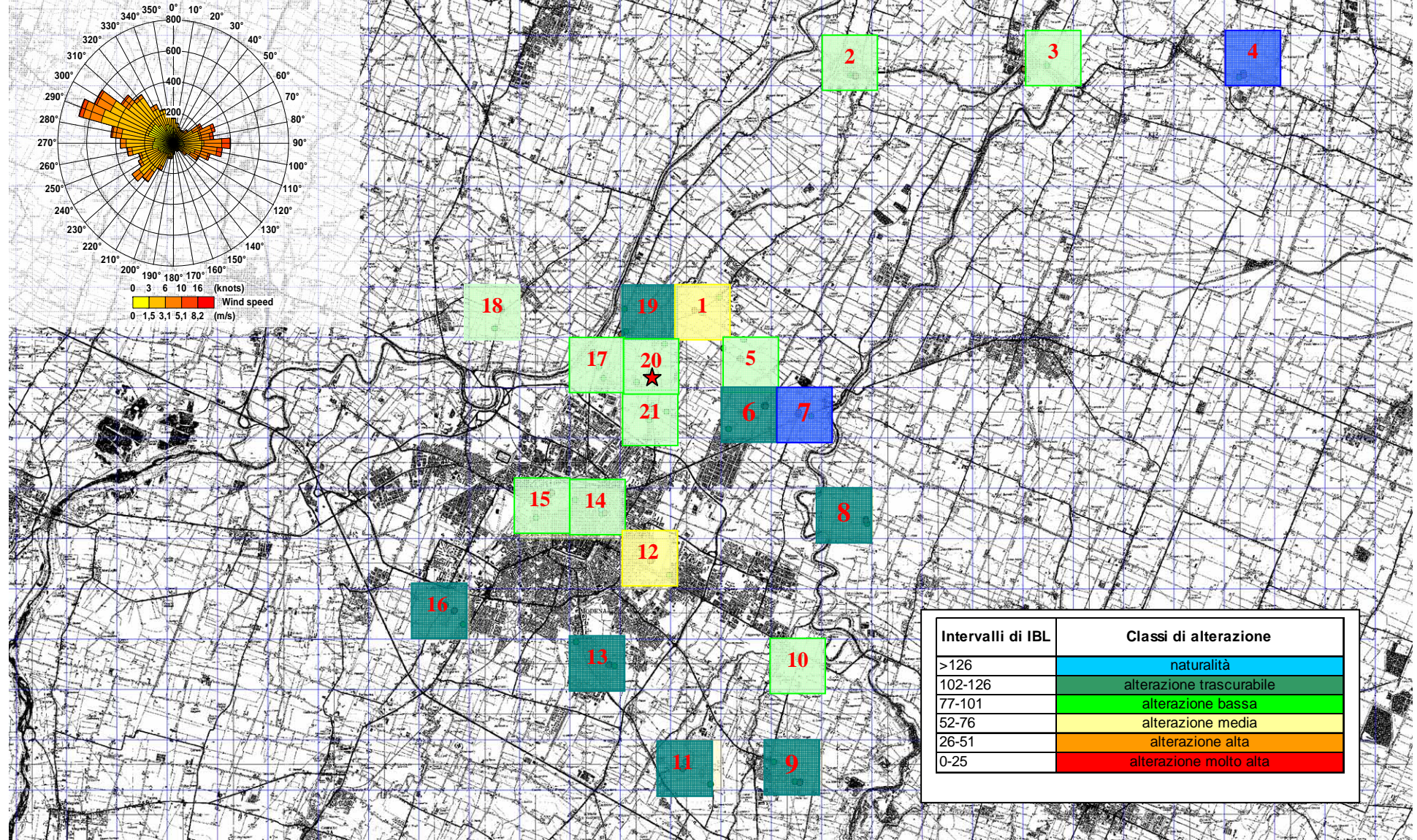


Figura 2: Indice di biodiversità lichenica - risultati anno 2011 (indagine ECOSFERA per conto di HERAmbiente)

## Indice di Biodiversità lichenica: confronto anno 2009 e anno 2011

Nella Tabella 4 vengono confrontati i risultati dell'indagine dell'anno 2009 con quelli del 2011.

UCP	Descrizione	Indice di biodiversità lichenica 2009	Indice di biodiversità lichenica 2011	Differenza % (2009/2011)
1	Bollitore	84,0	75,7	-9,9
2	Bastiglia	92,7	80,7	-12,9
3	Bomporto	98,3	82,3	-16,3
4	Ravarino	125,5	147,7	17,7
5	Luoghetto	93,5	82,8	-11,4
6	Cavo Argine	107,0	112,0	4,7
7	Navicello	110,0	134,3	22,1
8	Viazza	112,0	117,0	4,5
9	Paganini Magelli	120,7	115,8	-4,1
10	Gherbella Fossalta	108,7	100,0	-8,0
11	Gherbella San Damaso	126,6	124,0	-2,1
12	Modena Est	62,8	62,9	0,2
13	Hesperia	99,8	115,3	15,5
14	Centro città	76,3	81,0	6,2
15	Modena Ferrovia	73,6	79,5	8,0
16	Sagittario	112,2	105,8	-5,7
17	San Giacomo	83,9	89,8	7,0
18	San Pancrazio	94,9	88,5	-6,7
19	San Matteo	112,6	114,3	1,5
20	Depuratore nord	80,2	90,0	12,2
21	Depuratore sud	102,0	86,5	-15,2

Classi di alterazione	naturalità	alterazione trascurabile	alterazione bassa	alterazione media	alterazione alta	alterazione molto alta
-----------------------	------------	--------------------------	-------------------	-------------------	------------------	------------------------

Tabella 4: Indice di Biodiversità Lichenica - confronto anni 2009 e 2011

Se si esaminano i dati di IBL dei due anni, si può osservare che le UCP che nell'anno 2011 presentano un peggioramento dell'indice di biodiversità lichenica sono 10, ma con differenze di lieve entità (in media - 9%).

Inoltre, in alcuni casi, sebbene la differenza sia molto contenuta, si assiste ad una variazione della classe di alterazione: ne sono un esempio le UCP 14 e 15 che tra il 2009 e il 2011 passano da una alterazione media ad una alterazione bassa a fronte di una variazione dell'indice del solo 6-8% e la UCP 1, il cui IBL cala leggermente (-10%) modificando però il grado di alterazione da basso a medio.

L'area dove in entrambe le campagne si conferma una "alterazione media" è quella di Modena est (UCP 12): in questo caso si può supporre che la crescita lichenica e quindi l'allontanamento dalle condizioni di "naturalità", siano dovuti all'elevata antropizzazione dell'area.

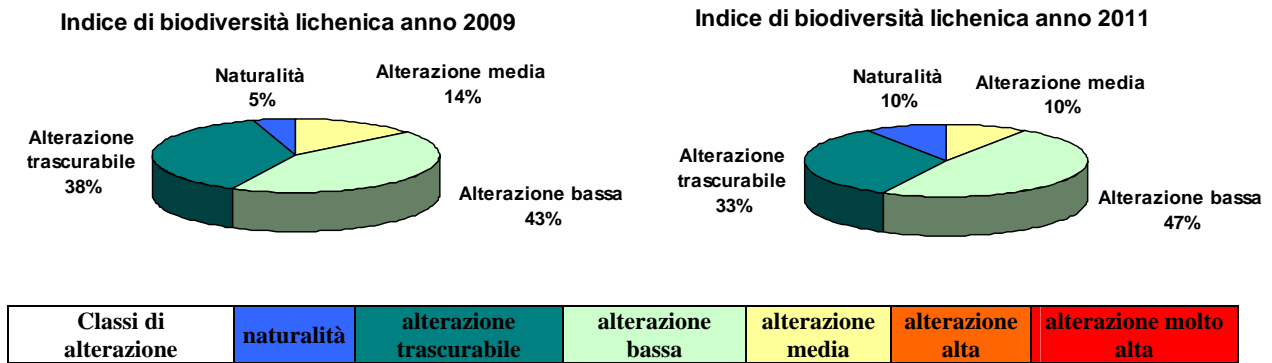


Figura 3: Indice di biodiversità lichenica - confronto anno 2009 e 2011

Se si analizza la distribuzione percentuale delle classi di alterazione nei campioni analizzati nel 2011, confrontati con quelli del 2009 (Fig. 3), si può notare che le variazioni riscontrate sono lievi: le zone con condizioni di “Naturalità” aumentano leggermente, passando dal 5 al 10%, quelle con “Alterazione Trascurabile e Media” diminuiscono di circa il 4-5% e quelle con “Alterazione Bassa” aumentano del 4%.

Si può quindi affermare che il risultato dell’anno 2011 non è nella sostanza dissimile da quanto rilevato nella precedente indagine dell’anno 2009.



## Valutazione dei dati relativi alle concentrazioni di metalli pesanti in atmosfera mediante l'impiego di licheni come bioaccumulatori

I licheni sono frequentemente utilizzati come bioaccumulatori in studi di monitoraggio ambientale, grazie alla loro capacità di assorbire e stoccare al loro interno diversi inquinanti presenti in atmosfera, integrando in questo modo le informazioni ottenibili mediante il monitoraggio strumentale.

L'elevata tolleranza nei confronti dei metalli pesanti da parte dei licheni è legata alla presenza, all'interno del tallo, di ampi spazi extracellulari contenenti materiale amorfo dove i metalli vengono accumulati principalmente sotto forma di particolato: la capacità di trattenere i contaminanti in forma particellare apparentemente inibisce la loro solubilizzazione e ne impedisce il passaggio nel lume cellulare, evitandone così gli effetti nocivi. I licheni sono inoltre in grado di immobilizzare in forme biologicamente inattive gli ioni di molti metalli tossici: sono stati ad esempio evidenziati meccanismi di chelazione e di precipitazione di sali insolubili negli spazi extracellulari, regolati dai licheni con la sintesi di particolari acidi organici.

La valutazione del bioaccumulo tramite i licheni si può effettuare attraverso due tecniche:

- tecnica di Nimis-Bargagli (1999) che campiona i licheni indigeni di *Parmelia s.lat.* o *Xanthoria parietina*, analizzando solo le parti periferiche, perchè riferibili all'ultimo anno di crescita: questa è possibile solo se in ambiente è presente un'abbondante quantità di flora lichenica specifica spontanea, situazione non riscontrata nel territorio oggetto di indagine.
- tecnica dell'espianto di "Pseudevernia furfuracea".

Nel caso in esame, tenendo conto della presenza limitata di flora lichenica sul territorio, in accordo con Arpa, *ECOSFERA* ha adottato la tecnica dell'espianto di "Pseudevernia furfuracea".

Questa metodologia, denominata del "trapianto lichenico" o "biomonitoraggio attivo" è stata utilizzata in diverse aree del territorio nazionale (Caniglia & Zorer, 1992; Cardarelli et al., 1993; Caniglia et al., 1993, Maffiotti & Piervittori, 1995; Piervittori, 1997; Bari et al., 1997) e prevede l'esposizione di sacchetti di licheni, opportunamente preparati, prelevati in luoghi lontani da fonti inquinanti. Analizzando i licheni prima e dopo l'esposizione è possibile ottenere indicazioni sulla deposizione avvenuta dal momento del trapianto sino al periodo della raccolta.

I punti scelti per l'esposizione di "Pseudevernia furfuracea" sono gli stessi dell'indagine del 2009; la loro collocazione puntuale è stata effettuata ricercando un sito idoneo sia per il bioaccumulo, che per il prelievo di terreno, da effettuarsi secondo quanto previsto dal piano di monitoraggio.

## I risultati del Bioaccumulo indagine anno 2011

I licheni sono stati raccolti da *ECOSFERA* in un sito alpino, pochi giorni prima dell'esposizione che è avvenuta in data 13/14 settembre, collocando i licheni nei 21 siti individuati; in questa fase ARPA ha partecipato ai sopralluoghi per una verifica della rispondenza procedurale delle attività previste dal monitoraggio. Il ritiro è avvenuto dopo 108/109 gg di esposizione, in data 30 dicembre 2011.

I campioni sono stati successivamente analizzati sia presso il laboratorio Arpa, sia dal laboratorio di *ECOSFERA* per conto di *HERAmbiente*, riferendosi al metodo indicato dalle "Linee Guida per l'utilizzo di licheni epifiti come bioaccumulatori di metalli in traccia" Nimis e Bargagli 1999.

Prima di procedere all'analisi dei campioni, il laboratorio di Arpa ha verificato il metodo utilizzando una matrice di riferimento (BCR-482) costituita da lichene contenente una quantità nota di metalli, certificata da IRMM (Institute for Reference Materials and Measurement). Il confronto ha dato esiti soddisfacenti: il risultato analitico differisce dallo standard di una percentuale sempre inferiore al 3 %, rientrando nel range di incertezza certificata della matrice di riferimento; unica eccezione il Piombo, dove la differenza è del 13% e la concentrazione si colloca di poco al di fuori da tale intervallo: 35,4 mg/kg contro 40,9  $\pm$  1,4 mg/kg certificati.

Per la valutazione del **livello di contaminazione iniziale dei licheni prima dell'esposizione** sono stati analizzati da entrambi i laboratori n. 8 campioni di bianco, suddivisi in due aliquote, una per ogni laboratorio; i risultati sono riassunti nella Tabella n.5.

Metalli	Media 8 campioni non esposti Bianco ARPA (mg/Kg)	Media 8 campioni non esposti Bianco HERA (mg/Kg)	Dev. Std Arpa %	Dev. Std HERA %
Al	621,8	696,6	16,5	7,2
Sb	<0,1	<0,5	-	-
As	1,2	0,21	44,3	30,2
Cd	<0,1	0,3	-	31,6
Co	0,6	<0,2	9,9	-
Cr	2,0	1,7	4,3	11,3
Mn	41,4	48,5	19,4	21,4
Hg	0,2	0,2	9,4	7,2
Ni	1,1	1,0	7,1	8,4
Pb	7,7	1,3	2,9	56,6
Cu	5,9	5,1	6,9	5,2
Tl	<0,1	<0,5	-	-
V	0,7	1,8	22,8	8,5

Tabella. 5: Risultati dell'analisi dei bianchi effettuati dai due laboratori

Per la maggior parte dei metalli analizzati, si evidenzia un buon accordo tra i due laboratori; vi sono alcune eccezioni legate alla diversa strumentazione impiegata, nonché alcune anomalie, tra cui quella più evidente è riferibile al Pb. Per questo metallo infatti, mentre il dato di Arpa è in linea con quanto determinato nel 2009 da entrambi i laboratori, quello di HERA nel 2011 risulta sensibilmente più contenuto.

Queste differenze risultano determinanti nella valutazione dei fattori di arricchimento che verranno successivamente valutati.

Per l'As, il confronto tra i due laboratori non è significativo a causa delle differenze nella strumentazione utilizzata a cui sono associati limiti di rilevabilità notevolmente differenti. Per tale ragione, i risultati dell'indagine relativi a questo metallo non verranno confrontati nelle elaborazioni di seguito riportate.

I campioni di licheni dopo l'esposizione sono stati preparati per le analisi di laboratorio secondo il protocollo indicato dal metodo analitico sopra citato, che prevede una pulizia accurata per eliminare l'eventuale deposizione terrigena esterna, la macinazione del campione e la divisione in due aliquote, una da consegnare ad Arpa per l'analisi e una da processare internamente (*HERAmbiente*).

Anche nel 2011, come già era accaduto nel 2009, il lichene posizionato nella UCP 15 è stato sottratto; non è stato quindi possibile analizzarlo; si terrà conto di quanto avvenuto durante il prossimo monitoraggio cercando di individuare un punto diverso.

Vengono riportati di seguito i grafici che mettono a confronto le concentrazioni di metalli nei campioni, dopo un'esposizione di 108/109 giorni in aria ambiente, con il rispettivo valore di bianco.

Nell'analisi non sono stati riportati il tallio e l'antimonio in quanto sempre inferiori al limite di rilevabilità strumentale sia nelle analisi condotte da *HERAmbiente*, che in quelle di Arpa.



Figura 4: Metalli (Cr, Mn, Ni, Cu, Hg e Al) - confronto dati Arpa ed *HERAmbiente*

Per quanto riguarda cromo, manganese, nichel, rame, mercurio e alluminio (Figura 4), le differenze tra i risultati di Arpa e di *HERAmbiente* sono contenute, in accordo con quanto evidenziato dal confronto dei campioni di bianco prima dell'esposizione.

Per vanadio, cadmio, cobalto e piombo (Figura 5), le differenze riscontrate nei bianchi influenzano sensibilmente anche il dato dopo l'esposizione, comportando differenze significative tra i risultati dei due laboratori.

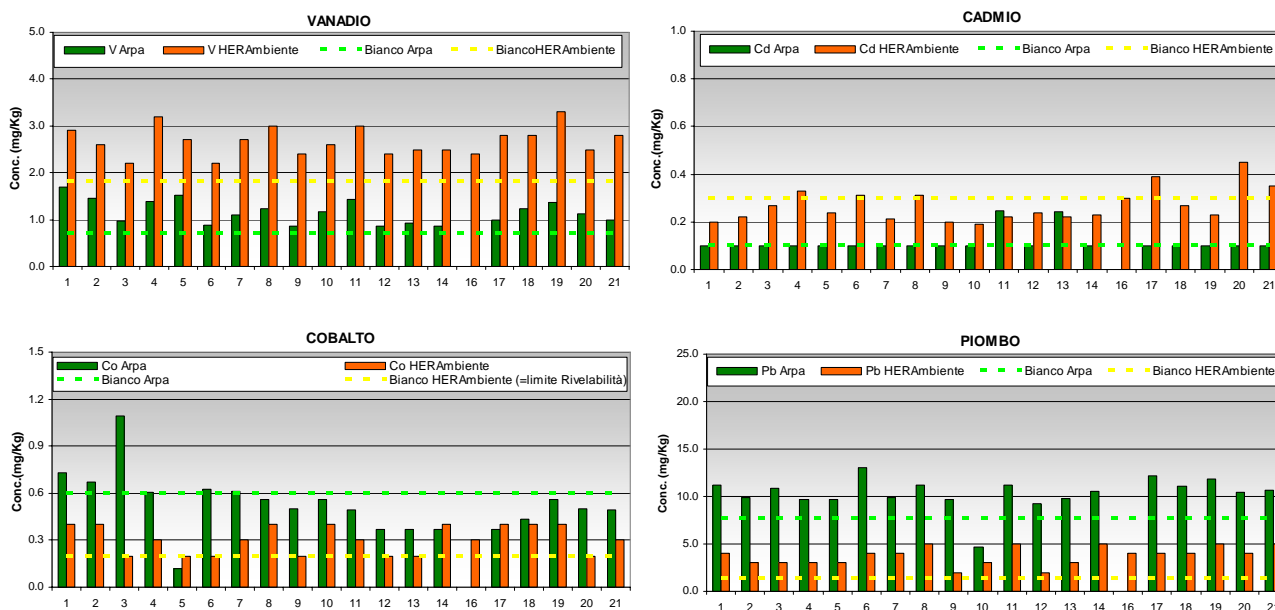


Figura 5: Metalli (V, Cd, Co, Pb) - confronto dati Arpa ed *HERAmbiente*

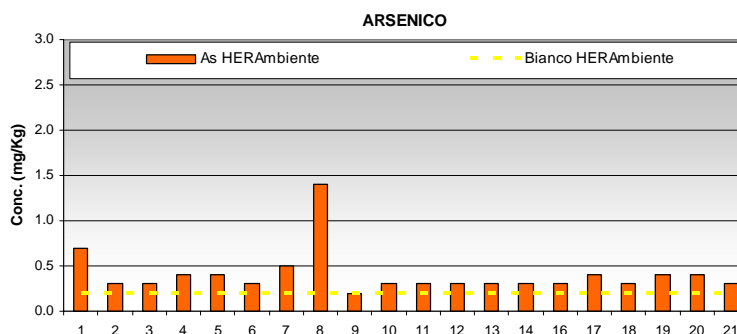


Figura 6: As - dati *HERAmbiente*

Dall'esame dei grafici si evidenziano alcuni metalli che si discostano maggiormente dai valori di bianco ottenuti prima dell'esposizione.

La significatività di queste variazioni non è facilmente valutabile, in quanto non esistono scale interpretative valide in assoluto e applicabili in tutti i casi.

Per l'interpretazione dei risultati il *ECOSFERA* per conto di *HERAmbiente* propone quindi un criterio basato sulle deviazioni percentuali riscontrate nei campioni rispetto alle concentrazioni di pre-esposizione, in base alle quali vengono **individuate 6 classi di alterazione**, come mostrato nella tabella seguente.

Incrementi % rispetto ai valori di pre-esposizione	Classi di alterazione	Colori di riferimento
< 10	Condizioni indisturbate	
10 – 50	Lieve alterazione	
51 – 100	Alterazione bassa	
101 – 200	Alterazione media	
201 – 300	Alterazione alta	
> 300	Alterazione molto alta	

Le concentrazioni di pre-esposizione vengono assunte pari alla media dei risultati ottenuti dall'analisi di 8 campioni di licheni non contaminati.

La stessa metodologia è stata applicata anche sui dati Arpa, al fine di verificare la riproducibilità del risultato; di seguito vengono messi a confronto i risultati ottenuti.

		ALLUMINIO		ARSENICO		CADMIO		COBALTO		CROMO		MANGANESE	
		2011		2011		2011		2011		2011		2011	
		Al ARPA	Al HERA	As ARPA	As HERA	Cd ARPA	Cd HERA	Co ARPA	Co HERA	Cr ARPA	Cr HERA	Mn ARPA	Mn HERA
Concentrazione		mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg
	<b>bianco</b>	<b>622</b>	<b>697</b>	<b>0,200</b>	<b>&lt;0,1</b>	<b>0,30</b>	<b>0,60</b>	<b>0,20</b>	<b>2,0</b>	<b>1,7</b>	<b>41,4</b>	<b>48,5</b>	
1	Bollitore	1627	1481	0,7	<0,1	0,20	0,7	0,4	4,4	4,2	55,9	62,7	
2	Bastiglia	1249	1191	0,3	<0,1	0,22	0,7	0,4	3,2	3,1	48,4	55,2	
3	Bomporto	1306	1168	0,3	<0,1	0,27	1,1	0,2	3,3	2,5	42,0	46,1	
4	Ravarino	1336	1708	0,4	<0,1	0,33	0,6	0,3	3,5	4,1	52,3	63,7	
5	Luoghetto	1140	1346	0,4	<0,1	0,24	0,1	<0,2	2,7	3,9	56,4	64,4	
6	Cavo Argine	1863	1298	0,3	<0,1	0,31	0,6	0,2	3,4	2,9	73,4	70,8	
7	Navicello	1507	1268	0,5	<0,1	0,21	0,6	0,3	3,4	3,9	53,0	61,8	
8	Viazza	1893	1503	1,4	<0,1	0,31	0,6	0,4	3,8	4,7	34,8	75,8	
9	Paganini	1016	1097	0,2	<0,1	0,20	0,5	0,2	2,5	2,7	61,9	70,0	
10	Fossalta	1166	1371	0,3	<0,1	0,19	0,6	0,4	3,0	3,8	65,5	77,8	
11	S.Damaso	1792	1631	0,3	0,25	0,22	0,5	0,3	3,7	4,2	47,8	58,7	
12	Modena est	1272	1151	0,3	<0,1	0,24	0,4	<0,2	2,2	3,2	28,5	35,4	
13	Hesperia	1939	1143	0,3	0,24	0,22	0,4	0,2	2,4	3,1	35,8	43,1	
14	Centro	976	1404	0,3	<0,1	0,23	0,4	0,4	2,4	3,4	50,3	59,4	
16	Sagittario	1287	1202	0,3	0,12	0,30	0,3	0,3	2,6	2,9	49,3	56,3	
17	S.Giacomo	1629	1692	0,4	<0,1	0,39	0,4	0,4	3,1	3,9	110,3	130,4	
18	San Pancrazio	1318	1643	0,3	<0,1	0,27	0,4	0,4	3,5	4,0	42,3	46,4	
19	San Matteo	1500	1764	0,4	<0,1	0,23	0,6	0,4	3,7	4,9	39,0	83,0	
20	Depurat. Nord	1250	1286	0,4	<0,1	0,45	0,5	0,2	3,6	3,9	54,7	58,5	
21	Depurat. Sud	1186	1628	0,3	<0,1	0,35	0,5	0,3	3,2	3,9	157,5	176,8	

		NICHEL		PIOMBO		RAME		MERCURIO		VANADIO	
		2011		2011		2011		2011		2011	
		Ni ARPA	Ni HERA	Pb ARPA	Pb HERA	Cu ARPA	Cu HERA	Hg ARPA	Hg HERA	V ARPA	V HERA
Concentrazione		mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg
	<b>bianco</b>	<b>1,1</b>	<b>1,0</b>	<b>7,7</b>	<b>1,3</b>	<b>5,9</b>	<b>5,1</b>	<b>0,25</b>	<b>0,2</b>	<b>0,7</b>	<b>1,8</b>
1	Bollitore	2,0	1,8	11,2	4,0	13,6	13,0	0,33	0,3	1,7	2,9
2	Bastiglia	1,7	1,8	9,8	3,0	9,3	9,3	0,28	0,2	1,5	2,6
3	Bomporto	1,6	1,6	10,8	3,0	10,3	8,0	0,29	0,3	1,0	2,2
4	Ravarino	1,7	2,3	9,7	3,0	12,3	14,7	0,26	0,3	1,4	3,2
5	Luoghetto	1,5	1,7	9,7	3,0	9,6	13,7	0,26	0,3	1,5	2,7
6	Cavo Argine	1,7	1,5	13,0	4,0	12,1	10,2	0,30	0,3	0,9	2,2
7	Navicello	1,8	1,6	9,9	4,0	12,8	14,0	0,25	0,2	1,1	2,7
8	Viazza	1,8	2,1	11,2	5,0	12,4	13,7	0,33	0,3	1,2	3,0
9	Paganini	1,5	1,3	9,6	2,0	8,7	9,3	0,26	0,2	0,9	2,4
10	Fossalta	1,7	1,8	4,6	3,0	12,0	13,5	0,27	0,3	1,2	2,6
11	S.Damaso	2,0	2,0	11,2	5,0	11,0	13,5	0,33	0,3	1,4	3,0
12	Modena est	1,6	1,7	9,2	2,0	9,3	11,2	0,32	0,3	0,9	2,4
13	Hesperia	1,6	2,1	9,8	3,0	9,5	11,3	0,32	0,3	0,9	2,5
14	Centro	1,8	1,8	10,5	5,0	10,0	12,3	0,26	0,3	0,9	2,5
16	Sagittario	1,7	1,6	10,5	4,0	8,9	9,4	0,31	0,3	1,3	2,4
17	S.Giacomo	2,0	2,2	12,2	4,0	11,2	13,4	0,33	0,3	1,0	2,8
18	San Pancrazio	1,7	1,6	11,1	4,0	9,2	9,6	0,29	0,3	1,2	2,8
19	San Matteo	3,0	2,2	11,8	5,0	14,2	17,1	0,35	0,3	1,4	3,3
20	Depurat. Nord	2,6	2,3	10,5	4,0	12,0	13,2	0,3	0,2	1,1	2,5
20	Depurat. Sud	2,5	2,0	10,6	5,0	11,2	12,5	0,31	0,3	1,0	2,8

Tabella 6: Bioaccumulo anno 2011 - concentrazione dei metalli nei licheni e arricchimenti percentuali (in scala di colori) - confronto Arpa - HERAmbiente

Nell'interpretazione dei dati, si deve innanzitutto tener conto che questi non derivano da una misura strumentale, ma dalla quantità di inquinante che un organismo vivente (lichene) intercetta e accumula al suo interno durante il tempo di esposizione. Ciò dipende ovviamente da numerosi fattori sia esterni (microclimatici, sostanze che possono concorrere al bioaccumulo, forma fisica dell'inquinante), che interni all'organismo stesso (tipo di organismo).

Inoltre, l'appartenenza ad una determinata classe di alterazione risulta strettamente legata alla concentrazione del metallo nel campione di bianco e quindi al limite di rilevabilità del metodo analitico adottato: tanto più questo limite è basso, tanto maggiore sarà il fattore di arricchimento a parità di concentrazione finale nel lichene esposto.

Per tale ragione, alti fattori di arricchimento non sempre corrispondono a concentrazioni elevate dopo l'esposizione.

Infine, vi sono differenze non trascurabili tra i valori di bianco determinati dai due laboratori (Pb, Co e V) e questo comporta arricchimenti anche molto diversi a parità di concentrazione finale nel lichene. Tutte queste variabili giustificano in parte le differenze che si riscontrano nel confronto tra i dati di *HERAmbiente* e di Arpa.

Pur nelle difficoltà interpretative sopra richiamate, entrambi i set di dati evidenziano alterazioni medie per Al e Cu, mentre sono meno concordi i dati di Cr e Pb, che risultano in diverse UCP ad alterazione media nei dati del gestore e ad alterazione bassa in quelli di Arpa.

Si riscontrano inoltre alcuni punti in cui entrambi i set di dati confermano alterazioni medie/alte, come le UCP 19 e 20 per il Ni e le UCP 17 e 21 per il Mn.

Di seguito si riportano le mappe raffiguranti le classi di alterazione riscontrate per questi metalli da *HERAmbiente* e da Arpa.

Dall'analisi della distribuzione spaziale, si evidenzia che Al, Cr, e Cu mostrano arricchimenti in diverse UCP distribuite su tutta l'area di studio, in particolare nei dati del gestore; tale ubiquitarietà, unitamente alla buona correlazione di Cr e Cu con l'Al, metallo di origine terrigena, supporta l'ipotesi che quanto evidenziato sia da attribuire ad una sorgente diffusa quale potrebbe essere il suolo.

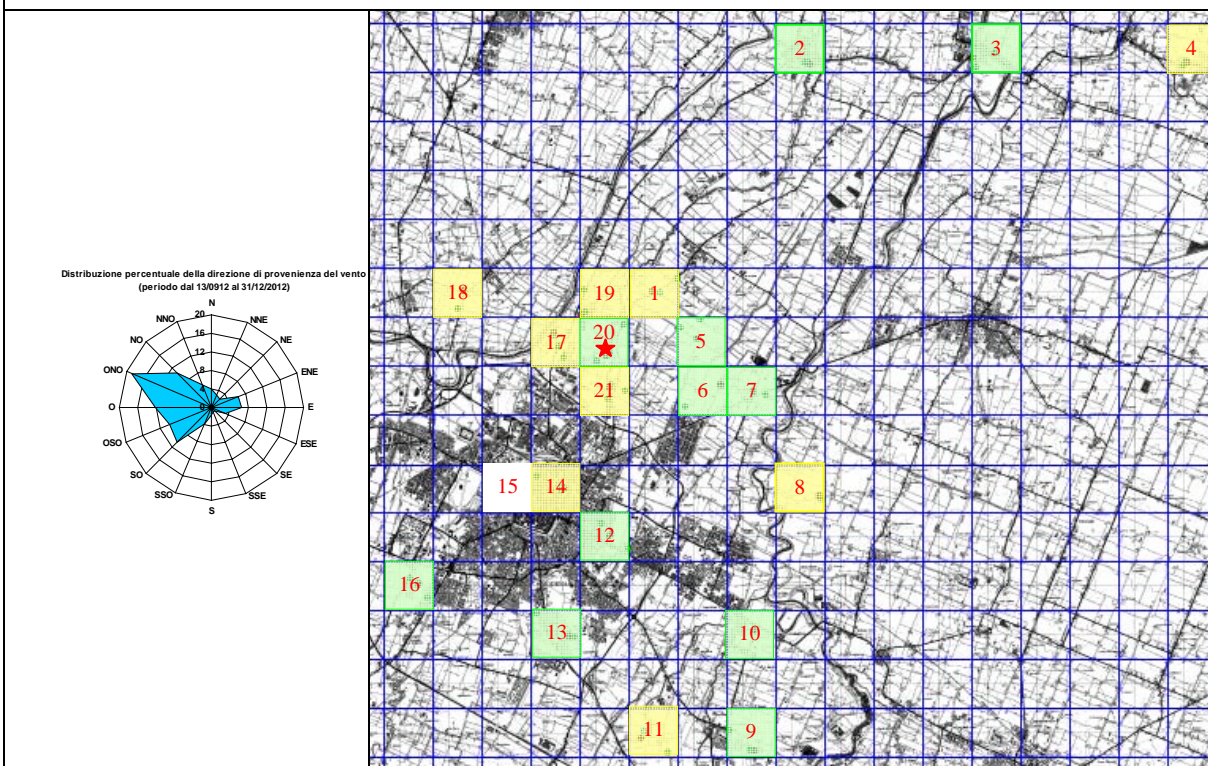
Il Pb, come già precedentemente accennato, mostra differenze consistenti tra i due laboratori, dovute principalmente alla notevole diversità tra le concentrazioni di questo metallo determinate nel lichene non esposto. In ogni caso, anche considerando il dato di *HERAmbiente*, che risulta nella maggior parte delle UCP caratterizzato da alterazione alta, l'ubiquitarietà di questo risultato rende poco significativo il risultato. Il dato di Arpa si conferma invece simile, sia come valori assoluti, che come classe di alterazione, rispetto a quanto rilevato nel 2009, non evidenziando particolari criticità.

Relativamente all'Arsenico, il gestore evidenzia un comportamento analogo a quello già riscontrato nella precedente indagine, confermando arricchimenti significativi nelle UCP 1, 7 e 8, a fronte di un quadro di valori contenuti nelle altre aree esaminate. Tale risultato viene attribuito, nella relazione del gestore, a sorgenti antropiche di contaminazione presenti a livello locale.

Come in generale avviene per tutte le rilevazioni effettuate in aria ambiente, risulta estremamente difficile risalire alla sorgente emissiva avendo a disposizione un unico dato potenzialmente influenzato da tutte le sorgenti presenti in un'area; a questo si aggiunge che nei rilievi strumentali effettuati nelle stazioni di monitoraggio collocate nell'area circostante l'inceneritore (aria, terreni), non si sono mai evidenziati livelli di As anomali. Tali dati non supportano quindi quanto evidenziato con la tecnica del bioaccumulo, che come noto, utilizzando organismi viventi, può risultare influenzata da numerosi fattori.

Analoghe valutazioni valgono per gli arricchimenti evidenziati in alcune UCP per manganese e nichel.

### Bioaccumulo – Alluminio – HERAmbiente 2011



### Bioaccumulo – Alluminio – Arpa 2011

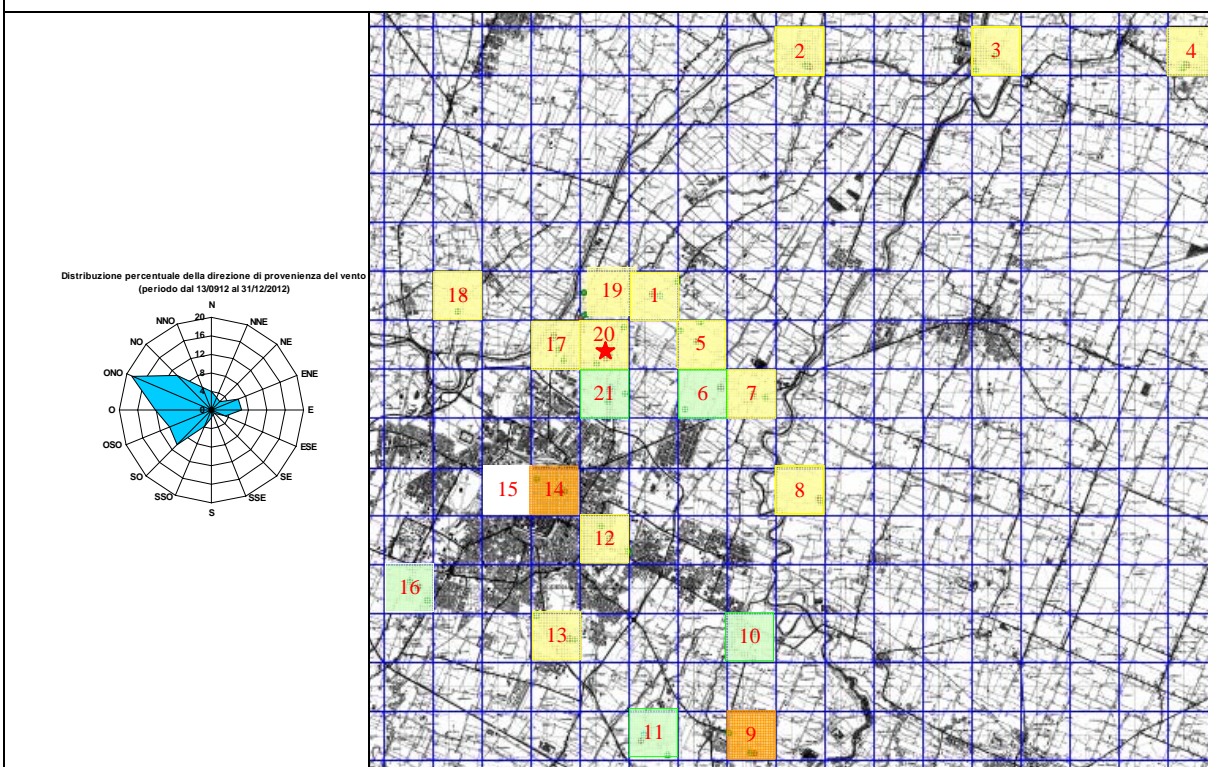
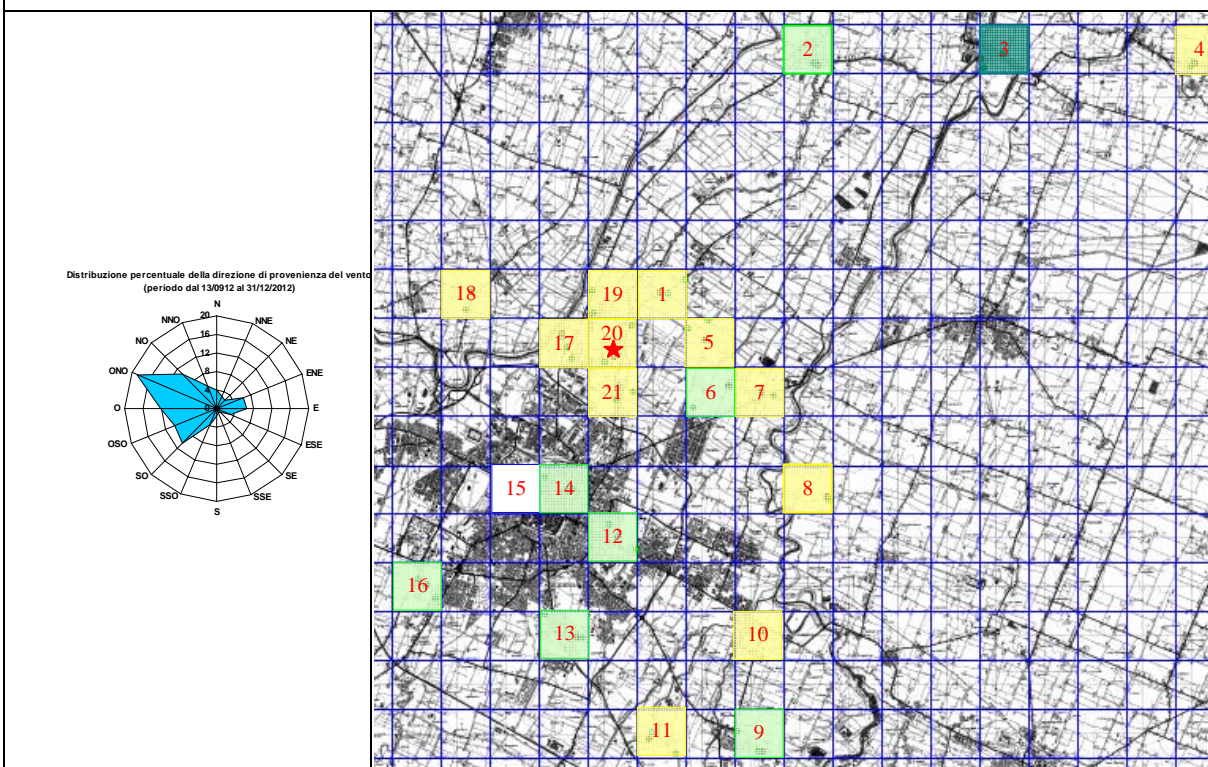


Figura 7: Alluminio - distribuzione spaziale classi di alterazione

### Bioaccumulo – Cromo – HERAmbiente 2011



### Bioaccumulo – Cromo – Arpa 2011

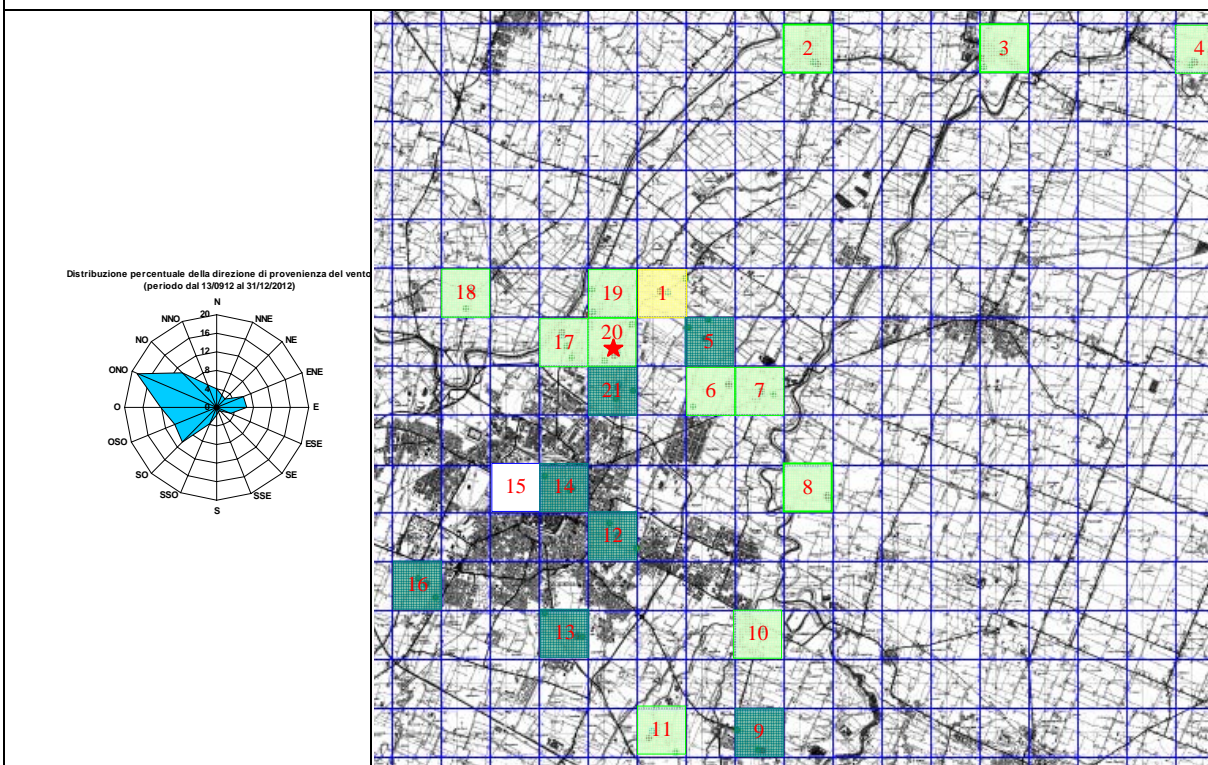
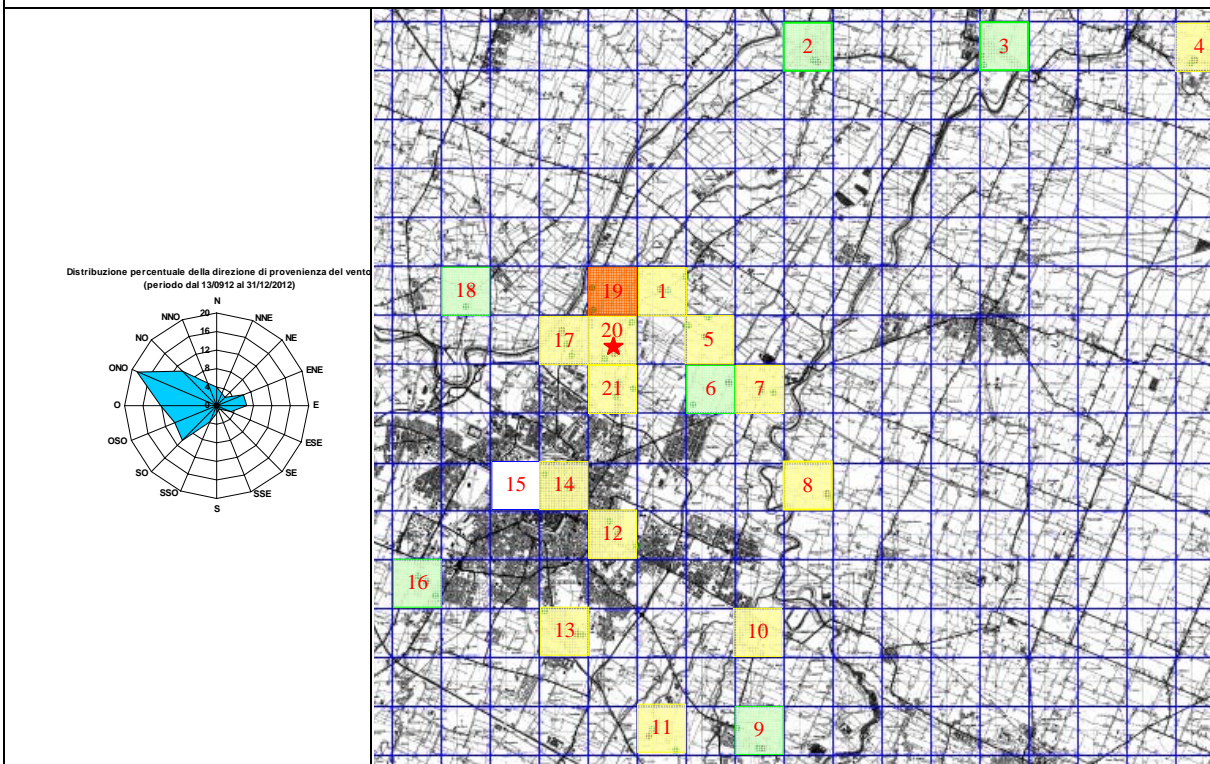


Figura 8: Cromo - distribuzione spaziale classi di alterazione



**Bioaccumulo – Rame – HERAmbiente 2011**



**Bioaccumulo – Rame – Arpa 2011**

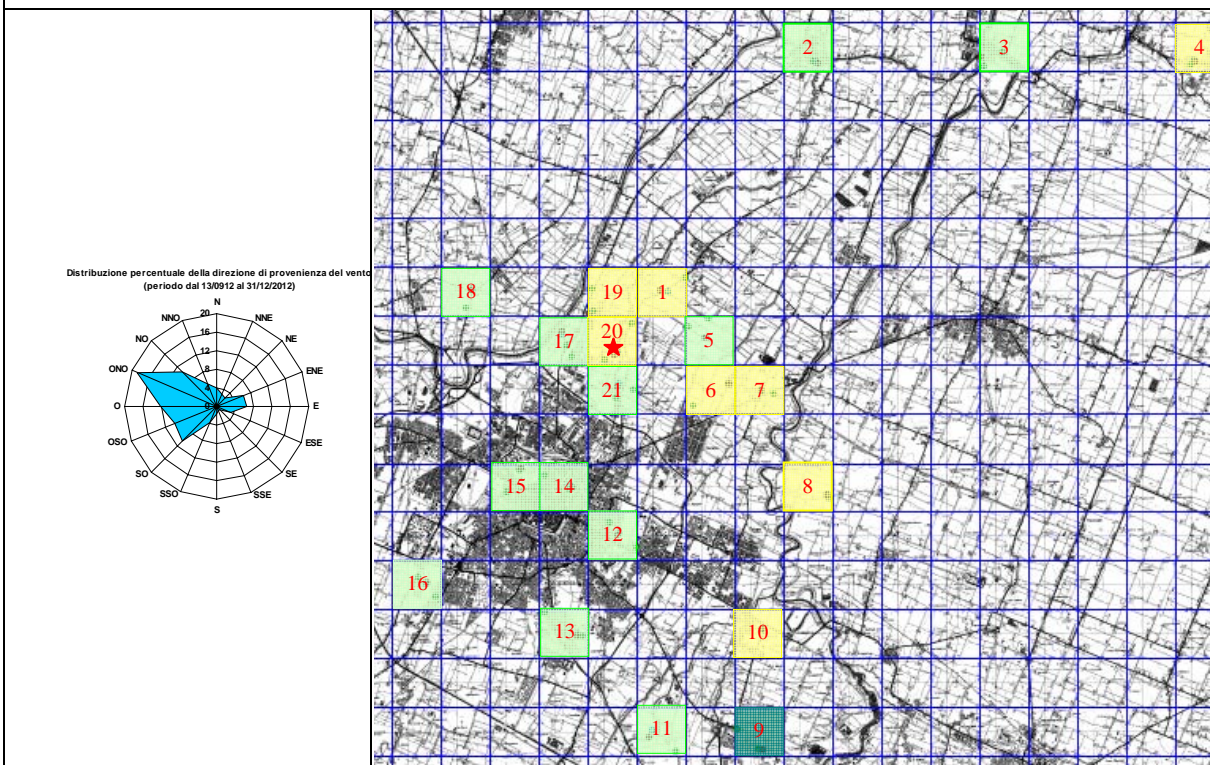
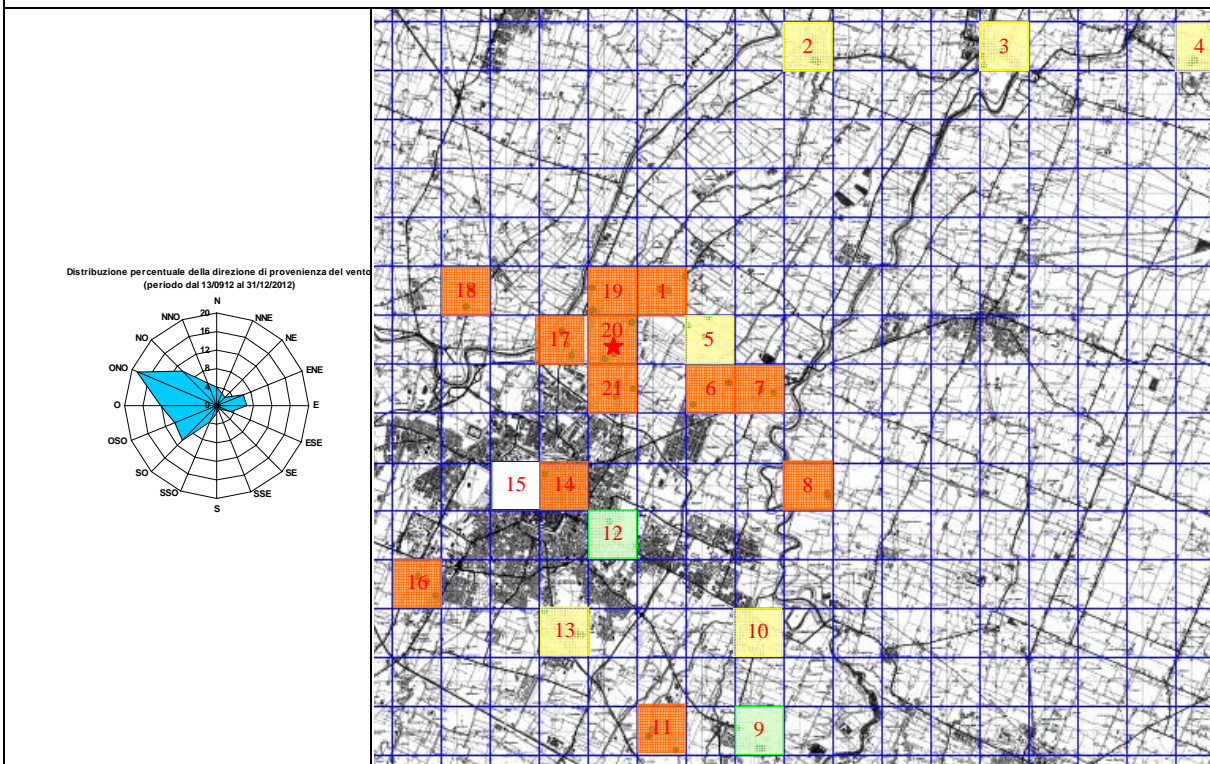


Figura 9: Rame – distribuzione spaziale classi di alterazione

### Bioaccumulo – Piombo – HERAmbiente 2011



### Bioaccumulo – Piombo – Arpa 2011

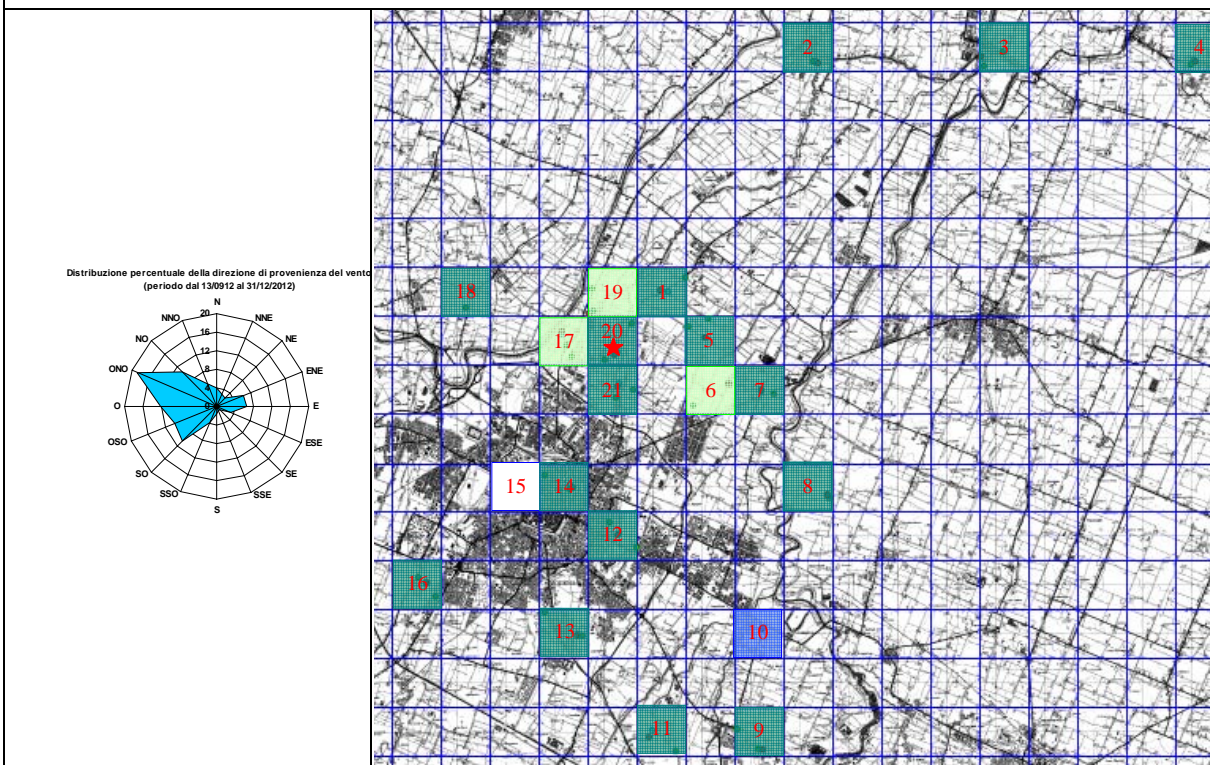
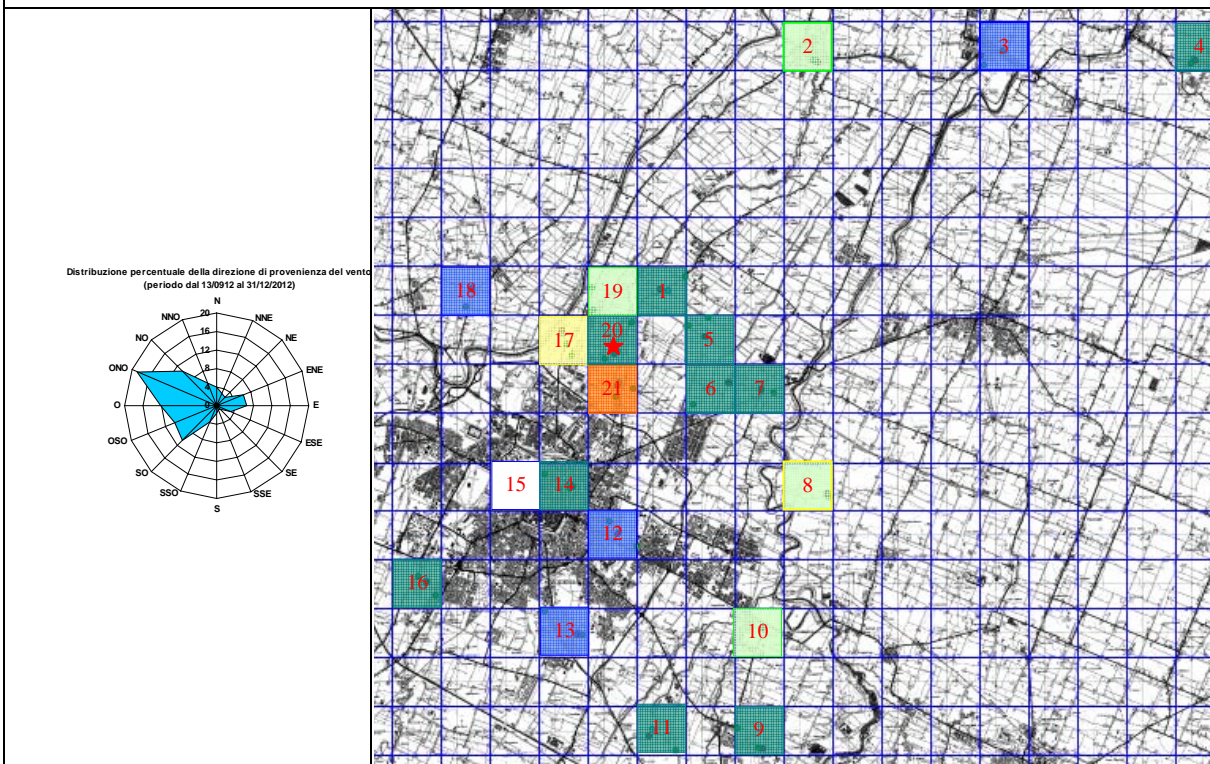


Figura 10: Piombo – distribuzione spaziale classi di alterazione

### Bioaccumulo – Manganese – HERAmbiente 2011



### Bioaccumulo – Manganese – Arpa 2011

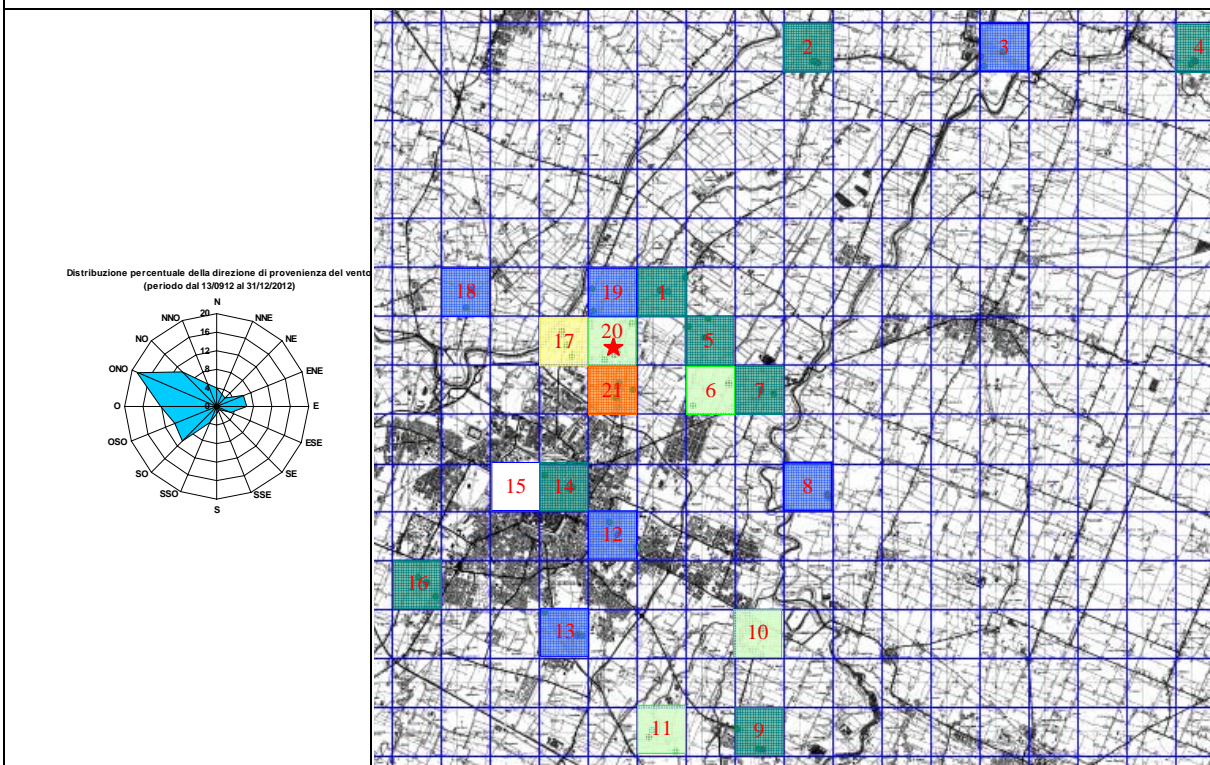
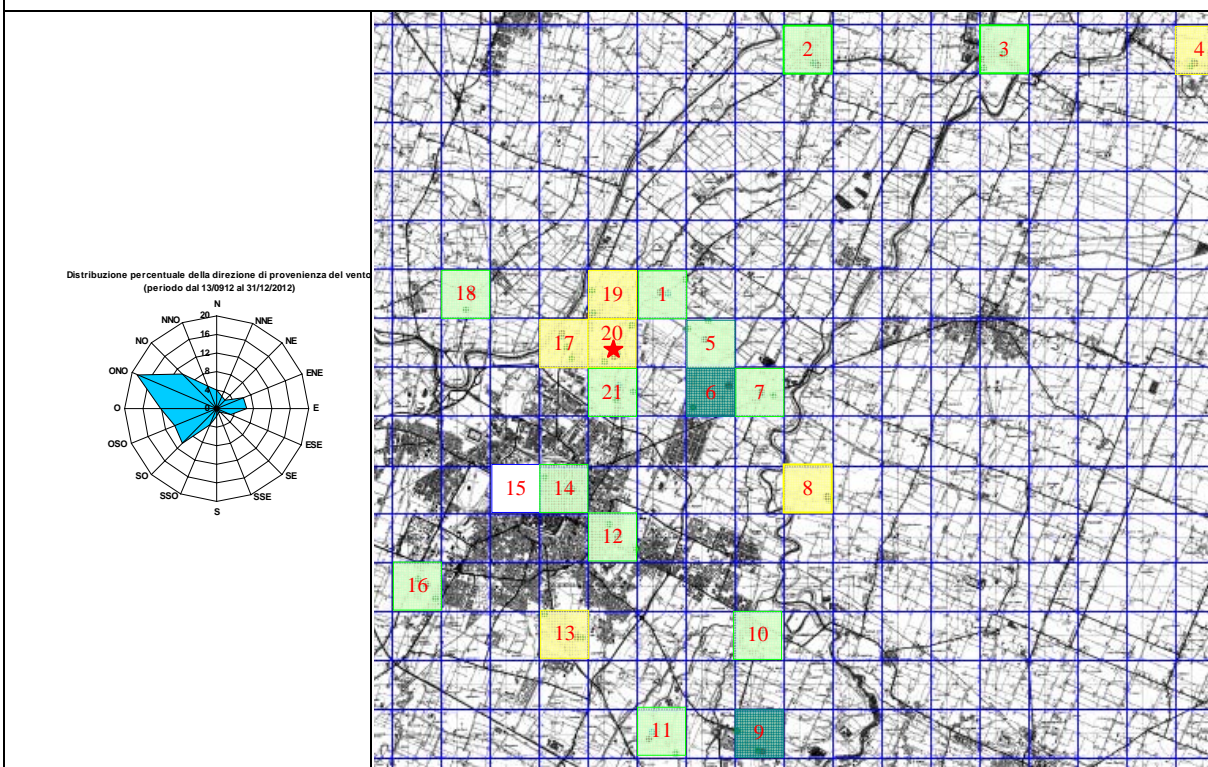


Figura 11: Manganese - distribuzione spaziale classi di alterazione

### Bioaccumulo –Nichel – HERAmbiente 2011



### Bioaccumulo – Nichel – Arpa 2011

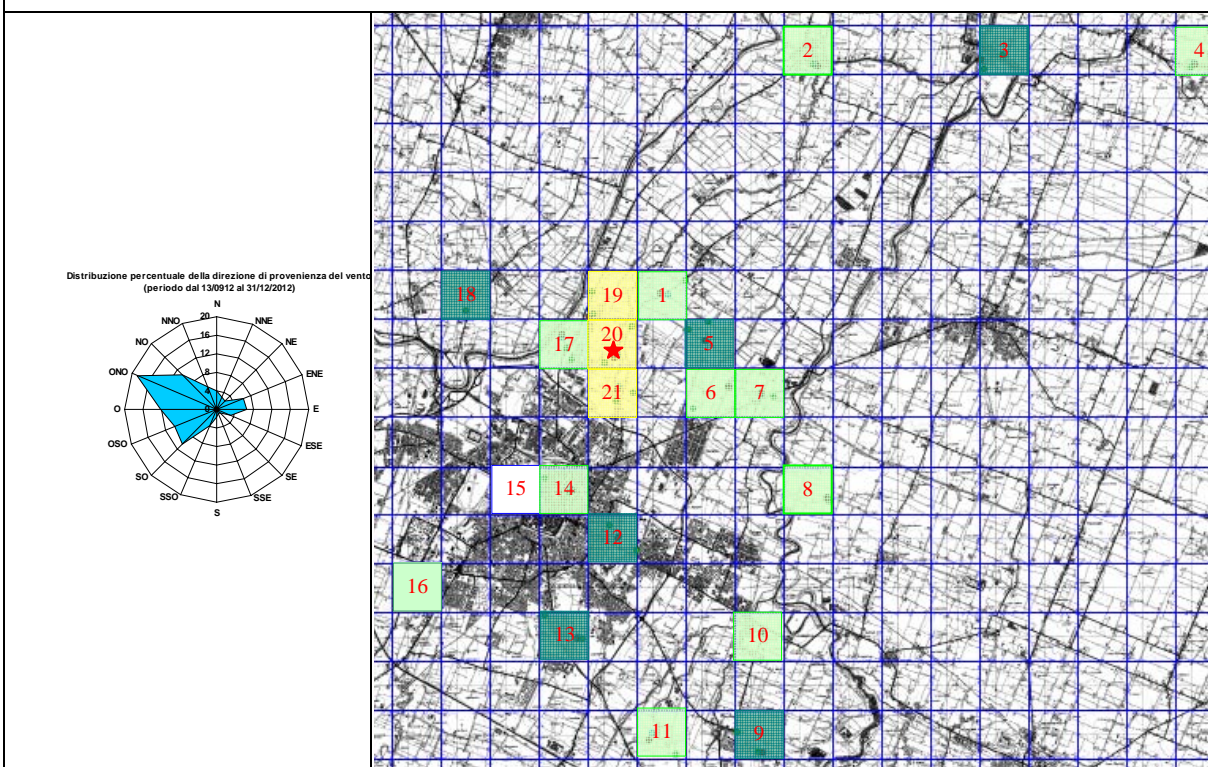


Figura 12: Nichel - distribuzione spaziale classi di alterazione

**Bioaccumulo – Arsenico– HERAmbiente 2011**

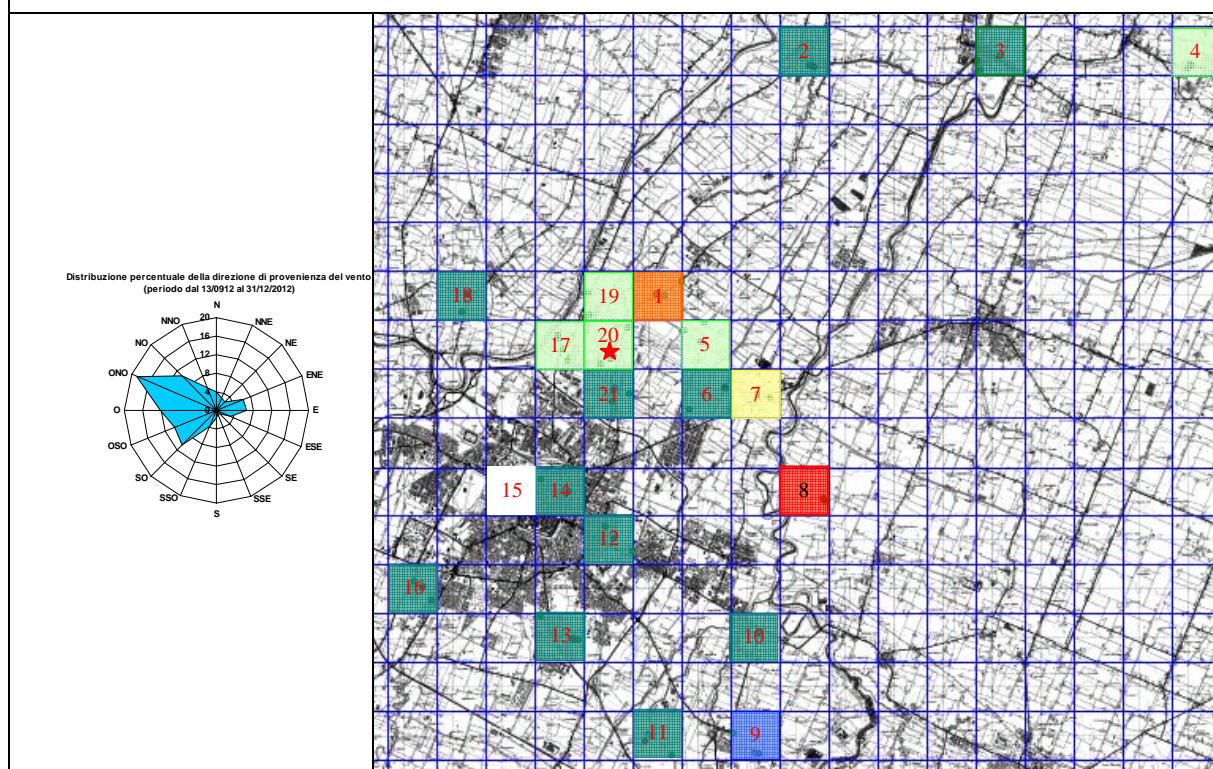


Figura 13: Arsenico- distribuzione spaziale classi di alterazione

## Bioaccumulo Licheni: confronto tra i risultati del 2009 e del 2011

Concentrazione		ALLUMINIO				ARSENICO			CADMIO				
		2009		2011		2009		2011	2009		2011		
		ARPA	HERA	ARPA	HERA	ARPA	HERA	HERA	ARPA	HERA	ARPA	HERA	
		mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg
<b>bianco</b>		<b>557</b>	<b>506</b>	<b>622</b>	<b>697</b>	<b>0,5</b>	<b>0,230</b>	<b>0,200</b>	<b>0,18</b>	<b>0,22</b>	<b>&lt;0,1</b>	<b>0,30</b>	
1	Bollitore	1093	886	1627	1481	1,4	1,9	0,7	0,33	0,33	<0,1	0,20	
2	Bastiglia	933	869	1249	1191	0,7	0,4	0,3	0,16	0,35	<0,1	0,22	
3	Bomporto	953	779	1306	1168	0,9	0,4	0,3	0,33	0,37	<0,1	0,27	
4	Ravarino	1017	995	1336	1708	0,8	0,4	0,4	0,33	0,30	<0,1	0,33	
5	Luoghetto	929	770	1140	1346	0,6	0,4	0,4	0,33	0,35	<0,1	0,24	
6	Cavo Argine	1009	995	1863	1298	0,7	0,4	0,3	0,33	0,34	<0,1	0,31	
7	Navicello	893	928	1507	1268	1,7	1,5	0,5	0,33	0,34	<0,1	0,21	
8	Viazza	1091	945	1893	1503	3,1	3,0	1,4	0,33	0,29	<0,1	0,31	
9	Paganini	1457	938	1016	1097	0,5	0,3	0,2	0,33	0,27	<0,1	0,20	
10	Fossalta	731	895	1166	1371	1,6	0,3	0,3	0,16	0,35	<0,1	0,19	
11	S.Damaso	781	863	1792	1631	0,3	0,4	0,3	0,16	0,27	0,25	0,22	
12	Modena est	671	749	1272	1151	1,2	0,3	0,3	0,16	0,29	<0,1	0,24	
13	Hesperia	683	772	1939	1143	0,5	0,3	0,3	0,16	0,27	0,24	0,22	
14	Centro	747	844	976	1404	0,2	0,4	0,3	0,16	0,30	<0,1	0,23	
16	Sagittario	666	712	1287	1202	1,2	0,4	0,3	0,16	0,25	0,12	0,30	
17	S.Giacomo	923	928	1629	1692	0,8	0,4	0,4	0,16	0,26	<0,1	0,39	
18	San Pancrazio	862	970	1318	1643	0,5	0,4	0,3	0,16	0,23	<0,1	0,27	
19	San Matteo	864	963	1500	1764	0,9	0,4	0,4	0,25	0,30	<0,1	0,23	
20	Depurat. Nord	787	884	1250	1286	0,8	0,4	0,4	0,16	0,31	<0,1	0,45	
21	Depurat. Sud	949	972	1186	1628	1,1	0,9	0,3	0,16	0,30	<0,1	0,35	

Concentrazione		COBALTO				CROMO				MANGANESE			
		2009		2011		2009		2011		2009		2011	
		ARPA	HERA	ARPA	HERA	ARPA	HERA	ARPA	HERA	ARPA	HERA	ARPA	HERA
		mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg
<b>bianco</b>		<b>&lt;0,1</b>	<b>&lt;0,2</b>	<b>0,60</b>	<b>0,20</b>	<b>1,5</b>	<b>0,93</b>	<b>2,0</b>	<b>1,7</b>	<b>46,3</b>	<b>39,8</b>	<b>41,4</b>	<b>48,5</b>
1	Bollitore	0,2	0,3	0,7	0,4	4,3	2,7	4,4	4,2	61,5	59,1	55,9	62,7
2	Bastiglia	0,2	0,3	0,7	0,4	2,9	1,9	3,2	3,1	55,0	50,9	48,4	55,2
3	Bomporto	0,1	0,3	1,1	0,2	2,6	1,6	3,3	2,5	52,4	43,2	42,0	46,1
4	Ravarino	0,8	0,4	0,6	0,3	2,9	2,1	3,5	4,1	64,5	61,2	52,3	63,7
5	Luoghetto	0,2	0,2	0,1	<0,2	3,0	2,0	2,7	3,9	60,4	51,5	56,4	64,4
6	Cavo Argine	0,2	0,4	0,6	0,2	3,6	2,2	3,4	2,9	75,4	70,2	73,4	70,8
7	Navicello	0,2	0,4	0,6	0,3	4,4	2,9	3,4	3,9	53,4	48,9	53,0	61,8
8	Viazza	0,3	0,4	0,6	0,4	5,1	3,4	3,8	4,7	75,0	70,6	34,8	75,8
9	Paganini	0,1	0,3	0,5	0,2	3,6	1,7	2,5	2,7	59,7	59,3	61,9	70,0
10	Fossalta	0,1	0,2	0,6	0,4	2,9	1,8	3,0	3,8	67,9	60,0	65,5	77,8
11	S.Damaso	0,2	0,2	0,5	0,3	3,2	2,1	3,7	4,2	58,0	51,7	47,8	58,7
12	Modena est	0,1	0,3	0,4	<0,2	3,0	1,9	2,2	3,2	58,6	55,2	28,5	35,4
13	Hesperia	0,1	0,2	0,4	0,2	2,6	1,6	2,4	3,1	49,1	44,0	35,8	43,1
14	Centro	0,2	0,2	0,4	0,4	2,8	1,8	2,4	3,4	61,5	53,3	50,3	59,4
16	Sagittario	0,2	0,2	0,3	0,3	2,6	1,5	2,8	2,9	47,0	45,5	49,3	56,3
17	S.Giacomo	0,3	0,3	0,4	0,4	3,6	2,3	3,1	3,9	69,2	58,9	110,3	130,4
18	San Pancrazio	0,2	0,2	0,4	0,4	3,1	2,1	3,5	4,0	56,0	55,0	42,3	46,4
19	San Matteo	0,2	0,4	0,6	0,4	3,6	2,3	3,7	4,9	75,9	64,6	39,0	83,0
20	Depurat. Nord	0,2	0,4	0,5	0,2	3,3	2,1	3,6	3,9	54,1	51,3	54,7	58,5
21	Depurat. Sud	0,2	0,2	0,5	0,3	3,7	2,4	3,2	3,9	68,9	66,5	157,5	176,8

Concentrazione	MERCURIO				NICHEL				PIOMBO			
	2009		2011		2009		2011		2009		2011	
	ARPA	HERA	ARPA	HERA	ARPA	HERA	ARPA	HERA	ARPA	HERA	ARPA	HERA
	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg
<b>bianco</b>	<b>0,30</b>	<b>0,3</b>	<b>0,25</b>	<b>0,2</b>	<b>1,1</b>	<b>1,1</b>	<b>1,1</b>	<b>1,0</b>	<b>7,3</b>	<b>7,0</b>	<b>7,7</b>	<b>1,3</b>
1 Bollitore	0,38	0,4	0,33	0,3	1,8	1,7	2,0	1,8	10,8	10,0	11,2	4,0
2 Bastiglia	0,36	0,4	0,28	0,2	2,1	1,7	1,7	1,8	11,8	10,0	9,8	3,0
3 Bomporto	0,35	0,3	0,29	0,3	1,6	1,4	1,6	1,6	9,7	8,0	10,8	3,0
4 Ravarino	0,41	0,4	0,26	0,3	1,9	1,9	1,7	2,3	11,8	8,0	9,7	3,0
5 Luoghetto	0,40	0,4	0,26	0,3	1,6	1,6	1,5	1,7	11,1	9,0	9,7	3,0
6 Cavo Argine	0,36	0,4	0,30	0,3	1,9	1,8	1,7	1,5	13,0	10,0	13,0	4,0
7 Navicello	0,46	0,4	0,25	0,2	1,8	1,7	1,8	1,6	12,5	10,0	9,9	4,0
8 Viazza	0,33	0,4	0,33	0,3	1,9	1,8	1,8	2,1	12,1	13,0	11,2	5,0
9 Paganini	0,41	0,4	0,26	0,2	1,6	1,7	1,5	1,3	11,7	11,0	9,6	2,0
10 Fossalta	0,39	0,4	0,27	0,3	1,8	1,6	1,7	1,8	13,4	12,0	4,6	3,0
11 S.Damaso	0,43	0,4	0,33	0,3	1,8	1,7	2,0	2,0	10,5	8,0	11,2	5,0
12 Modena est	0,35	0,4	0,32	0,3	2,3	1,7	1,6	1,7	11,3	11,0	9,2	2,0
13 Hesperia	0,38	0,4	0,32	0,3	1,5	1,4	1,6	2,1	9,2	9,0	9,8	3,0
14 Centro	0,39	0,4	0,26	0,3	1,7	1,6	1,8	1,8	10,7	9,0	10,5	5,0
16 Sagittario	0,40	0,4	0,31	0,3	1,6	1,7	1,7	1,6	9,8	14,0	8,8	4,0
17 S.Giacomo	0,35	0,4	0,33	0,3	2,0	1,9	2,0	2,2	12,0	13,0	12,2	4,0
18 San Pancrazio	0,37	0,4	0,29	0,3	1,8	1,7	1,7	1,6	11,1	11,0	11,1	4,0
19 San Matteo	0,31	0,4	0,35	0,3	2,1	1,9	3,0	2,2	12,4	14,0	11,8	5,0
20 Depurat. Nord	0,31	0,4	0,30	0,2	1,9	1,9	2,6	2,3	9,3	12,0	10,5	4,0
21 Depurat. Sud	0,41	0,4	0,31	0,3	1,9	1,8	2,5	2,0	12,5	16,0	10,6	5,0

Concentrazione	RAME				VANADIO			
	2009		2011		2009		2011	
	ARPA	HERA	ARPA	HERA	ARPA	HERA	ARPA	HERA
	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg
<b>bianco</b>	<b>5,5</b>	<b>4,3</b>	<b>5,9</b>	<b>5,1</b>	<b>1,2</b>	<b>1,5</b>	<b>0,7</b>	<b>1,8</b>
1 Bollitore	18,6	17,1	13,6	13,0	2,1	2,0	1,7	2,9
2 Bastiglia	20,2	9,4	9,3	9,3	2,0	2,0	1,5	2,6
3 Bomporto	9,7	8,3	10,3	8,0	2,0	1,8	1,0	2,2
4 Ravarino	10,9	10,3	12,3	14,7	2,0	2,1	1,4	3,2
5 Luoghetto	13,0	11,8	9,6	13,7	1,5	1,7	1,5	2,7
6 Cavo Argine	12,9	11,3	12,1	10,2	2,0	2,1	0,9	2,2
7 Navicello	15,3	13,3	12,8	14,0	2,0	2,0	1,1	2,7
8 Viazza	15,9	13,4	12,4	13,7	2,1	1,9	1,2	3,0
9 Paganini	10,4	8,8	8,7	9,3	1,9	1,9	0,9	2,4
10 Fossalta	10,7	9,6	12,0	13,5	1,7	1,8	1,2	2,6
11 S.Damaso	9,4	8,7	11,0	13,5	1,9	1,8	1,4	3,0
12 Modena est	12,5	11,1	9,3	11,2	1,6	1,7	0,9	2,4
13 Hesperia	10,0	8,9	9,5	11,3	1,8	1,7	0,9	2,5
14 Centro	9,8	9,4	10,0	12,3	1,9	2,0	0,9	2,5
16 Sagittario	19,0	9,0	8,9	9,4	1,6	1,9	1,3	2,4
17 S.Giacomo	17,5	15,3	11,2	13,4	2,1	2,0	1,0	2,8
18 San Pancrazio	10,5	9,7	9,2	9,6	1,9	2,1	1,2	2,8
19 San Matteo	13,8	12,1	14,2	17,1	1,9	2,0	1,4	3,3
20 Depurat. Nord	12,0	11,0	12,0	13,2	1,6	1,8	1,1	2,5
21 Depurat. Sud	13,0	11,6	11,2	12,5	1,7	1,9	1,0	2,8

Tabella 7: Bioaccumulo - concentrazione dei metalli nei licheni e arricchimenti percentuali (in scala di colori) - confronto Arpa – HERAmbiente – anni 2009 e 2011

Gli arricchimenti registrati nel 2011 a confronto con i risultati dell'indagine 2009 confermano alterazioni basse per Antimonio e Tallio (non riportati in quanto inferiori al limite di rilevabilità), Cadmio, Cobalto, Manganese e Vanadio, alterazioni medie per Cromo, Rame e in misura minore per l'Arsenico, in calo rispetto al 2009. Nel 2011, si evidenzia inoltre un arricchimento più significativo per l'Alluminio, metallo di natura prevalentemente terrigena, e per il Piombo, quest'ultimo non confermato dai dati di Arpa.

## Valutazione dei dati relativi al contenuto di metalli pesanti nei suoli

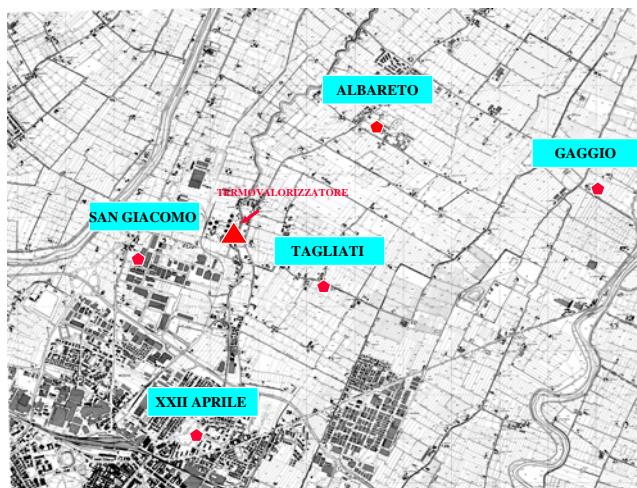
Per ottenere un quadro conoscitivo più completo dell'area in esame, come previsto dal piano di monitoraggio, è stato valutato anche il contenuto di metalli pesanti nel suolo nelle stesse UCP già individuate per le indagini sulla biodiversità lichenica e sul bioaccumulo.

I terreni sono stati prelevati nelle giornate 13/14 settembre, giornate in cui Arpa ha presenziato al campionamento.

I punti di indagine sono stati scelti in corrispondenza del punto utilizzato per lo studio sul bioaccumulo, previa verifica dell'idoneità del suolo.

La metodica di campionamento è quella prevista all'Allegato II – Det. n.602 del 23/12/2008, punto 84.

I dati raccolti dal gestore in questi 21 punti sono stati confrontati con le medie di tutti i rilevamenti effettuati dal 2006-2011 da Arpa nei 6 punti prescritti in AIA nell'intorno dell'inceneritore (Albareto, Tagliati, Munarola, San Giacomo, Parco XXII Aprile e Gaggio)



Per la valutazione dei dati, si prenderà inoltre a riferimento, sia il valore indicato dal D.Lgs. 152/06, in merito alla bonifica dei siti contaminati per suoli a destinazione residenziale/verde pubblico, sia i risultati di indagini condotte sulla caratterizzazione dei terreni modenesi ed emiliani in genere.

Vengono riportati di seguito la tabella e i grafici che riepilogano i dati raccolti confrontandoli con le relative serie storiche.



	Antimonio (mg/kg)	Arsenico (mg/kg)	Cadmio (mg/kg)	Cobalto (mg/kg)	Cromo (mg/kg)	Manganese (mg/kg)	Mercurio (mg/kg)	Nichel (mg/kg)	Piombo (mg/kg)	Rame (mg/kg)	Tallio (mg/kg)	Vanadio (mg/Kg)
UCP 1	3	6	0,11	14,6	73,2	1062	0,0519	52,0	22	94,2	< 0,1	68,3
UCP 2	2	7	0,09	13,1	79	855	0,0397	49,5	18	89,6	< 0,1	60,1
UCP 3	2	6	0,08	12	73,8	784	0,062	51,8	21	53,7	< 0,1	47,9
UCP 4	15	8	0,11	14,2	66,7	1011	0,0484	49,1	21	148	< 0,1	60,9
UCP 5	5	7	0,11	14,9	69,6	1087	0,0604	51,5	28	149	< 0,1	69,2
UCP 6	4	6	0,96	15,1	109	786	0,276	64,8	66	136	< 0,1	84,8
UCP 7	4	7	0,15	16,6	81,4	1012	0,0787	58,1	41	103	< 0,1	74,3
UCP 8	3	6	0,1	16,2	75,8	1038	0,037	55,1	22	73,5	< 0,1	72,8
UCP 9	3	7	0,1	16,4	91	1108	0,0497	57,1	25	152	< 0,1	82,7
UCP 10	3	7	< 0,05	15,9	80,3	985	0,0516	55,9	23	48,7	0,5	78,5
UCP 11	2	8	0,1	13,9	67,3	1040	0,0477	45,8	18	106	< 0,1	61,7
UCP 12	3	6	< 0,05	13,6	69,6	889	0,109	48,2	30	63,9	< 0,1	65,7
UCP 13	3	7	< 0,05	14,4	81,8	849	0,0401	52,8	19	41,3	< 0,1	69,5
UCP 14	4	7	0,33	12,5	87,8	813	0,452	52,0	67	80,6	< 0,1	58,7
UCP 15	4	8	< 0,05	18	95,8	1013	0,0373	63,0	26	158	0,4	98,4
UCP 16	4	7	0,11	12,8	78,3	827	0,125	51,4	37	51,2	< 0,1	59,5
UCP 17	2	7	0,1	12,8	70,2	872	0,0902	48,8	22	147	< 0,1	52,4
UCP 18	2	8	0,14	13,4	71,8	957	0,038	48,0	22	117	< 0,1	59,8
UCP 19	3	7	0,08	14,6	76,7	900	0,0411	52,8	20	76,1	< 0,1	66,6
UCP 20	3	7	< 0,05	15,2	81,9	914	0,0818	57,0	24	45,9	< 0,1	71,1
UCP 21	3	5	< 0,05	13,3	76,3	740	0,0383	52,1	18	37,6	< 0,1	64,4
<b>DATI ARPA ( media campionamenti 2006-2011)</b>												
Albareto	0,6	5,7	0,17	11,0	43,8	981,1	0,06	43,8	23,2	121,3	0,1	40,1
Tagliati	0,5	4,7	0,17	11,3	49,7	961,2	0,06	45,8	19,6	74,0	0,1	46,7
Munarola	0,6	4,8	0,29	11,5	55,4	898,5	0,06	46,6	50,8	66,7	0,1	43,0
S.Giacomo	0,8	5,2	0,16	9,5	52,5	831,5	0,09	42,1	27,2	100,3	0,1	41,1
Parco	0,7	5,8	0,17	9,9	48,7	895,1	0,12	42,2	31,3	111,7	0,1	40,9
Gaggio	0,6	4,7	0,17	11,1	44,6	1175,6	0,04	42,5	18,6	103,3	0,1	42,9
Limite	10,0	20,0	2,00	20,0	150,0	-	1,0	120,0	100,0	120,0	1,0	90,0

Tabella 7: Risultati dell'analisi dei terreni a confronto con i dati delle serie storiche

I dati di *HERAmbiente* confermano, nella maggior parte dei casi, i livelli registrati nelle 6 postazioni monitorate con cadenza bimestrale, ad eccezione dell'antimonio che si discosta in modo significativo. Analogamente alla precedente indagine del 2009, il dato risulta costantemente superiore a quanto rilevato nei terreni locali in 6 anni di monitoraggio, superando in un caso (UCP 4) il limite fissato per terreni ad uso residenziale/verde pubblico (10,0 mg/Kg); tale circostanza, impone un'attenta valutazione delle metodiche di campionamento e analisi, al fine di comprenderne la motivazione.

Anche il vanadio risulta un po' più elevato rispetto ai dati storici, con un superamento del limite nella UCP 15, come già riscontrato nell'indagine del 2009; dal 2006 al 2011 nei terreni campionati nell'intorno dell'inceneritore, non si sono mai registrati superamenti di questo parametro.

I campionamenti nelle 21 UCP confermano inoltre concentrazioni di rame superiori al valore limite definito in relazione alla bonifica dei siti contaminati per i suoli a destinazione residenziale/verde pubblico in alcune postazioni (UCP 4, 5, 6, 9, 15, 17). Tale evenienza, già emersa nei monitoraggi fino ad ora effettuati, rappresenta una caratteristica dei suoli locali.

In base ad uno studio regionale, infatti, i suoli della Provincia di Modena risultano caratterizzati dal 27% dei campioni analizzati sull'intera area di area di pianura, con valori di rame superiori a 100 mg/Kg (vedi figura n.16 ). Da bibliografia, la maggiore presenza di Rame nel territorio modenese risulta prevalentemente correlabile alle pratiche agronomiche.

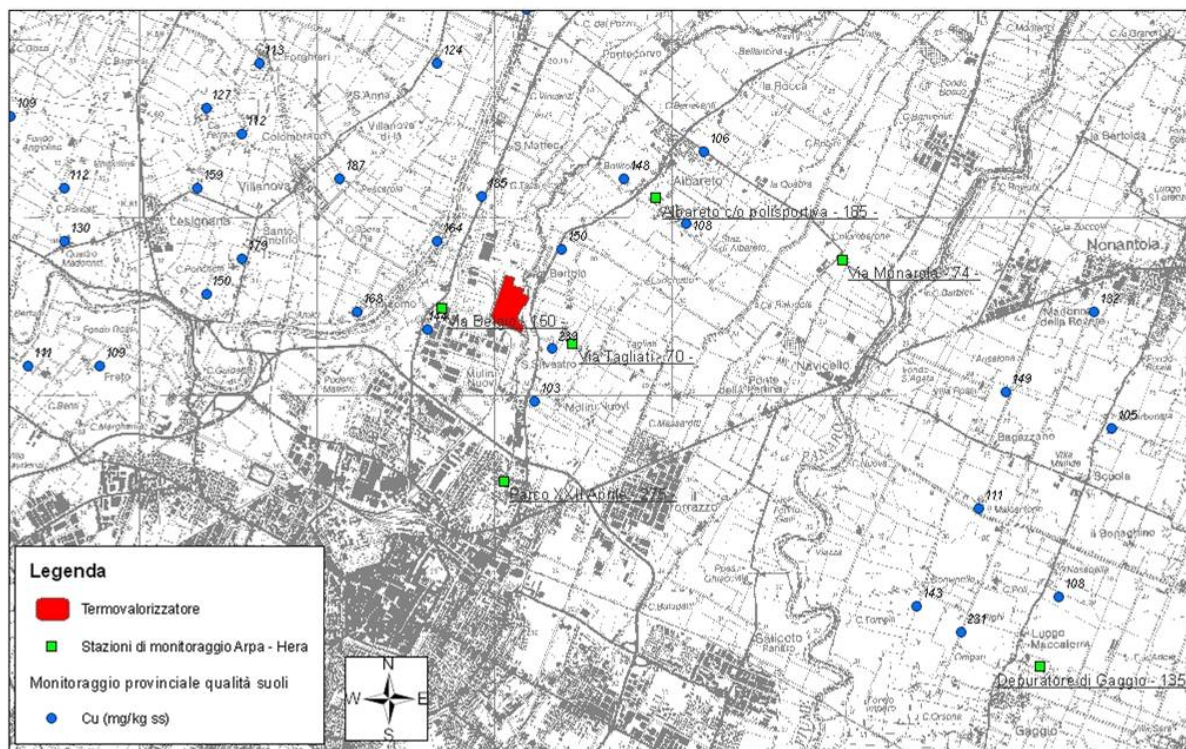
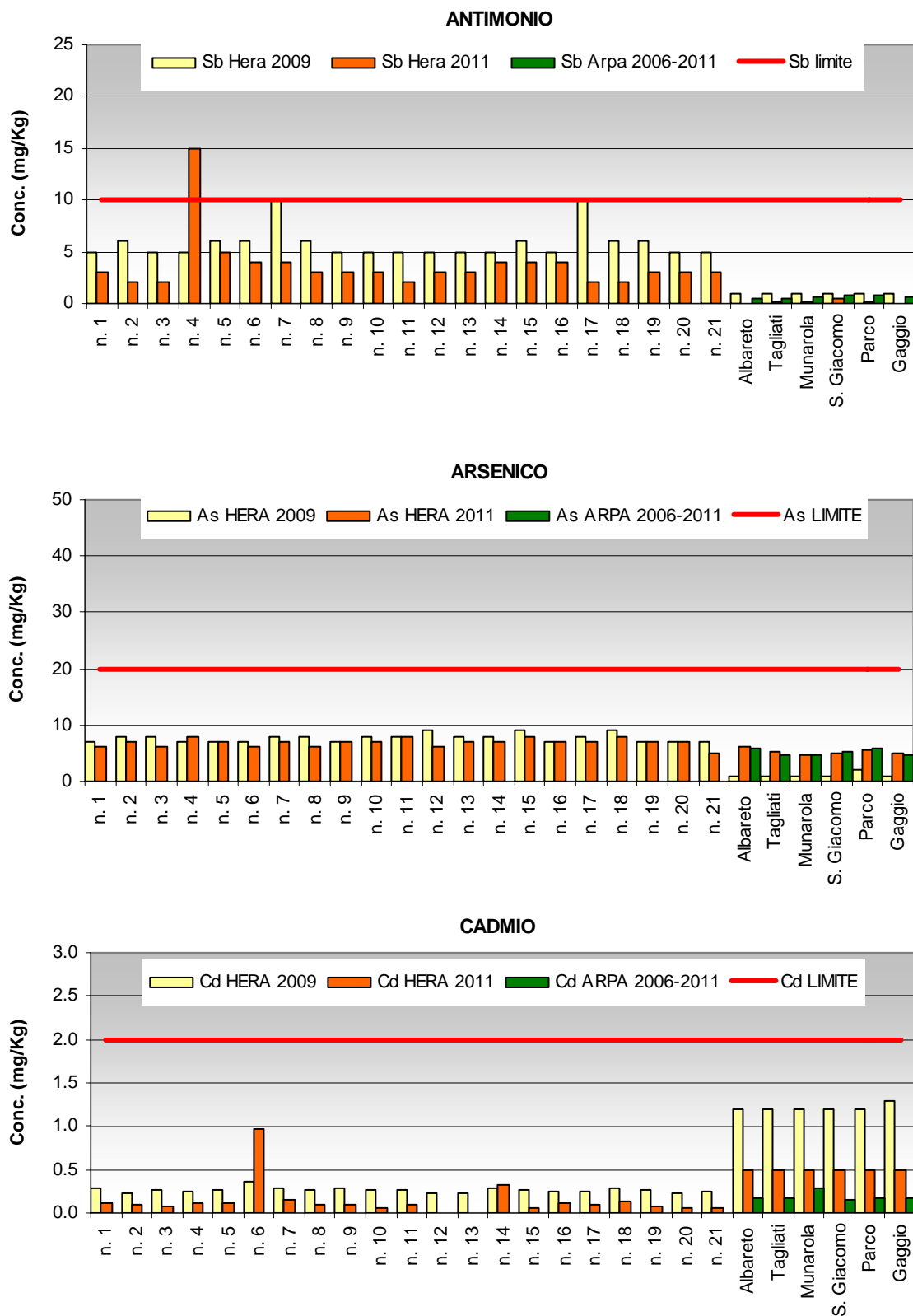


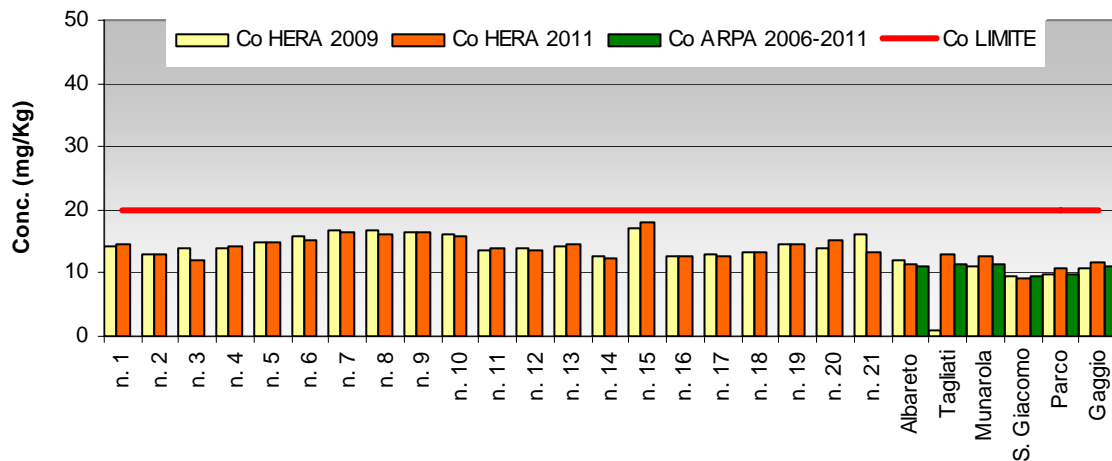
Figura 14: Rame - concentrazioni riscontrate nella zona vicino all' inceneritore

## Metalli nei suoli: confronto anno 2009 e anno 2011

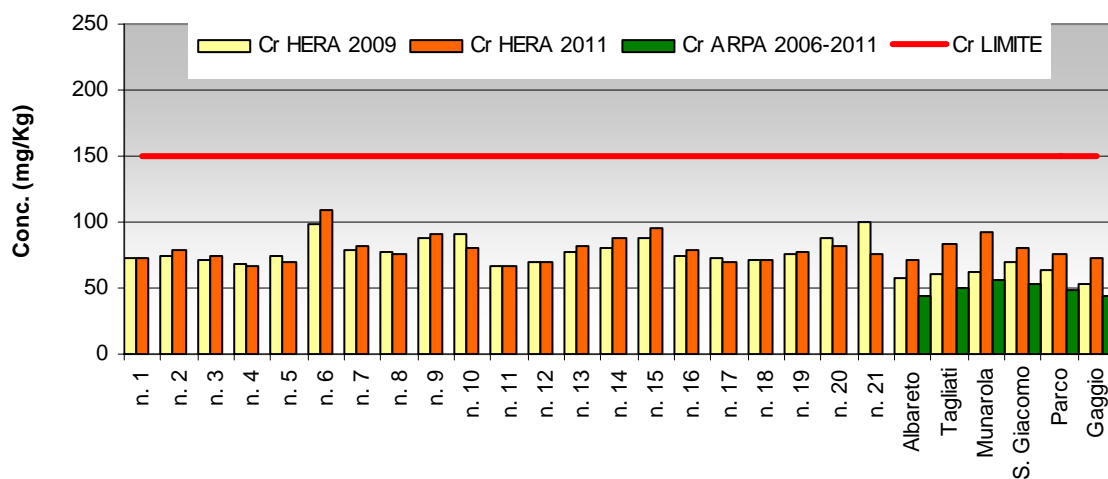
Nella figura seguente (Figura15) vengono confrontati i dati dell'indagine condotta nell'anno 2009 con quella del 2011.



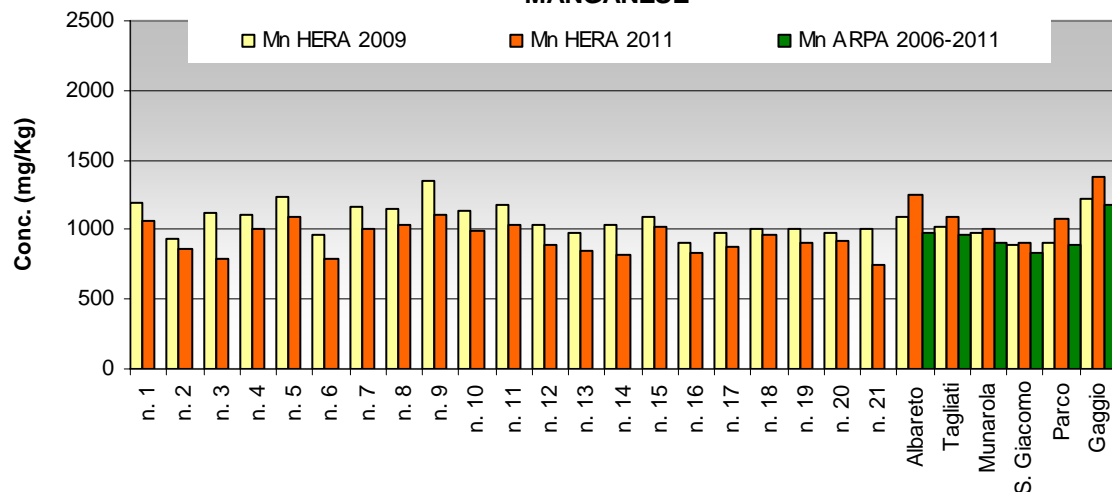
### COBALTO

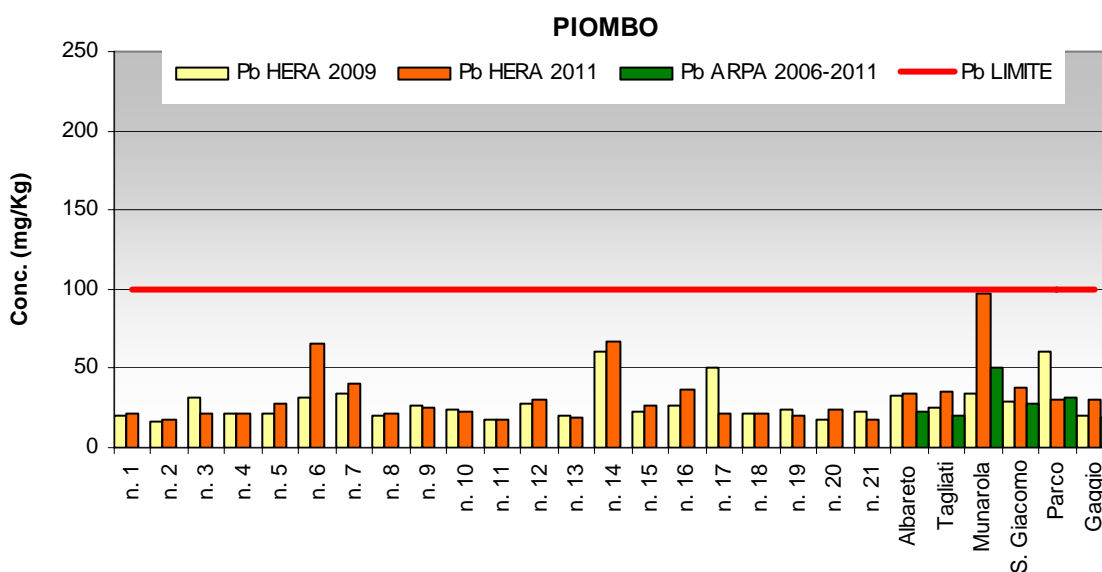
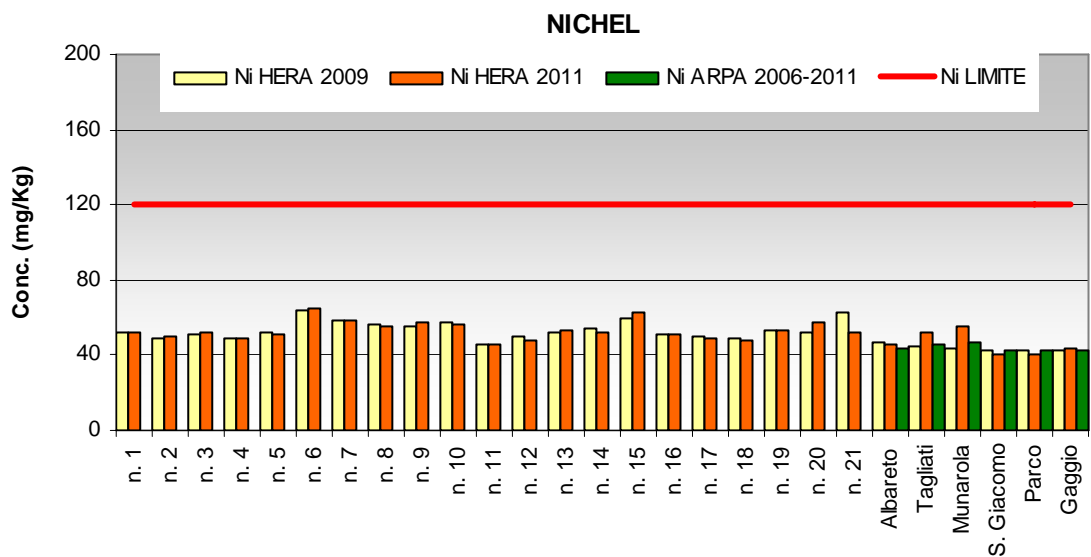
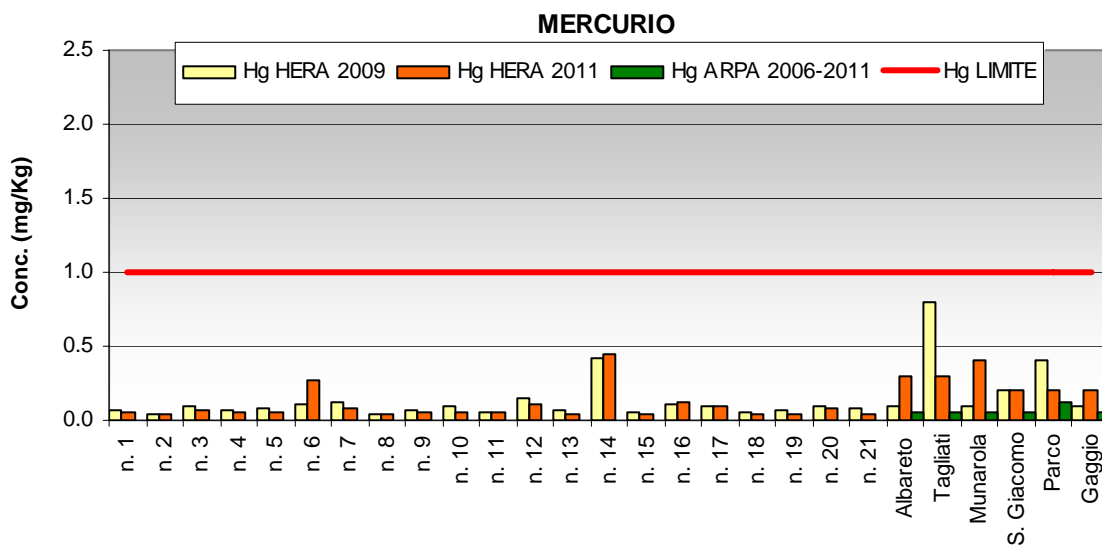


### CROMO



### MANGANESE





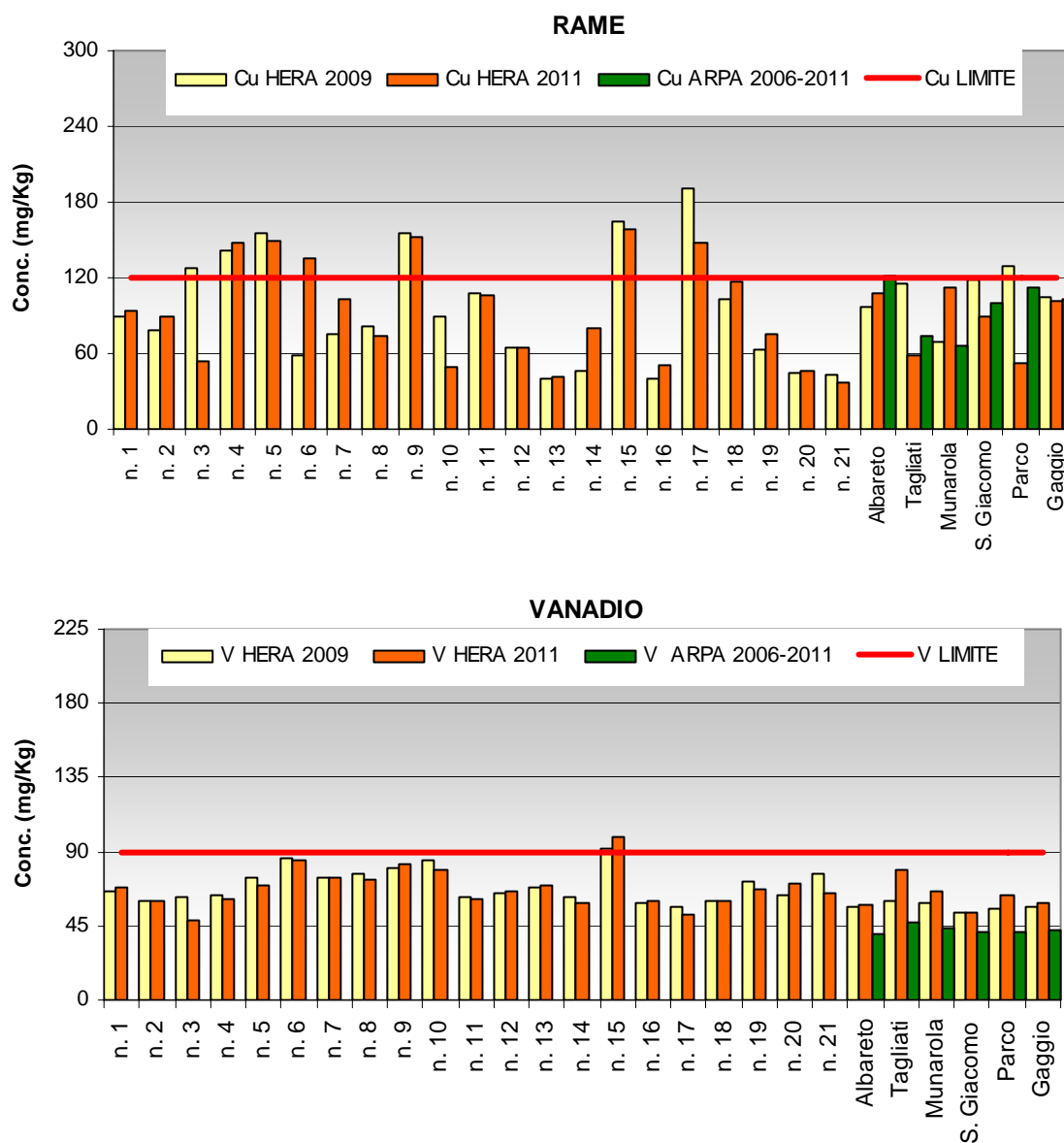


Figura n. 15: Metalli nei terreni: confronto tra l'indagine 2011 e quella condotta nel 2009

Per tutti i metalli analizzati, i livelli riscontrati nel 2011 risultano simili o inferiori a quelli rilevati nella precedente indagine del 2009.

## Conclusioni

L'indagine ambientale per la rilevazione di inquinanti atmosferici mediante uso di biodicatori, bioaccumulatori e campionamento terreni, eseguita da *ECOSFERA* per conto di *HERAmbiente* nel 2011, rispetta le prescrizioni riportate nella Delibera della Giunta Provinciale n°429 del 26/10/2004 "Autorizzazione all'adeguamento funzionale dell'impianto di termodistruzione *HERAmbiente*, Via Cavazza, Modena" e quanto prescritto nell'Autorizzazione Integrata Ambientale Det. n. 408 del 7/10/2011.

La documentazione consegnata soddisfa inoltre i requisiti tecnici minimi ed è conforme a quanto prescritto nell'Autorizzazione Integrata Ambientale.

L'analisi dei dati acquisiti nel 2011, effettuata dalla scrivente Agenzia tenendo conto dei dati forniti dal gestore e da quanto rilevato con i monitoraggi integrativi, evidenzia quanto segue:

- **Biomonitoraggio:** il quadro che emerge dall'indagine 2011 è in generale positivo: in tutto il territorio oggetto del campionamento la flora lichenica è quasi sempre ricca e diversificata, con percentuali di alterazione mai alta o molto alta. La classe di alterazione si attesta nell'81% dei casi come "trascurabile" o "bassa" e nel 10% come "Naturale". Se si analizza la distribuzione percentuale delle classi di alterazione nei campioni analizzati nel 2011, confrontati con quelli del 2009, si evidenziano variazioni di limitata entità..

L'area in cui permane una situazione di "Alterazione media" è quella relativa alla UCP 12 (Modena est), dove si può supporre che la crescita lichenica e quindi l'allontanamento dalle condizioni di "naturalità", siano dovuti all'elevata antropizzazione dell'area.

In conclusione, si può affermare che il risultato dell'anno 2011 non è nella sostanza dissimile da quanto rilevato nelle precedenti indagini del 2009.

- **Bioaccumulo:** Il bioaccumulo è stato valutato calcolando la percentuale di arricchimento dei metalli in licheni spiantati da un sito non contaminato (sito alpino) ed esposti per 108 gg nei 21 punti prescelti.

Nell'interpretazione dei dati, si deve innanzitutto tener conto che questi non derivano da una misura strumentale, ma dalla quantità di inquinante che un organismo vivente (lichene) intercetta e accumula al suo interno durante il tempo di esposizione. Ciò dipende ovviamente da numerosi fattori sia esterni (microclimatici, sostanze che possono concorrere al bioaccumulo, forma fisica dell'inquinante), che interni all'organismo stesso (tipo di organismo).

Inoltre, l'appartenenza ad una determinata classe di alterazione risulta strettamente legata alla concentrazione del metallo nel campione di bianco e quindi al limite di rilevabilità del metodo analitico adottato: tanto più questo limite è basso, tanto maggiore sarà il fattore di arricchimento a parità di concentrazione finale nel lichene esposto.

Per tale ragione, alti fattori di arricchimento non sempre corrispondono a concentrazioni elevate dopo l'esposizione.

I licheni, sia prima che dopo l'esposizione, sono stati analizzati dal laboratorio di *HERAmbiente* e dal laboratorio Arpa.

Tale confronto mostra differenze non trascurabili sui campioni di bianco, in particolare per Pb, Co e V; questo comporta arricchimenti anche molto diversi a parità di concentrazione finale nel lichene. Tutte queste variabili giustificano in parte le differenze che si riscontrano tra i dati di *HERAmbiente* e di Arpa.

Pur nelle difficoltà interpretative sopra richiamate, entrambi i set di dati evidenziano alterazioni medie per Al e Cu, mentre sono meno concordi i dati di Cr e Pb, che risultano

in diverse UCP ad alterazione media, nei dati del gestore, e ad alterazione bassa, in quelli di Arpa. Si riscontrano inoltre alcuni punti in cui entrambi i set di dati confermano alterazioni di analoga entità, come le UCP 19 e 20 per il Ni e le UCP 17 e 21 per il Mn. Dall'analisi della distribuzione spaziale, si evidenzia che Al, Cr, e Cu mostrano arricchimenti in diverse UCP distribuite su tutta l'area di studio; tale ubiquitarietà, unitamente alla buona correlazione di Cr e Cu con l'Al, metallo di origine terrigena, supporta l'ipotesi che quanto evidenziato sia da attribuire ad una sorgente diffusa quale potrebbe essere il suolo.

Il Pb mostra invece differenze consistenti tra i due laboratori, dovute principalmente alla notevole diversità tra i risultati dell'analisi nel lichene non esposto. In ogni caso, anche considerando il dato di *HERAmbiente*, che risulta nella maggior parte delle UCP caratterizzato da alterazione alta, l'ubiquitarietà di questo risultato rende poco significativo il risultato. Il dato di Arpa si conferma invece simile, sia come valori assoluti, che come classe di alterazione, rispetto a quanto rilevato nel 2009, non evidenziando particolari criticità.

Relativamente all'Arsenico, il gestore evidenzia un comportamento analogo a quello già riscontrato nella precedente indagine, confermando arricchimenti significativi nelle UCP 1, 7 e 8, a fronte di un quadro di valori contenuti nella altre aree esaminate. Tale risultato viene attribuito, nella relazione del gestore, a sorgenti antropiche di contaminazione presenti a livello locale.

Come in generale avviene per tutte le rilevazioni effettuate in aria ambiente, risulta estremamente difficile risalire alla sorgente emissiva avendo a disposizione un unico dato influenzato da tutte le sorgenti presenti in un'area; a questo si aggiunge che nei rilievi strumentali effettuati nei 6 punti di monitoraggio collocati nell'area circostante l'inceneritore (aria e terreni), non si sono mai evidenziati livelli di As anomali. Tali dati non supportano quindi quanto evidenziato con la tecnica del bioaccumulo.

Analoghe valutazioni valgono per gli arricchimenti rilevati in alcune UCP per manganese e nichel.

In generale, il confronto con i risultati dell'indagine 2009 conferma alterazioni basse per Antimonio e Tallio, Cadmio, Cobalto, Manganese e Vanadio, alterazioni medie per Cromo, Rame e in misura minore per l'Arsenico, in calo rispetto al 2009. Nel 2011, si evidenzia inoltre un arricchimento più significativo per l'Alluminio, metallo di natura prevalentemente terrigena, e per il Piombo, quest'ultimo non confermato dai dati di Arpa.

- **Metalli nel terreno:** relativamente ai metalli nei terreni, i dati di *HERAmbiente* confermano, nella maggior parte dei casi, i livelli già rilevati da Arpa nelle 6 postazioni monitorate con cadenza bimestrale dal 2006 al 2011, ad eccezione dell'antimonio che si discosta in modo significativo.

Analogamente alla precedente indagine, le concentrazioni di Antimonio risultano costantemente superiori a quanto rilevato nei terreni locali in 6 anni di monitoraggio, superando in un caso (UCP 4) il limite fissato per terreni ad uso residenziale/verde pubblico (10,0 mg/Kg); tale circostanza, confermata sia nel 2009 che nel 2011, impone un'attenta disamina delle metodiche di campionamento e analisi, al fine di comprenderne le motivazioni.

Anche le concentrazioni di Vanadio risultano leggermente più elevate rispetto ai dati storici, con un superamento del valore limite nella UCP 15, come già riscontrato nell'indagine del 2009; dal 2006 al 2011 nei terreni campionati nell'intorno dell'inceneritore, non si sono mai registrati superamenti di questo parametro.

I campionamenti nelle 21 UCP confermano infine, in alcune postazioni, concentrazioni di



rame superiori al valore limite definito per i suoli a destinazione residenziale/verde pubblico. Tale evenienza., già emersa nei monitoraggi fino ad ora effettuati, rappresenta una caratteristica dei suoli locali, probabilmente correlabile alle pratiche agronomiche. Per tutti i metalli analizzati, i livelli riscontrati nel 2011 risultano simili o inferiori a quelli rilevati nella precedente indagine del 2009.