

ARPAT

Agenzia regionale per la protezione ambientale della Toscana

DIPARTIMENTO PROVINCIALE DI LUCCA

55100 LUCCA Via A. Vallisneri, 6 - Tel. 0583 958711 Fax 0583 958720

E-Mail dip.lu@arpat.toscana.it

P.I. e C.F.: 04686190481

Comune di Pietrasanta Sistema Smaltimento RSU della Versilia



Convenzione per il monitoraggio ambientale delle aree
circostanti gli impianti di Pioppogatto e Falascaia.

Relazione conclusiva delle attività del secondo anno.

Gennaio2004



Convenzione per il monitoraggio ambientale delle aree circostanti gli impianti di Pioppogatto e Falascaia – Relazione conclusiva delle attività del secondo anno.

Premessa

In data 18 luglio 2001 è stata sottoscritta fra il Responsabile del Procedimento ed il Direttore Generale dell'Arpat la convenzione di cui in oggetto.

L'allegato 1) alla convenzione descriveva dettagliatamente le modalità di esecuzione per il primo anno, con la principale finalità di verificare lo stato ambientale al momento dell'entrata in vigore dei due impianti. Per gli anni successivi la convenzione prevede che l'elenco delle attività debba essere rivisto tenendo conto dell'effettiva attività degli impianti, allo scopo di conseguire la conoscenza approfondita delle interazioni fra gli impianti stessi ed il territorio in cui sono situati, sia per quanto concerne le varie componenti ambientali, sia in relazione a coloro che nelle vicinanze degli impianti vivono o lavorano.

Con nota del 4.7.2002, prot. n. 5676/RD, Il Dipartimento Arpat di Lucca ha trasmesso al Responsabile del Procedimento l'elaborato di aggiornamento delle modalità di esecuzione relativamente alle attività del secondo anno. In tale elaborato era presente anche una alternativa relativamente alle modalità del monitoraggio per quanto concerne la qualità dell'aria.

Con nota prot. n. 29004 del 21.09.2002 il Responsabile del Procedimento ha accolto la proposta circa le modalità di esecuzione delle attività per il secondo anno ed individuato le modalità attuative per quanto concerne la qualità dell'aria fra le alternative proposte.

Per il secondo anno il Dipartimento Arpat di Lucca ha quindi proceduto sulla base delle modalità concordate, anche se in corso d'opera si sono rese avute delle variazioni, preventivamente valutate con il committente, di cui le principali sono state le seguenti:

- Le attività di monitoraggio della qualità dell'aria sono iniziate per motivi contingenti in ritardo e sono state fatte coincidere con l'anno solare 2003, svolgendosi quindi a cavallo fra il secondo ed il terzo anno di validità della convenzione.
- Il biomonitoraggio dell'ozono è stato effettuato per l'anno 2002 nei mesi di luglio ed agosto e per l'anno 2003, per incrementarne la significatività, nei mesi di giugno e luglio. Entrambe le campagne sono quindi venute a cadere nell'ambito del secondo anno di validità della convenzione.

In data 21.4.2003, con nota prot. 3513/RD è stata trasmessa al Sindaco del Comune di Pietrasanta ed al Responsabile del Procedimento la prima relazione semestrale prevista



dalla convenzione, relativamente al secondo anno di attività.

La presente relazione, costituisce la relazione conclusiva relativamente alle attività del secondo anno di validità della convenzione, ed è strutturata come relazione complessiva delle attività effettuate durante il primo anno di validità della convenzione. In essa sono quindi ricompresi in forma integrata fra loro anche gli elaborati allegati alla prima relazione semestrale.

La relazione è strutturata per punti, secondo quanto previsto dal programma delle attività. In parte dei casi si fa riferimento a documenti allegati, che costituiscono parte integrante della presente relazione.

Per quanto concerne il monitoraggio della qualità dell'aria viene presentata solo una relazione interlocutoria, stante che la scelta fatta di fare coincidere la campagna di rilevamento con l'anno solare fa sì che l'elaborazione finale dei dati e la loro valutazione debbano essere effettuate dopo il termine dell'anno 2003. Questo permetterà di potere calcolare i vari valori di qualità dell'aria conformemente alla normativa, rendendoli quindi rappresentativi dell'anno 2003.

Per alcuni linee di attività di fatto la rendicontazione viene a comprendere anche le attività effettuate nel secondo semestre 2003 e quindi teoricamente ricadenti nel terzo anno di validità della convenzione, in quanto solo in tale modo è possibile valorizzare ed esplicitare i risultati ottenuti.

Biomonitoraggio tramite bioindicazione dell'ozono

Come già accennato la campagna di biomonitoraggio tramite bioindicazione dell'ozono nel territorio dei Comuni della Versilia si è svolta nell'anno 2002 dal 3 di luglio al 4 settembre. I risultati dell'indagine sono descritti nel documento **Monitoraggio tramite bioindicazione dell'ozono nel territorio dei Comuni della Versilia; Luglio-Agosto 2002 - Relazione conclusiva**, che è stato allegato alla rendicontazione della prima relazione semestrale.

La campagna 2003 si è svolta dal 11 di giugno al 6 di agosto 2003. I risultati dell'indagine sono descritti nel documento **Biomonitoraggio dell'ozono in Versilia; nell'estate 2003 e confronti con i rilevamenti 2000 e 2002 - Relazione conclusiva**. Al presente documento è allegata copia di tale relazione, di cui vengono forniti anche, limitatamente al committente, i file su CD.

L'elaborazione dei dati ha riguardato anche i confronti con gli anni 2000 e 2002 e quindi tale documento costituisce una relazione di sintesi dei risultati ottenuti. Come previsto dal metodo d'indagine adottato mano a mano che si incrementa il numero di stagioni estive durante cui viene effettuato il biomonitoraggio risulta maggiore la significatività dei risultati ottenuti.

Questo permette di porsi l'obiettivo per il futuro, anche se certamente non ancora dall'anno 2004, di integrare la valutazione a posteriori dei livelli di ozono con forme di



previsione dell'andamento dei livelli di ozono, basati sulla previsione meteorologica e sull'utilizzo di modelli di tipo stocastico.

I valori di danno fogliare rilevati hanno permesso di stimare le concentrazioni di ozono sia per l'anno 2002 che per l'anno 2003. Il quadro che ne risulta è complessivamente almeno parzialmente rassicurante, stante che non vengono individuate situazioni di particolare criticità. I livelli di concentrazione di ozono stimati per l'anno 2003 sono comunque stati più elevati che nell'anno 2002, a motivo con ogni probabilità della diversa situazione climatica.

Qualità dell'aria

Secondo quanto previsto dall'alternativa B dell'elaborato sulle modalità di esecuzione per le attività del secondo anno il monitoraggio è stato effettuato su due stazioni individuate nelle aree di massima ricaduta.

Lo scopo del monitoraggio è duplice. Per quanto concerne i macroinquinanti normalmente monitorati dalle reti di monitoraggio della qualità dell'aria si intende infatti ottenere un quadro conoscitivo paragonabile a quello ottenibile con le due stazioni della rete fissa di monitoraggio prevista dal progetto e non ancora attiva. Con le indagini tramite campionatori ad alto volume si intende invece effettuare un monitoraggio specifico ed avanzato sulle polveri sottili, tramite l'utilizzo appunto dei campionatori ad alto volume.

Nel corso del 2003 sono stati programmati per ogni postazione 4 periodi di monitoraggio al fine di raccogliere un numero sufficiente di dati per potere procedere all'elaborazione degli indici di qualità dell'aria.

Per ogni stazione si è utilizzato per la raccolta dei dati sia il laboratorio mobile (per la determinazione di CO, NOx, SO2, O3, idrocarburi metanici e non metanici), sia campionatori ad alto volume (per il campionamento di polveri PM10 e la valutazione della presenza di metalli pesanti e IPA), sia campionatori passivi (per la determinazione di BTX, HCl e NH3).

Rispetto alla previsione si è ritenuto opportuno incrementare la raccolta dati per quanto concerne i metalli presenti nei filtri raccolti tramite campionatori ad alto volume, stante la rilevanza di questo tipo di inquinante e le correlazioni con il possibile accumulo nei suoli. Si sono pertanto determinati oltre ai metalli già preventivati (Cu, Pb, Cr, Cd, Ni, Zn, V) anche As, Tl, Co, Mn, Fe e l'analisi è stata effettuata su un maggior numero di campioni. Purtroppo i dati rilevati per quanto concerne il parametro Zn non sono risultati validabili, per una complessiva inidoneità dei filtri all'analisi di tale metallo, per il futuro si ricercheranno modalità di campionamento idonee anche per la determinazione di tale metallo.

La campagna di monitoraggio si è conclusa con la fine dell'anno. Al presente documento si allega l'elaborato **Convenzione per il monitoraggio ambientale delle aree circostanti gli impianti di Pioppogatto e Falascaia – Relazione intermedia relativa al**



primo semestre del monitoraggio della qualità dell'aria per l'anno 2003.

La valutazione complessiva dei dati rilevati verrà effettuata per l'intero anno 2003, prevedibilmente nel mese di marzo 2004.

Clima acustico

Le attività svolte nel 2003 hanno ricalcato le modalità di intervento già messe a punto negli anni 2001 e 2002, in quanto sono state dedicate a monitorare l'impatto acustico derivante dagli impianti sui recettori già individuati.

Si è riconfermata la maggiore criticità del sito di Falascaia, intorno all'impianto sono presenti dei recettori presso cui nella situazione attuale si ha un superamento del valore limite differenziale.

La ditta ha eseguito degli interventi di insonorizzazione su alcuni macchinari ed Arpat ha ripetuto le misurazioni, senza però che rilevare che gli interventi effettuati abbiano portato un effettivo miglioramento alla situazione preesistente.

Le indagini effettuate ed i risultati trovati sono descritti nel documento **Clima acustico nelle aree circostanti gli impianti di Falascaia e di Pioppogatto, risultati delle attività di monitoraggio e di controllo nell'anno 2003.**

Stato del suolo nelle aree stimate di massima ricaduta

La campagna di valutazione dello stato del suolo nelle aree di massima ricaduta circostanti l'impianto di Falascaia ha costituito un'attività finalizzata a completare il quadro conoscitivo previsto dallo studio del punto di grigio, definito per le altre componenti ambientali all'interno delle attività svolte nel primo anno di validità della convenzione.

Come si ricorderà lo studio del punto di grigio aveva lo scopo di fissare lo stato ambientale in una situazione che, pur non essendo più quella iniziale (in quanto nel momento in cui lo studio è stato svolto gli impianti erano già costruiti), era ancora antecedente alla loro attivazione.

La parte concernente alla caratterizzazione dei suoli nelle aree di massima ricaduta era stata rinviata al secondo anno di validità della convenzione, sia per motivi di budget, sia in quanto i possibili effetti di accumulo nel suolo degli inquinanti emessi dall'impianto potranno diventare significativi solo dopo alcuni anni (e probabilmente molti anni) dall'attivazione dell'impianto di termovalorizzazione.

La caratterizzazione del suolo nelle aree di massima ricaduta ha costituito l'azione più significativa ed innovativa del secondo anno di validità della convenzione. Le problematiche da affrontare erano infatti estremamente complesse per le molte variabili in gioco fra cui in particolare:

- una estrema difficoltà nel definire la strategia di campionamento allo scopo di garantire la rappresentatività dei campionamenti di suolo;
- la necessità di individuare con precisione le zone di massima ricaduta.

Si è quindi ritenuto di svolgere un lavoro interdisciplinare, che è stato portato avanti



congiuntamente dal Dipartimento di Lucca dell'Arpat e dal Dipartimento di Ingegneria Chimica, Chimica Industriale e Scienza dei Metalli dell'Università di Pisa.

Si sono quindi verificati i risultati degli studi diffusionali già effettuati sul sito e di conseguenza individuate le aree di indagine, fra le poche superfici non interessate da fonti individuabili di contaminazione localizzata (strade, attività industriali, agricole, etc.) e di cui sia possibile ipotizzare una gestione controllata nel corso degli anni. E' stata sviluppata una strategia innovativa di campionamento da replicare nel corso degli anni e si è valutata con metodi statistici la significatività dei campioni prelevati. Si sono valutate anche le ricadute, analizzando i primi risultati ottenuti con i campionamenti di polveri sottili previsti dall'attività di monitoraggio della qualità dell'aria.

Il risultato di questa complessa indagine è descritto nell'elaborato **Monitoraggio Termovalorizzatore di Falascaia**.

I livelli di contaminati rilevati sono complessivamente nella norma e non mostrano evidenze di contaminazioni pregresse. Nei prossimi anni sarà quindi possibile, con indagini effettuate utilizzando le stesse metodologie, verificare se vi è un accumulo, di cui eventualmente dovrà essere valutata la correlazione con l'impianto di termovalorizzazione di Falascaia.

Sui campioni medi prelevati nell'ambito dello studio di cui sopra è stata effettuata anche la determinazione dei microinquinanti (IPA e PCDD+PCDF). I risultati sono riportati nei **rapporti di prova allegati**, i livelli di concentrazione rilevati non sono indice di contaminazione, al di là della normale presenza di questo tipo di inquinanti, che per la loro stabilità nel tempo tendono a diventare ubiquitari.

Controllo della qualità delle acque sotterranee

La rendicontazione in questo caso comprende sia le attività svolte nel secondo semestre 2002, sia le attività svolte nell'intero anno 2003. Sono stati effettuati controlli semestrali sui piezometri esistenti a valle della ex discarica di Falascaia. Sono stati inoltre controllate le due vasche di raccolta del percolato (nella realtà sembra trattarsi solo di "pozzettoni") esistenti all'interno della cintura (setto bentonitico) che isola la ex discarica dall'ambiente, sia per quanto concerne la qualità del percolato, sia allo scopo di valutare la quantità del percolato presente nella discarica. I dati relativi al controllo dei piezometri e delle vasche di raccolta del percolato, dall'inizio del monitoraggio fino a tutto il 2003 sono riportati nelle tabelle che seguono.

Pozzo							
data	18-09-03	16-04-03	25-09-02	12-03-02	14-03-01	30-01-01	10-05-2000
pH	7.78	7.49	7.48	7.6		7.56	7.6
COD mg/l	18	<15	46	<15		<20	31
Cond μ S/cm	597	635	637	619	662	590	553
NH4 mg/l	0.23	0.05	<0.05	<0.05	0.2	Pres	Tr



ARPAT

Agenzia regionale per la protezione ambientale della Toscana

DIPARTIMENTO PROVINCIALE DI LUCCA

55100 LUCCA Via A. Vallisneri, 6 - Tel. 0583 958711 Fax 0583 958720

P.I. e C.F.: 04686190481

NO3 mg/l	<0.5	0.6 (N)	<0.5	3.29	9.7	12.8	Tr
Cl mg/l	19.3	20.0	20.2	21	17.5	19.9	18.7
SO4 mg/l	70.8	79.0	80	89	71.1	61.7	47
Pb µg/l	<5	<5	<5	<5		9	<5
Cd µg/l	<0.2	<0.2	<1	0.2		<0.1	<0.1
Ni µg/l	<5	<5	<10	<1		3	1
Cr µg/l	<5	<5	<5	<1		<1	<1
Hg µg/l	<1	<1	<1	<1		<1	<5
Zn µg/l	<20	<20	<50	<50		-	<10
Cu µg/l	<5	<10	<5	<1		<1	<1
<i>Pozzo</i>	N.1 nuovo	N.1 nuovo	N.1 nuovo	N.1 nuovo	C	C	C
<i>data</i>	18-09-03	16-04-03	25-09-02	13-03-02	13-03-02	14-03-01	30-01-01
pH	7.63	7.64	7.58	7.7	Non camp.	-	7.85
COD mg/l	23	<15	74	30	"	-	<20
Cond µS/cm	650	660	647	662	"	729	661
NH4 mg/l	2.15	2.5	21.7	3.68	"	4.5	Pres
NO3 mg/l	<0.5	<0.5 (N)	<0.5	0.5	"	2.2	11.5
Cl mg/l	27.6	30.0	57	45.6	"	42.5	35.5
SO4 mg/l	25.1	25.0	25	41.9	"	43	25.8
Pb µg/l	<5	<5	<5	5	"	-	<5
Cd µg/l	<0.2	<0.2	<1	0.2	"	-	<0.1
Ni µg/l	<5	<5	<10	4	"	-	35
Cr µg/l	<5	<5	<5	1	"	-	1
Hg µg/l	<1	<1	<1	<1	"	-	<1
Zn µg/l	<20	25	<50	<50	"	-	-
Cu µg/l	<5	<10	<5	1	"	-	17
<i>Pozzo</i>	S8	S8	S8	S8	S8	S8	S8
<i>Data</i>	18-09-03	16-04-03	25-09-02	21-03-02	14-03-01	30-01-01	10-05-2000
pH	7.06	6.9	6.98	7.01		7.04	6.8
COD mg/l	32	43		<15		<20	43
Cond µS/cm	847	1069	692	1127	1006	930	1092
NH4 mg/l	6.56	7.1	2.0	5.9	2.7	Pres	1.0
NO3 mg/l	<0.5	<0.5 (N)	<0.5	0.8	11.1	11.1	22
Cl mg/l	56.3	59	28.7	31.5	56.6	47.5	182
SO4 mg/l	5.7	6.5	11.3	7.7	25.2	20.2	118
Pb µg/l	<5	7.5	<5	<5		<5	<5



ARPAT

Agenzia regionale per la protezione ambientale della Toscana

DIPARTIMENTO PROVINCIALE DI LUCCA

55100 LUCCA Via A. Vallisneri, 6 - Tel. 0583 958711 Fax 0583 958720

P.I. e C.F.: 04686190481

Cd µg/l	<0.2	<0.2	<1	0.1		<0.1	<0.1
Ni µg/l	<5	<5	<5	3		3	1
Cr µg/l	<5	<5	<5	3		<1	<1
Hg µg/l	<1	<1	<1	<1		<1	<5
Zn µg/l	<20	43	50	<50		-	<10
Cu µg/l	<5	<10	<5	<1		2	1

Per quanto concerne i piezometri si rileva come nei piezometri a valle della discarica (N1-C, S8) durante il monitoraggio non sono state rilevate variazioni delle loro caratteristiche. Tali pozzi presentano caratteristiche chimiche diverse dal piezometro a monte (B), in quanto i parametri Ammoniaca, COD e Cloruri hanno concentrazioni costantemente superiori, mentre il parametro solfati presenta concentrazioni inferiori.

Vasca	Nord-Est	Nord-Est	Nord-Est	Nord-Est	Nord-Est	Nord-Est
data	18-09-03	25-09-02	12-03-02	14-03-01	30-01-01	10-05-00
pH	7.43	7.02	7.5	-	7.33	7.5
COD mg/l	142	154	128	-	58	74
Cond µS/cm	2950	1758	1860	1580	1380	1620
NH4 mg/l	30.8	14.5	18.4	12.4	Pres	3.7
(N)-NO3 mg/l	5.7	<0.5	7.62 37.05(NO3)	3.7	13.9	10.8
Cl mg/l	421	20.7	208	181	133	175
SO4 mg/l	42.3	12.2	191	109	77.6	267
Pb µg/l	<5	<5	27	-	5	<5
Cd µg/l	<0.2	<1	0.3	-	0.1	0.4
Ni µg/l	29	110	7	-	22	32
Cr µg/l	<5	<5	3	-	2	2.5
Hg µg/l	<1	<1	<1	-	1	<5
Zn µg/l	<20	53	<50	-	-	<10
Cu µg/l	<5	23	7	-	8	9.7

Vasca	Sud-Ovest	Sud-Ovest	Sud-Ovest	Sud-Ovest	Sud-Ovest	Sud-Ovest	Sud-Ovest
Data	18-09-03	16-04-03	25-09-02	12-03-02	14-03-01	30-01-01	10-05-00
pH	7.71	7.84	7.26	7.5	-	7.43	7.7
COD mg/l	2300	1570	120	1710	-	139	765
Cond µS/cm	9830	9190	1214	2320	1950	1890	5970



ARPAT

Agenzia regionale per la protezione ambientale della Toscana
DIPARTIMENTO PROVINCIALE DI LUCCA
55100 LUCCA Via A. Vallisneri, 6 - Tel. 0583 958711 Fax 0583 958720
P.I. e C.F.: 04686190481

NH ₄ mg/l	803	670	11.5	80.4	39.3	Pres	74
(N)-NO ₃ mg/l	2.8 (NO ₃)	65 (N)	<0.5	5.7 27.8(NO ₃)	27.4	63.6	6.77
Cl mg/l	1505	1415	89	288	163	140	761
SO ₄ mg/l	26.1	74	159	83	181	191	403
Pb µg/l	24	6.2	<5	5	-	<5	26
Cd µg/l	1.3	0.3	<1	0.1	-	<0.1	0.4
Ni µg/l	147	153	24	135	-	84	70
Cr µg/l	87	189	<5	23	-	17	76
Hg µg/l	<1	<1	<1	<1	-	<1	<5
Zn µg/l	254	586	<50	<50	-	-	104
Cu µg/l	<5	98	14	4	-	19	9.6

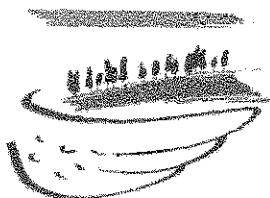
Per quanto concerne il percolato si rileva che la qualità delle acque è diversa nelle due vasche, in contrasto con l'ipotesi progettuale che si sarebbe avuto un unico sistema di drenaggio del percolato.

Inoltre è stato eseguito uno studio per la valutazione delle quantità di percolato interno alla discarica, in base alle indagini eseguite nel corso della realizzazione del piano di caratterizzazione, e fatta una proposta per verificare se esiste all'interno della discarica un sistema di raccolta del percolato e se è collegato con le due vasche esistenti.

Grazie a questo lavoro e tenuto conto del fatto che nel corso del 2003 è iniziato un limitato conferimento di percolato al depuratore dell'impianto di termovalorizzazione di Falascaia, è stato possibile definire le metodologie delle indagini da effettuare nel corso del 2004, con le seguenti finalità:

- valutare la situazione all'interno della discarica per quanto concerne la circolazione del percolato e la presenza o meno di sacche di percolato isolate dal resto della discarica;
- valutare se vi sono relazioni idrauliche fra l'esterno e l'interno della discarica, se cioè è possibile che del percolato esca o dell'acqua di falda entri nel corpo della discarica;
- migliorare la stima sulla quantità di percolato presente nel corpo della discarica e studiare gli effetti del lento pompaggio di percolato dal corpo della discarica verso l'impianto di depurazione.

I documenti allegati **STIMA APPROSSIMATIVA DELLA QUANTITA' DI PERCOLATO DELLA DISCARICA DI FALASCAIA** e **PROPOSTA DI INDAGINI MIRATE A VERIFICARE LA PRESENZA DI COLLEGAMENTO IDRAULICO FRA LE DUE VASCHE DI RACCOLTA DEL PERCOLATO** illustrano il lavoro svolto su questi aspetti ed i risultati ottenuti.



Qualità ambientale delle acque superficiali

Nel corso del 2003 le acque del torrente Baccatoio, sono state oggetto di più sopralluoghi e di un controllo analitico, come da **rapporto di prova allegato**.

La criticità principale si è confermata la scarsa portata di acqua ed anzi l'assenza di acqua per lunghi periodi dell'anno. Anche in occasione del campionamento il corso d'acqua si presentava in asciutta fino al tratto posto a valle del ponticello di Falascaia, punto in cui è stato effettuato il campionamento.

Dai risultati di questo intervento, si rileva un superamento del parametro ammoniacale sia per i riferimenti dettati dalla normativa per la vita dei pesci (Ciprinidi) che per lo stato ambientale (macrodescrittori).

Sul corso d'acqua vi è stata una consistente moria di pesci nei giorni 2-6 settembre 2003 le cui cause sono però da ricercare nella totale assenza di acqua a monte e nell'ingressione di acqua marina dovuta alla forte mareggiata del 28 agosto. Le specie colpite dalla moria erano infatti tutte prettamente dulcacquicole.

Sulla base del risultato delle attività già svolte a partire dal 2001 emerge la necessità di porre particolare attenzione sullo stato del torrente Baccatoio, stante che il corpo idrico in questione ha una portata nulla per oltre 120 giorni/anno e che l'unica immissione, prima di giungere alla foce, è rappresentata dallo scarico proveniente dal depuratore dell'impianto di Falascaia. In particolare è necessario che lo scarico del depuratore non comporti incrementi di temperatura delle acque del Baccatoio.

Qualità dell'aria tramite indagini olfattometriche alle emissioni del biofiltro dell'impianto di selezione e compostaggio di Pioppogatto

INTRODUZIONE

Le misure olfattometriche consistono nella presentazione controllata degli odoranti ad un gruppo di persone (panel) e nella registrazione ed elaborazione statistica delle sensazioni umane risultanti.

La concentrazione di odore viene valutata mediante la determinazione del fattore di diluizione alla soglia di percezione. La soglia di percezione viene definita come la concentrazione di sostanze odorose alla quale il 50% dei soggetti che eseguono il test notano l'odore. Il fattore di diluizione alla soglia viene espresso solitamente in unità odorimetriche. *L'Unità Odorimetrica* (1 OU/m^3) viene definita come la concentrazione di odore alla soglia di percezione. Per raggiungere la soglia di percezione, il campione di aria deve essere diluito con una certa quantità di aria pulita; si individua così il fattore di diluizione alla soglia di percezione (K). La concentrazione di odore della miscela sarà quindi K volte più alta della concentrazione alla soglia; poiché quest'ultima è stata posta uguale a 1 OU/m^3 , la concentrazione di odore risulta pari a $K \text{ OU/m}^3$.



IL CAMPIONAMENTO

Il campionamento, come in ogni altra procedura di misura, è uno stadio molto importante nel processo di determinazione della concentrazione di odore in un effluente gassoso: da esso dipendono, in misura determinante, la qualità e l'affidabilità dei risultati. In genere il campione viene raccolto in un contenitore apposito, solitamente sacchi di materiale plastico con il metodo del "*lung principle*": il sacchetto di campionamento viene posto in un serbatoio rigido, l'aria viene rimossa usando una pompa a vuoto, la depressione causa il riempimento della sacca con un volume di campione pari a quello rimosso dal serbatoio stesso.

È di fondamentale importanza programmare il campionamento in tutti i dettagli, formulando una strategia di campionamento che tenga in considerazione la natura della corrente di odorante e l'obiettivo delle misure.

Le tecniche di raccolta dei campioni sono diverse a seconda della natura della sorgente odorigena:

➤ *Sorgenti puntiformi*: I campioni vengono prelevati attraverso una sonda che viene inserita nel punto di campionamento e generalmente raccolti in sacchetti con il metodo della pompa a vuoto. Se si vuole calcolare la portata di odore di una sorgente con flusso proprio, bisogna misurare il flusso con un metodo standard al momento del campionamento.

➤ *Sorgenti areali*: tali sorgenti non si possono coprire completamente durante il campionamento; è necessario perciò un ricoprimento parziale percentuale che dipende da parametri come il grado di esattezza richiesto, le dimensioni totali dell'area, le risorse finanziarie a disposizione per il programma di misura, ecc. Solitamente viene impiegata una cappa statica a forma di tronco di piramide a base quadrata con superficie pari a 1 m^2 , pareti di alluminio e camino di diametro 15 cm. Contemporaneamente al prelievo del campione osmogeno vengono eseguite anche la misura del flusso attraverso un anemometro e la misura della temperatura e dell'umidità del flusso.

IL METODO DI MISURA

L'olfattometro è lo strumento che consente di effettuare diluizioni del campione e di trasportare il flusso odoroso diluito fino al naso dei valutatori.

I valutatori devono avere un olfatto "normale" che sia rappresentativo della popolazione. La risposta olfattiva umana varia però molto da soggetto a soggetto oltre che rispetto alle diverse sostanze e perciò è necessario che i panelist rispondano a requisiti specifici per effettuare misure ripetibili e riproducibili; in particolare la loro risposta olfattiva deve essere costante nel tempo e la loro sensibilità deve rientrare in una ristretta banda di variazione.

Per la selezione dei membri del panel è necessario effettuare una valutazione della soglia olfattiva; solitamente la sostanza utilizzata per la selezione è il n-butanolo che ha una soglia di percezione intorno ai 40 ppb, è facilmente reperibile, non è tossico e non ha un tono edonistico marcato.

Il metodo di misura utilizzato è quello della SCELTA FORZATA che viene applicato per olfattometri dotati di 2 o più porte di sniffaggio delle quali solo una eroga la sostanza odorigena



mentre le altre forniscono gas neutro; naturalmente la posizione dello stimolo viene distribuita casualmente fra le porte. Il panelist esamina il flusso uscente da tutte le porte ed indica da quale porta esce lo stimolo. Nel caso in cui esso non riesca a distinguere l'odore o sia in dubbio, sarà comunque richiesto di indicare una porta a caso. In questo modo, se l'olfattometro ha n porte, fino a che la concentrazione di odore resta al di sotto della soglia di percezione, ogni porta viene scelta con la probabilità di $1/n$, mentre aumentando la concentrazione viene individuata la porta giusta sempre con maggiore facilità fino a che la probabilità raggiunge 1. Per ridurre la variabilità si applicano delle correzioni chiedendo al panelist di specificare se la scelta è stata un caso, un sospetto o una certezza. Dalla combinazione delle risposte il risultato può essere classificato come VERO o FALSO (Tabella).

Tabella di verità per il metodo SCELTA FORZATA

<i>RISPOSTA</i>	<i>Codice</i>	<i>RISULTATO SCELTA</i>	<i>CERTEZZA</i>
FALSO	1	errata	a caso
FALSO	2	corretta	a caso
FALSO	3	errata	sospetto
FALSO	4	corretta	sospetto
FALSO	5	errata	sicurezza
VERO	6	corretta	sicurezza

Il *Laboratorio Olfattometrico* utilizzato per le analisi consiste in un olfattometro dinamico che diluisce i campioni di aria con aria neutra opportunamente filtrata e li invia a due postazioni di misura costituite ciascuna da due porte permettendo la presenza contemporanea di due persone che valutano la diluizione presentata. Le risposte dei panelist vengono raccolte ed inviate ad un computer per la successiva elaborazione.

Per calcolare la concentrazione di odore si determina il fattore di diluizione attraverso un'analisi retrospettiva come media geometrica della stima di soglia individuale dei panelist.

La stima della soglia individuale (Z_{ITE}) viene calcolata su due presentazioni successive all'interno di una serie di diluizioni, classificate in ordine di concentrazione decrescente, dove avviene un significativo (evidente) cambiamento nelle risposte da VERO a FALSO. La stima della soglia individuale viene calcolata come media geometrica dei fattori di diluizione delle presentazioni definite.

I fattori che possono influenzare le prestazioni sensoriali dei valutatori in un determinato giorno sono numerosi e possono condurre a risposte devianti; inoltre è possibile che i panelist abbiano una sensibilità anormale nei confronti della miscela oggetto di misura. Per questo motivo, è necessaria un'analisi retrospettiva per escludere i panelist con risposte sensoriali distorte. L'analisi retrospettiva parte dal presupposto che non più di un terzo dei valutatori mostri comportamento distorto e quindi che la maggior parte di essi abbia un comportamento sensoriale normale. Tale analisi prende in considerazione il parametro ΔZ definito come il rapporto fra una stima della soglia individuale Z_{ITE} e la media geometrica di tutte le stime delle soglie individuali



di una misura \bar{Z}_{ITE} e definisce il seguente criterio per discriminare se le risposte di ogni giudice possono essere inserite o meno nel calcolo statistico della soglia del panel:

$$\text{Se } Z_{ITE} \geq \bar{Z}_{ITE} \quad \text{allora } \Delta Z = \frac{Z_{ITE}}{\bar{Z}_{ITE}}$$

$$\text{Se } Z_{ITE} < \bar{Z}_{ITE} \quad \text{allora } \Delta Z = \frac{\bar{Z}_{ITE}}{Z_{ITE}}$$

Il parametro ΔZ deve rispettare la seguente limitazione:

$$-5 \leq \Delta Z \leq 5$$

Se una stima di soglia individuale di uno o più panelist non incontra la condizione imposta, queste dovranno essere escluse dai dati per il calcolo della soglia del panel; si ripete quindi l'elaborazione ricalcolando \bar{Z}_{ITE} per la misura in questione e si controlla nuovamente se tutti i valutatori rientrano nel range fissato. Affinché la misura sia valida, il calcolo del fattore di diluizione alla soglia del panel deve essere eseguito sui dati relativi ad un numero di valutatori maggiore o uguale a 4; perciò, dopo l'analisi retrospettiva, devono rimanere almeno 4 panelist perché le misure siano riproducibili.

L'INDAGINE ALLE EMISSIONI DEL BIOFILTRO DELL'IMPIANTO DI PIOPPOGATTO

Sono state effettuate due campagne di monitoraggio nei giorni 14 aprile 2003 e 25 settembre 2003. I risultati sono riportati nell'elaborato **Analisi olfattometrica dei campioni prelevati all'impianto di compostaggio di Pioppogatto (LU)**.

Nel mese di luglio 2003 TEV ha effettuato a sua volta in regime di autocontrollo, ma con metodologie concordate e con presenziazione da parte di Arpat una campagna olfattometrica alle emissioni del biofiltro dell'impianto di Pioppogatto.

Nella tabella che segue sono riportati i risultati sia dei controlli Arpat, che dell'autocontrollo.

Data	Tipologia controllo	Valore
14/04/2003	Controllo Arpat	497 ou/m3
22/7/2003	Autocontrollo TEV	190 ou/m3
25/9/2003	Controllo Arpat	68 ou/m3

Come si può notare i valori emissivi sono andati diminuendo, può essere ipotizzato che in occasione del primo controllo Arpat il biofiltro non fosse ancora in condizioni di piena funzionalità dopo che la ditta aveva effettuato un intervento di reintegro della biomassa nel filtro. Ulteriori controlli permetteranno di meglio valutare l'efficienza nelle varie condizioni dell'impianto di deodorizzazione.



Conclusioni

Il lavoro che Arpat ha finora svolto nell'ambito della convenzione con il Comune di Pietrasanta, nella sua veste di Responsabile del Procedimento per il Sistema Smaltimento RSU della Versilia, ha permesso di conoscere lo stato ambientale delle due aree, quando ancora i due impianti di Pioppogatto e di Falascaia non avevano avuto modo, con la loro regolare attività, di influirvi.

Il monitoraggio dello stato del suolo è stato invece attuato nelle aree di massima ricaduta circostanti l'impianto di Falascaia quando il termovalorizzatore era già in attività, seppure con combustibile biomasse. Tale fatto non inficia però la validità dei risultati ottenuti, stante che le minime emissioni di metalli e di microinquinanti organici attribuibili all'impianto possono avere eventuali effetti di accumulo nei suoli solo su lunghi periodi.

In particolare i risultati ottenuti evidenziano come non vi siano stati in passato fenomeni di accumulo. Considerato che il sito di Falascaia è stato sede di un precedente impianto di incenerimento, con potenzialità più ridotta dell'attuale termovalorizzatore, ma con emissioni certamente caratterizzate da concentrazioni di inquinanti superiori per ordini di grandezza a quelle dell'attuale impianto, si possono trarre indicazioni rassicuranti circa l'effetto sull'ambiente che tale impianto può avere avuto.

E' però possibile per il futuro, anche per rispondere alle richieste in tal senso avanzate da vari soggetti, mirare ulteriori accertamenti sullo stato del suolo specificatamente alla valutazione di eventuali effetti residui derivanti dal vecchio impianto, stimando per esso le aree di massima ricaduta.

Stante che anche i livelli di metalli pesanti, di PCDD+PDF e di IPA riscontrati nei suoli sono risultati normali è possibile confermare che lo stato ambientale delle due aree è complessivamente buono e che non vi sono elementi che facciano pensare ad un accrescersi di criticità rispetto alla situazione precedente alla realizzazione ed attivazione degli impianti.

E' invece negativo che non sia ancora stata completata la bonifica della ex discarica di Pioppogatto, mentre nel caso della ex discarica di Falascaia, già sottoposta ad un intervento di messa in sicurezza permanente, non è ancora possibile trarre conclusioni definitive circa la completa efficacia di tale intervento per quanto concerne l'eliminazione di ogni apporto di inquinanti alle acque sotterranee e circa gli effetti che si potranno avere tramite la progressiva, ma assai lenta, aspirazione del percolato con trattamento nell'impianto di depurazione del termovalorizzatore di Falascaia e scarico nel torrente Baccatoio.

Sempre per quanto concerne l'area della ex discarica di Falascaia va segnalato che non è stata ancora effettuata la bonifica di piccole aree esterne alla cinturazione. Proprio la necessità di bonificare tale aree residuali ha portato prima allo spostamento in via provvisoria dell'impianto di depurazione sull'altra riva del Carraietta e poi alla decisione



di rendere l'impianto definitivo in tale collocazione. Il venire meno della necessità di realizzare l'impianto di depurazione in adiacenza alla cinturazione della ex discarica non deve significare un rinvio della bonifica di tali aree.

Solo dopo che tali attività di bonifica saranno state completate e che parimenti il monitoraggio della ex discarica avrà permesso di escludere ogni residuo apporto di inquinanti alle acque sotterranee sarà possibile compiere una valutazione definitiva dello stato della falda.

Il monitoraggio ambientale svolto ad impianti attivi ha permesso di valutare gli effetti da loro derivanti.

L'impatto più eclatante è stato certamente costituito dalle emissioni sonore dell'impianto di Falascaia, dove si riscontra un incremento dei valori di emissione sonora rispetto alla situazione ante impianto per alcuni recettori, mentre per il momento non sono risultati efficaci gli interventi di insonorizzazione effettuati dalla TEV al fine di conseguire il rispetto del limite differenziale nelle abitazioni.

Le indagini olfattometriche svolte da Arpat alle emissioni del biofiltro dell'impianto di Pioppogatto e quella parallela svolte in autocontrollo da TEV hanno mostrato nel complesso il buon funzionamento del biofiltro e quindi il ridotto livello emissivo di sostanze odorigene. Non bisogna però trascurare le segnalazioni di maleodoranza che si sono avute nel corso dell'estate 2003.

L'esperienza mostra come la percezione degli odori è qualcosa di estremamente soggettivo. Nell'area di Pioppogatto vi sono poi situazioni (acque palustri, presenza di torba, incendio di vegetazione, ecc.) che possono dare origine a fonti di odori, specie nella stagione calda e in situazioni climatiche quali quelle dell'estate 2003.

E' quindi estremamente difficile individuare con precisione le componenti odorigene, che hanno portato alle segnalazioni di maleodoranza.

L'olfattometria è l'unico metodo che, essendo basato su una metodica ben precisa e scientificamente valida, può dare elementi oggettivi su cui fondare la valutazione del contributo odorigeno proveniente da un'attività quale quella dell'impianto di selezione e compostaggio di Pioppogatto. Preme sottolineare come nell'ambito della presente convenzione Arpat abbia per la prima volta effettuato a Pioppogatto il controllo olfattometrico di un'emissione industriale.

E' però necessario continuare il monitoraggio ed utilizzare eventualmente anche un modello diffusionale che permetta di valutare la dispersione delle sostanze odorigene.

Per quanto concerne la qualità dell'aria i dati raccolti nel corso del 2003 permetteranno una volta elaborati di determinare gli indici di qualità dell'aria per i vari inquinanti. Sarà così evitato che il ritardo nell'attivazione della rete di monitoraggio della qualità dell'aria prevista e finanziata nell'ambito del progetto complessivo di realizzazione dell'impianto di Falascaia si traduca in una mancata conoscenza di questo importante indicatore di qualità ambientale. Il lavoro svolto da Arpat ha inoltre permesso di estendere il monitoraggio a parametri che la futura rete di monitoraggio di per se stessa non potrà



rilevare, quali i metalli pesanti e gli IPA.

Per quanto concerne la bioindicazione dell'ozono estivo tramite cultivar sensibile del tabacco siamo ormai a tre anni di dati, di cui due consecutivi, e la significatività dei risultati ottenuti va quindi aumentando. Questa forma di monitoraggio ambientale è di fatto relativa a tutto il territorio della Versilia e fornisce alle Amministrazioni Comunali un elemento conoscitivo di particolare rilevanza, in ragione della vocazione turistica del territorio. I valori rilevati sono nel complesso rassicuranti, specie in considerazione della particolarità della climatologia dell'estate 2003.

In questi primi due anni il lavoro dell'Arpat sulla base della convenzione si è volutamente limitato quasi esclusivamente al monitoraggio ambientale, sia preventivo, che durante l'attività degli impianti.

Il controllo sugli impianti è stato portato avanti da Arpat come attività istituzionale e pertanto in linea di principio esterna alla convenzione. Arpat, vista la rilevanza dei due impianti ed il forte allarme sociale, ha garantito in questi anni un livello di controllo sui due impianti ben superiore a quello che è possibile in via generale attuare sugli impianti di smaltimento rifiuti esistenti nella Provincia di Lucca, stante le limitate risorse umane assegnate al Dipartimento Provinciale di Lucca.

I risultati dell'attività di monitoraggio ambientale sono stati numerosi e significativi ed è da ritenere opportuno continuare in questa esperienza, migliorando e rendendo di volta in volta più efficace le tecniche utilizzate.

Già nel documento **Prime proposte per l'individuazione delle attività relative al terzo anno di validità della convenzione**, inviato al Comune di Pietrasanta nel luglio 2003 si proponeva però un cambiamento di rotta ed in particolare di concentrare maggiormente l'attenzione sui due impianti, sulla loro funzionalità, sulla loro pressione sull'ambiente, attuando quindi forme di controllo ulteriori.

Tale intuizione è stata confermata dagli eventi successivi ed in particolare dall'esito dei controlli alle emissioni del termovalorizzatore di Falascaia, che hanno permesso di riscontrare superamenti significativi dei limiti alle emissioni per quanto concerne i parametri PCDD+PCDF e IPA e quindi portato al ripristino delle normali condizioni emissive dell'impianto.

Da un lato tale evento ha mostrato come il controllo di impianti di questa complessità e rilevanza deve essere continuo ed approfondito, ben al di là di quanto il Dipartimento Provinciale di Lucca dell'Arpat può fare sulla base delle ordinarie risorse ad esso assegnate.

D'altra parte è risultato evidente che l'impatto sull'ambiente derivante da un'emissione di microinquinanti anche fortemente superiore ai limiti previsti dalla normativa è di fatto non rilevabile con i metodi di monitoraggio ambientale che abbiamo fino ad ora utilizzati.



ARPAT

Agenzia regionale per la protezione ambientale della Toscana

DIPARTIMENTO PROVINCIALE DI LUCCA

55100 LUCCA Via A. Vallisneri, 6 - Tel. 0583 958711 Fax 0583 958720

P.I. e C.F.: 04686190481

Avere in atto la convenzione e avere quindi garantite fino al luglio 2004 risorse aggiuntive ha permesso ad Arpat, previo assenso del Comune di Pietrasanta, di attivarsi nell'emergenza senza ritardo e con risorse adeguate e di rispondere quindi tempestivamente alle richieste avanzate dalle istituzioni e dai cittadini.

L'esperienza fatta è stata estremamente positiva ed ha permesso di individuare tecniche che permetteranno per il futuro di rendere più efficace il monitoraggio ambientale, estendendolo a tutte le pressioni sull'ambiente (compresi i microinquinanti) che dagli impianti si originano, e di garantire alle istituzioni ed ai cittadini che la gestione degli impianti avvenga conformemente alle norme e senza recare danno all'ambiente o causare rischi per la salute delle popolazioni.

Risulta in particolare necessario attivare nel 2004 nuove azioni per quanto concerne il monitoraggio ambientale (campagne di monitoraggio tramite depositori, indagini contemporanee al camino e nelle zone di massima ricaduta per ricercare nell'ambiente l'impronta delle emissioni dell'impianto) e incrementare nel contempo il numero dei controlli agli impianti ed in particolare alle emissioni per quanto concerne i microinquinanti, ricercando modalità che permettano di mediare i campionamenti relativi ai microinquinanti su tempi lunghi (settimane o mesi), per giungere nei fatti ad un monitoraggio in continuo.

Il Responsabile del Dipartimento
Dott. Marco Pellegrini



ALLEGATI

- CONVENZIONE PER IL MONITORAGGIO DELLE AREE CIRCOSTANTI GLI IMPIANTI DI PIOPOGATTO E FALASCAIA. RELAZIONE INTERMEDIA RELATIVA AL PRIMO SEMESTRE DEL MONITORAGGIO DELLA QUALITÀ DELL'ARIA PER IL 2003.
- CLIMA ACUSTICO NELLE AREE CIRCOSTANTI GLI IMPIANTI DI FALASCAIA E PIOPOGATTO, RISULTATI DELLE ATTIVITÀ DI MONITORAGGIO E DI CONTROLLO NELL'ANNO 2003.
- RAPPORTI DI PROVA RELATIVI AI MICROINQUINANTI NEL SUOLO NELLE AREE STIMATE DI MASSIMA RICADUTA.
- STIMA APPROSSIMATIVA DELLA QUANTITÀ DI PERCOLATO DELLA DISCARICA DI FALASCAIA.
- PROPOSTA DI INDAGINI MIRATE A VERIFICARE LA PRESENZA DI COLLEGAMENTO IDRAULICO FRA LE DUE VASCHE DI RACCOLTA DEL PERCOLATO.
- RAPPORTO DI PROVA RELATIVO ALLA QUALITÀ AMBIENTALE DELLE ACQUE SUPERFICIALI.
- ANALISI OLFATTOMETRICA DEI CAMPIONI PRELEVATI ALL'IMPIANTO DI COMPOSTAGGIO DI PIOPOGATTO.

Convenzione per attività di verifica dell'area circostante l'impianto di smaltimento rifiuti di Falascaia.

Relazione intermedia

Ai fini di valutare l'impatto ambientale sulla matrice aria dell'impianto di incenerimento rifiuti di Falascaia è in corso, ai sensi della convenzione appositamente stipulata, una serie di campagne di rilevamento presso l'Istituto Comprensivo Camaiole 3 in località Capezzano e via del Ponte Nuovo (presso il numero civico 96). Presso tali postazioni erano state effettuate una serie di indagini, precedentemente all'entrata in funzione dell'impianto di incenerimento ai fini di raccogliere dati sufficienti per una successiva valutazione di impatto ambientale.

L'indagine è stata condotta utilizzando il laboratorio in dotazione al Dipartimento per la valutazione della presenza di CO, ossidi di azoto, anidride solforosa, ozono ed idrocarburi (metanici e non metanici). Parallelamente sono stati effettuati alcune serie di campionamenti di polveri PM10 (su cui effettuare poi una valutazione della presenza di metalli pesanti e IPA) e, utilizzando per il prelievo dei campionatori passivi, alcuni campionamenti di BTX, NOx (da integrare con i dati del laboratorio mobile), HCl e NH₃.

Nella presente relazione vengono riportati i risultati dei campionamenti effettuati nel primo periodo dell'indagine.

Per quanto attiene le attività del laboratorio mobile si è ritenuto opportuno ampliare i periodi di monitoraggio previsti dalla convenzione per permettere l'eventuale valutazione di possibili picchi di inquinanti, eventualmente associabili a particolari condizioni atmosferiche. Perciò si è scelto di mantenere attivo nell'area, per periodi aggiuntivi rispetto agli impegni presi, il laboratorio mobile anche se talvolta a regime parziale (o perché in manutenzione alcuni strumenti o perché questi talvolta necessari presso altre postazioni). Va fatto notare che, essendo l'obiettivo principale della campagna il monitoraggio di inquinanti provenienti da processi di combustione, l'eventuale rilevamento di picchi anomali è di norma possibile con qualsiasi strumento che monitori inquinanti di tale provenienza (nel nostro caso in particolare ossidi di azoto, CO ed idrocarburi). In tal modo si è garantita la copertura temporale del monitoraggio in maniera quasi ininterrotta a partire dal novembre 2002 alla data attuale (e per un impegno ben maggiore di quello concordato).

Si riportano di seguito gli elaborati riassuntivi dei dati raccolti rimandando commenti approfonditi agli stessi al termine dell'indagine in corso.

I valori medi e massimi riportati nei grafici fanno riferimento alle sole giornate in cui i valori validi di ciascun inquinante sono risultati almeno pari a 18 ore di monitoraggio (75% dei dati teoricamente ottenibili).

Rilevamenti effettuati con il laboratorio mobile

I rilevamenti con il laboratorio mobile sono stati effettuati nei seguenti periodi:

- Pietrasanta – via Ponte Nuovo: dal 29 novembre 2002 al 16 gennaio 2003 (campagna n. 1)
- Capezzano Pianore - c/o scuola: dal 17/01/03 al 18/04/03 (campagna n.1)
- Pietrasanta – via Ponte Nuovo: dal 10/05/03 al 24/07/03 (campagna n. 2)
- Capezzano Pianore - c/o scuola: i dati vengono relazionati per il periodo che va dal 25/07/03 al 25 agosto 2003. La campagna di monitoraggio è proseguita oltre ed ancora in corso al momento dell'elaborazione di questi dati.

I periodi di monitoraggio dei singoli inquinanti sono deducibili direttamente dai grafici di seguito riportati.

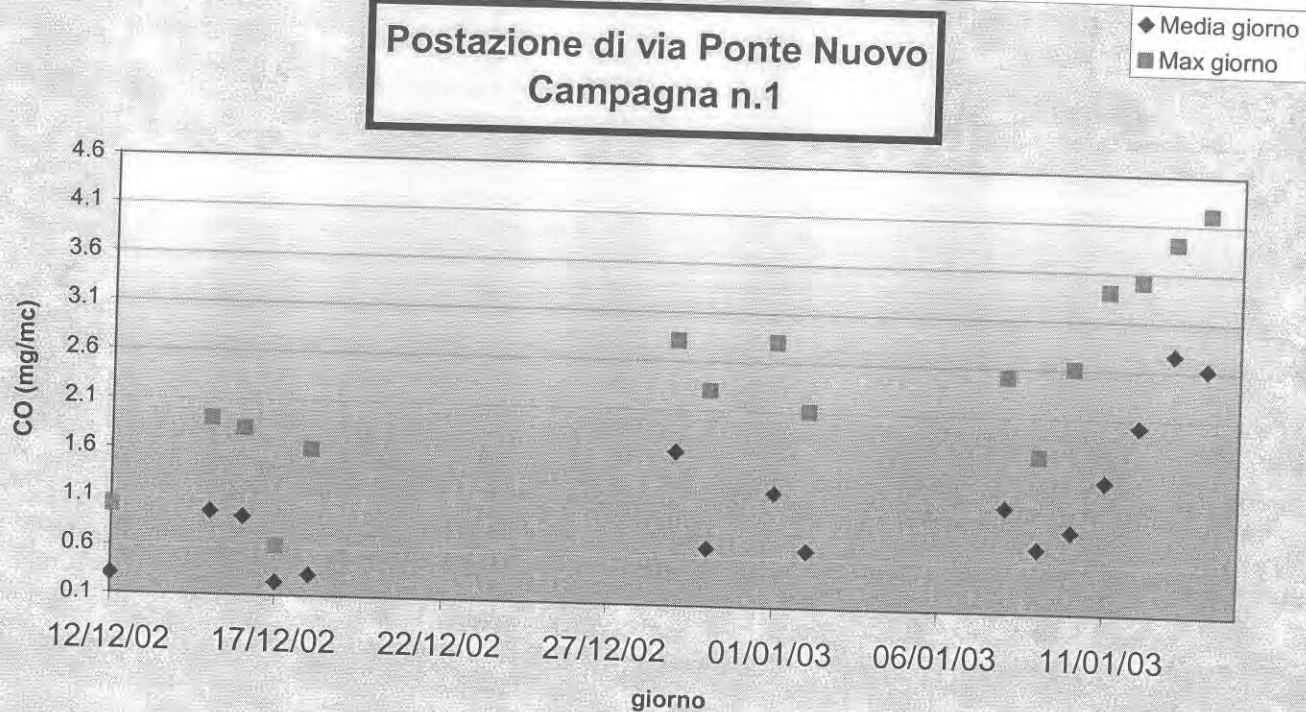
Nelle tabelle riportate di seguito si riportano, oltre ad informazioni sul numero di dati raccolti e sulle medie di periodo le frequenze di superamento di alcuni valori di riferimento. Con tale termine si intende indicare la percentuale dei dati validi che complessivamente si è riscontrata superiore a ciascuno di questi valori.

Monossido di Carbonio

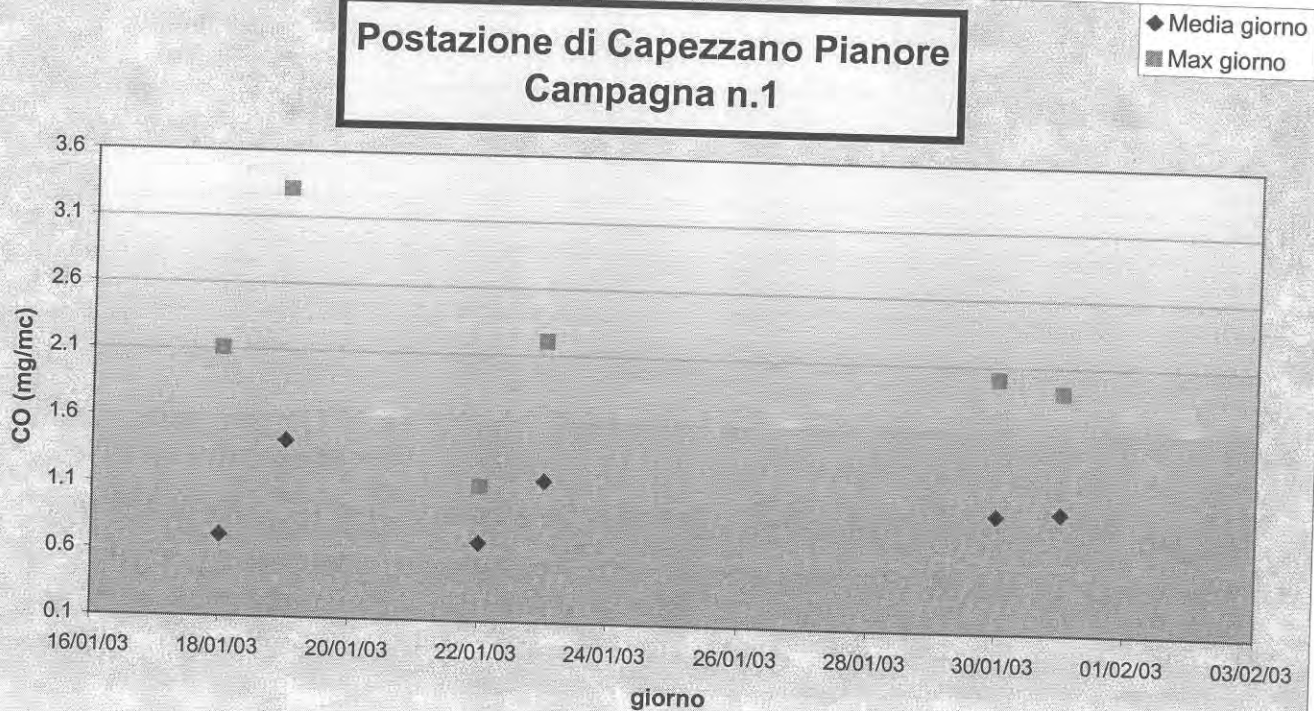
I valori rilevati si sono finora attestati su valori ben inferiori a quelli previsti dalla normativa vigente sulla qualità dell'aria ed abbastanza comparabili con quelli rilevati nelle precedenti campagne di rilevamento.

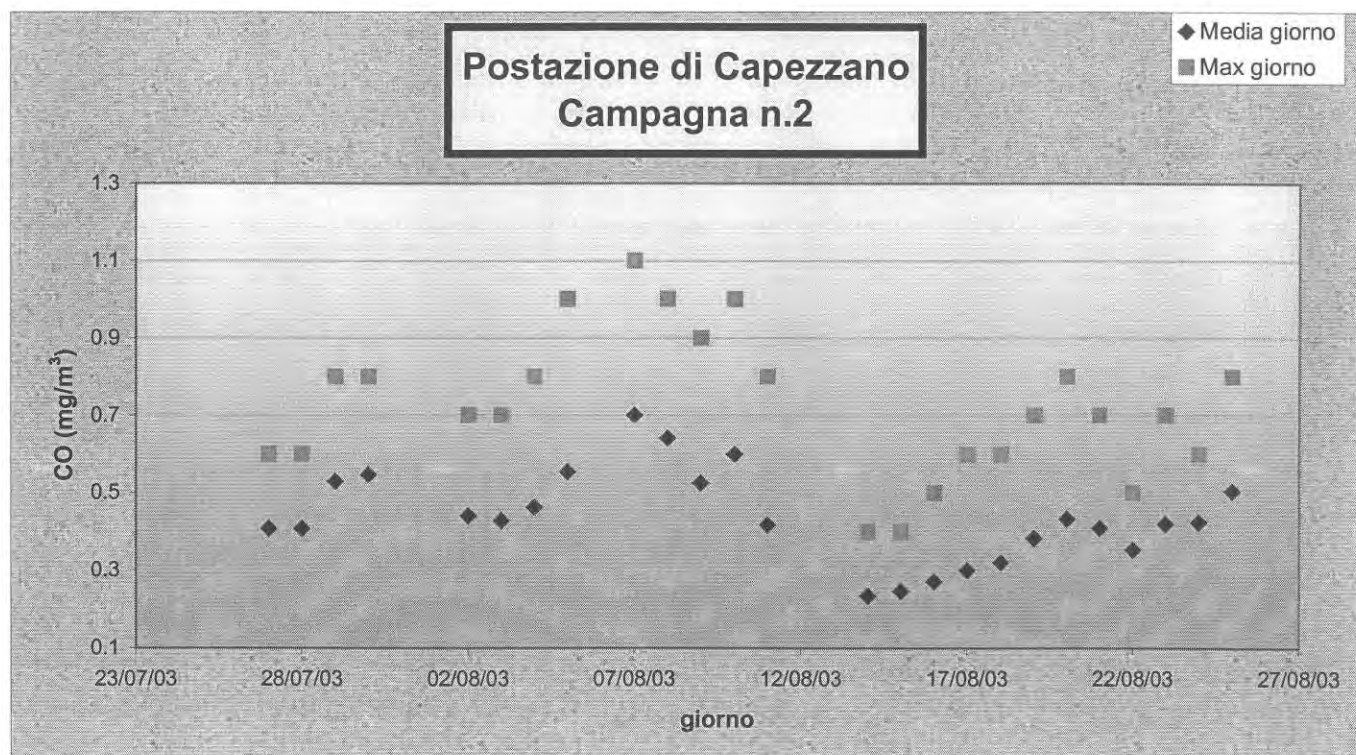
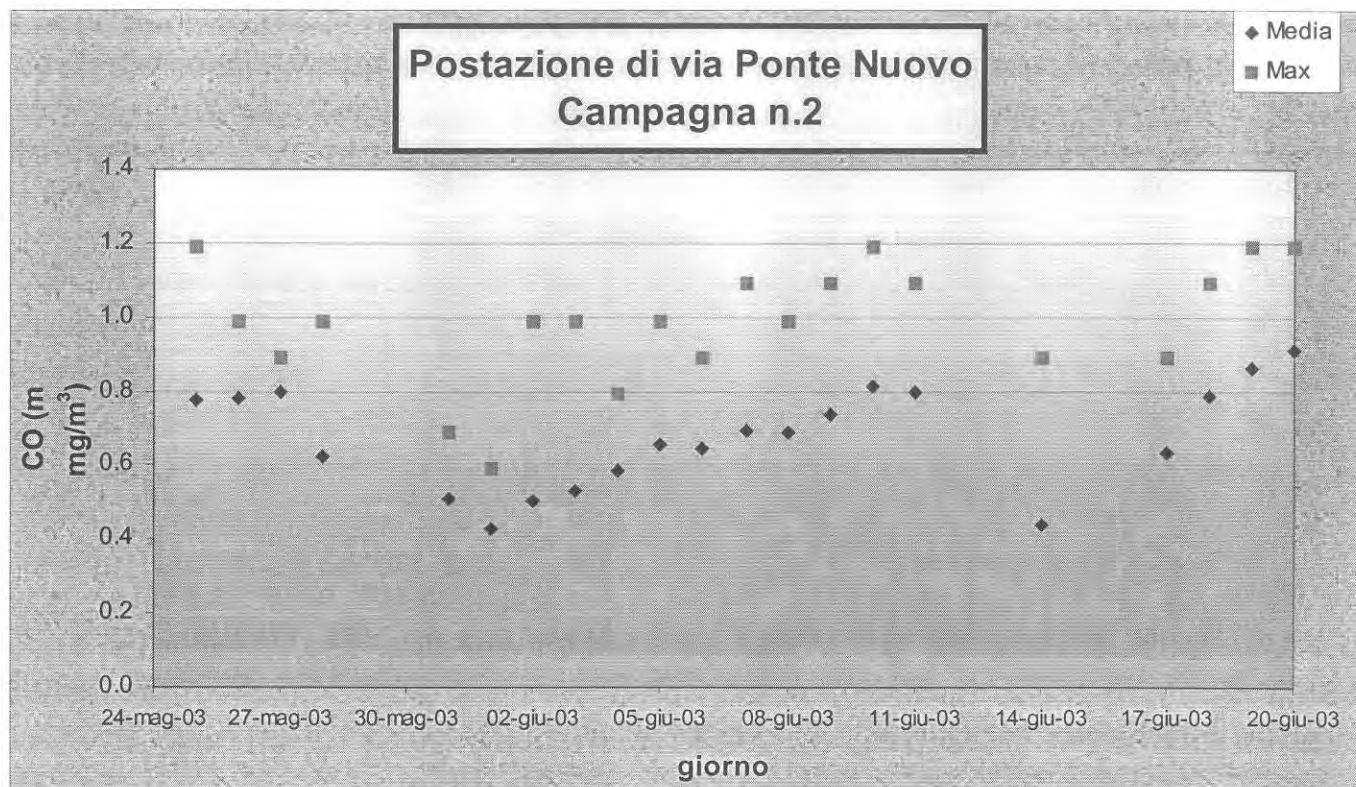
Campagna	Media (mg/m ³)	Numero dati	Frequenza di superamento dei valori di riferimento (mg/m ³)				
			1	2	3	4	5
Ponte Nuovo 1^ campagna	1.1	451	43.0	15.5	4.9	0.2	0.0
Capezzano 1^ campagna	1.0	235	37.9	7.7	2.6	0.9	0.0
Ponte Nuovo 2^ campagna	0.7	552	3.7	0.0	0.0	0.0	0.0
Capezzano 2^ campagna	0.4	653	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0

Postazione di via Ponte Nuovo Campagna n.1



Postazione di Capezzano Pianore Campagna n.1



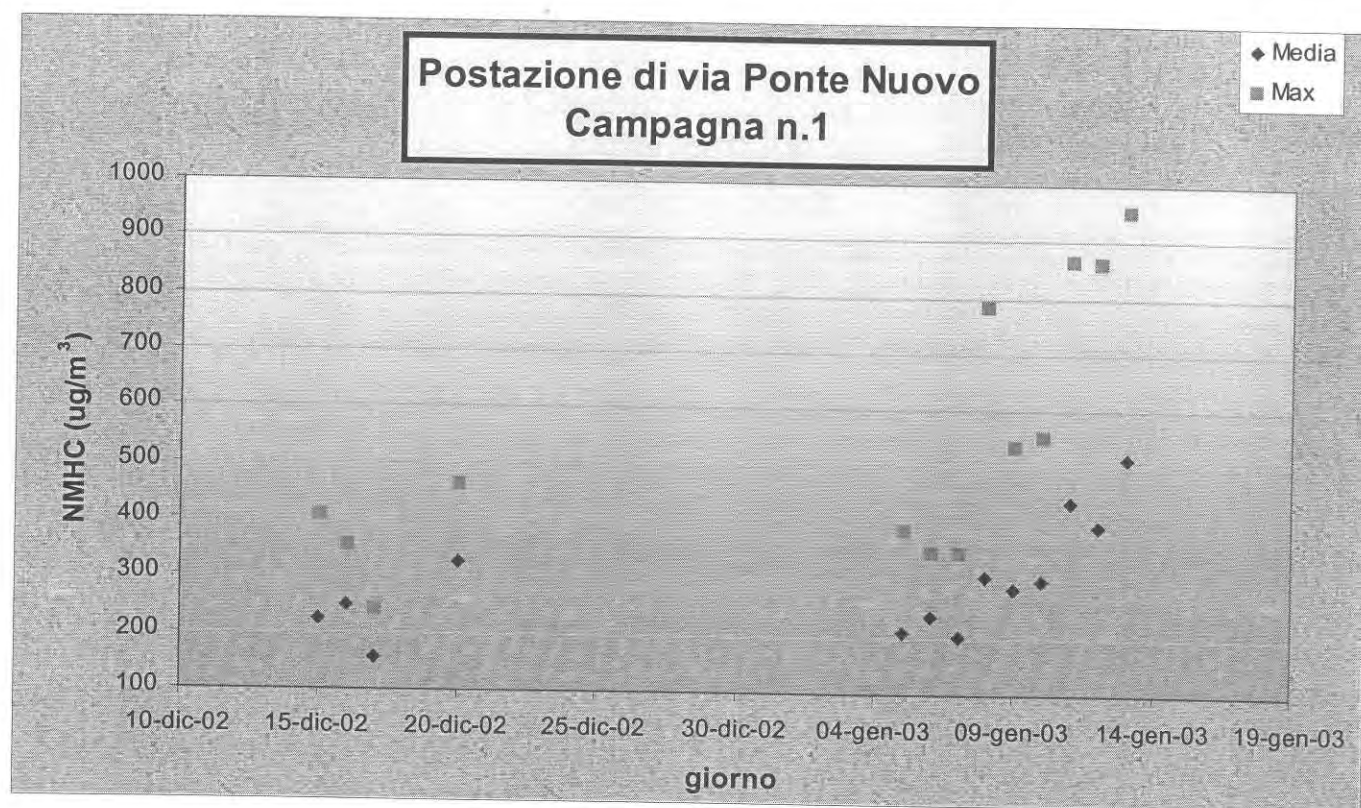


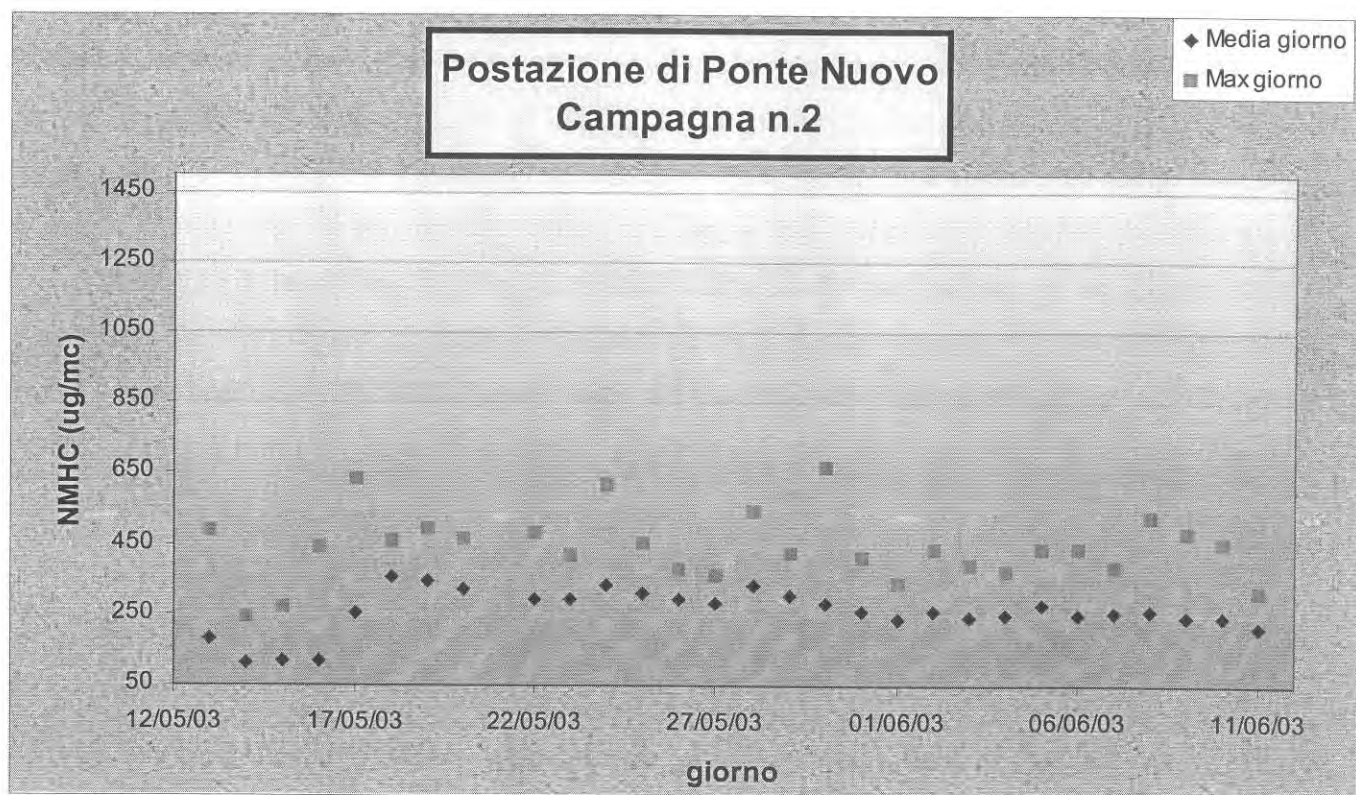
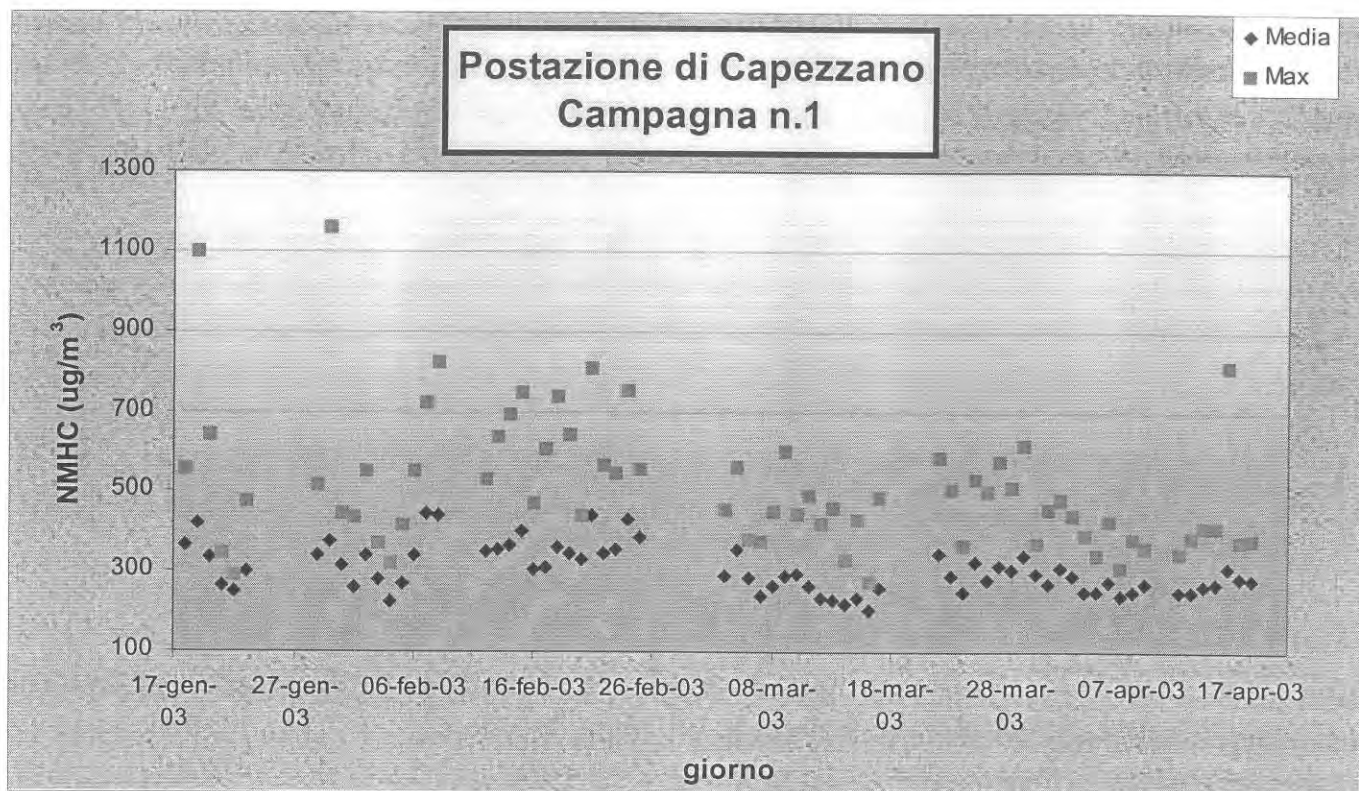
Idrocarburi non metanici

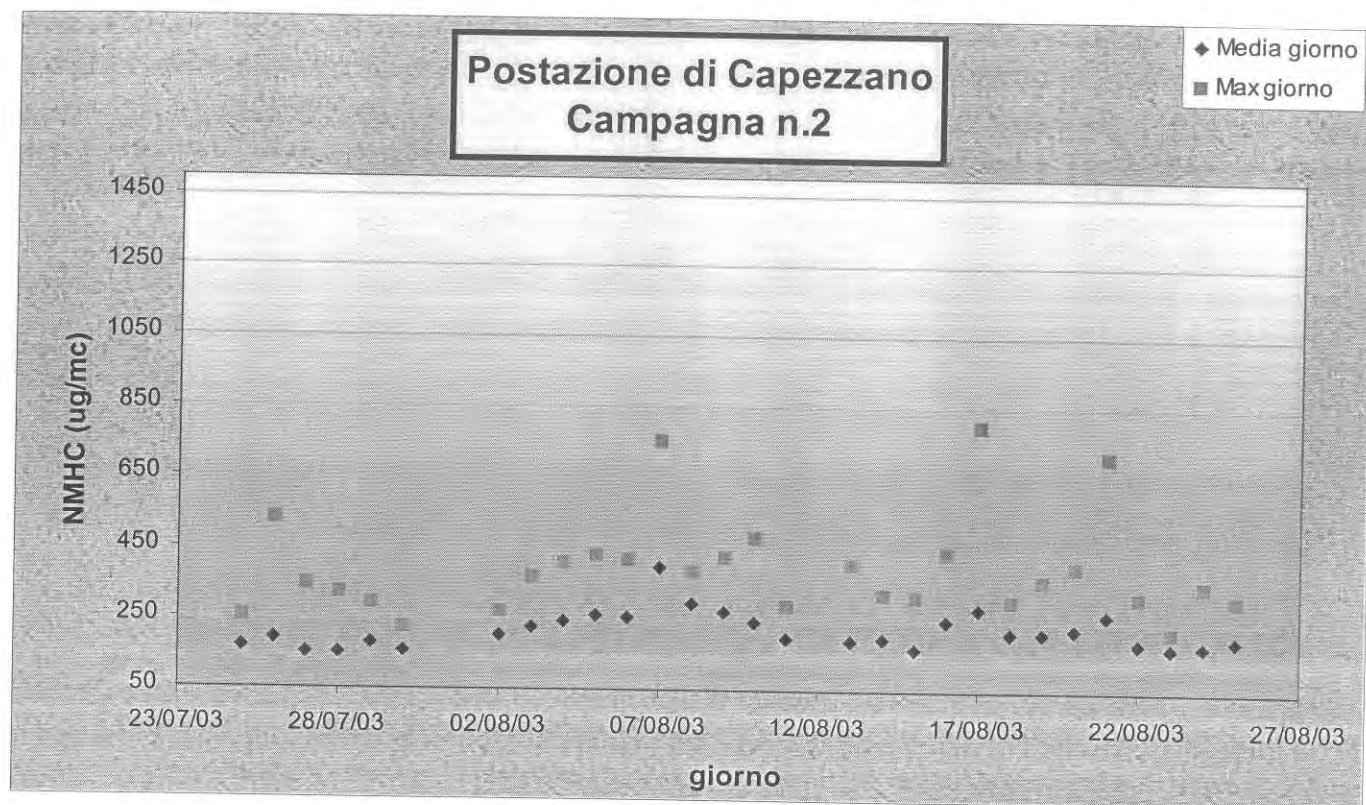
Per questo inquinante non sono previsti dall'attuale normativa valori limite di riferimento. Era previsto, prima del recepimento delle Direttive Europee in materia di qualità dell'aria un limite di $300 \mu\text{g}/\text{m}^3$ da valutarsi però esclusivamente nella fascia oraria 7 – 9 in concomitanza con superamenti dei limiti previsti per l'ozono.

I valori rilevati sono comparabili con quelli individuati in aree periferiche urbane.

Campagna	Media ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Numero dati	Frequenza di superamento dei valori di riferimento (mg/m^3)				
			150	200	300	400	500
Ponte Nuovo 1^ campagna	282	396	89.1	65.4	35.1	16.2	5.8
Capezzano 1^ campagna	306	1779	99.7	93.3	39.5	14.8	4.9
Ponte Nuovo 2^ campagna	259	705	87.8	78.3	29.1	5.7	0.7
Capezzano 2^ campagna	218	725	86.1	47.6	12.7	3.6	1.5







Ossidi di azoto

Anche in questo caso i valori registrati si attestano ampiamente, per quanto valutabili visti i periodi temporali di monitoraggio, al di sotto dei limiti previsti dalla normativa vigente. Ovviamente, considerato che i limiti più significativi fanno riferimento a medie dei valori annuali, in questa sede è possibile solamente prendere atto che le concentrazioni riscontrate sono del tutto compatibili con il loro rispetto (per NO_x la media annuale prevista per la protezione della vegetazione è pari a 30 µg/m³; i limiti per la tutela della popolazione umana per NO₂ sono pari a 40 µg/m³ come media annuale e 200 µg/m³ come media oraria da non superarsi più di 18 volte l'anno). Per tali limiti è ammessa inoltre una tolleranza, del 50% nel 2001, a scalare fino ad annullarsi nel 2010.

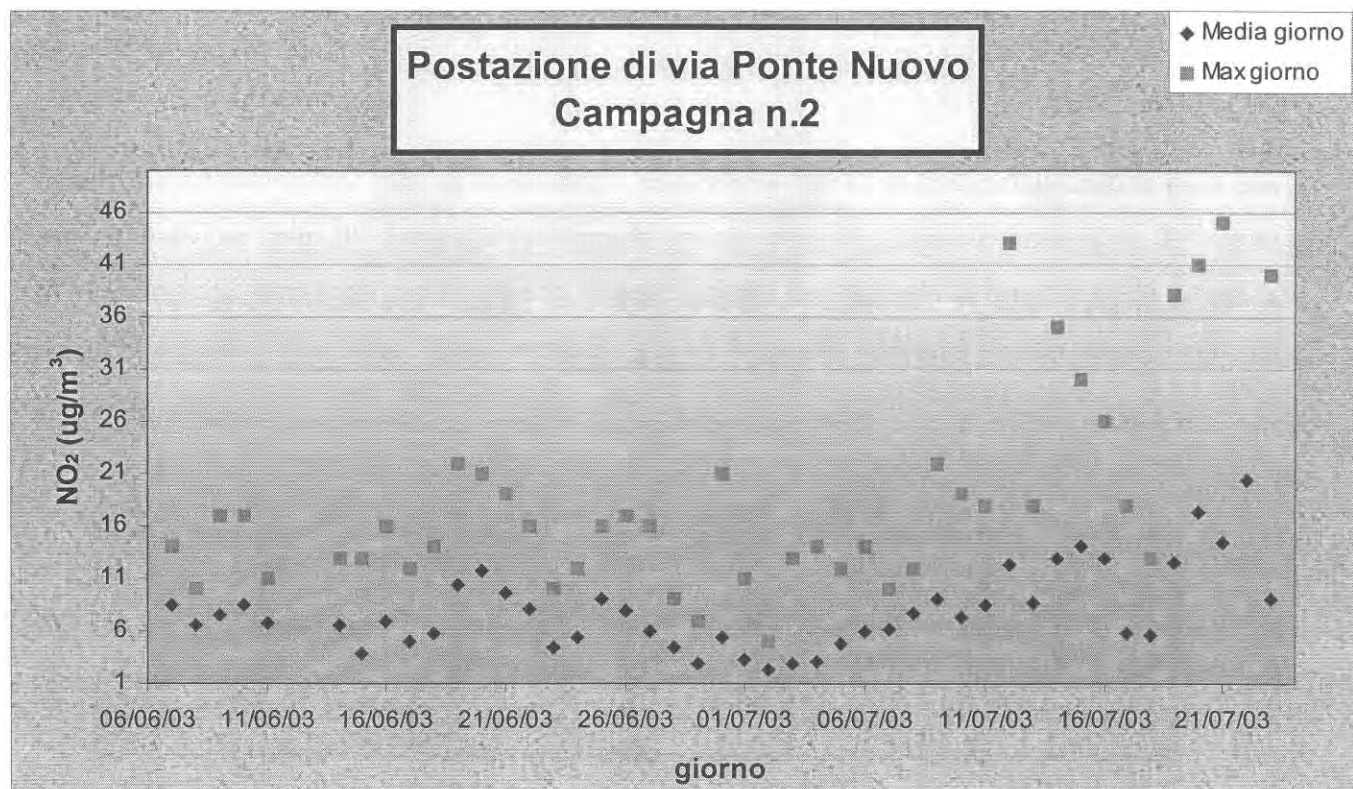
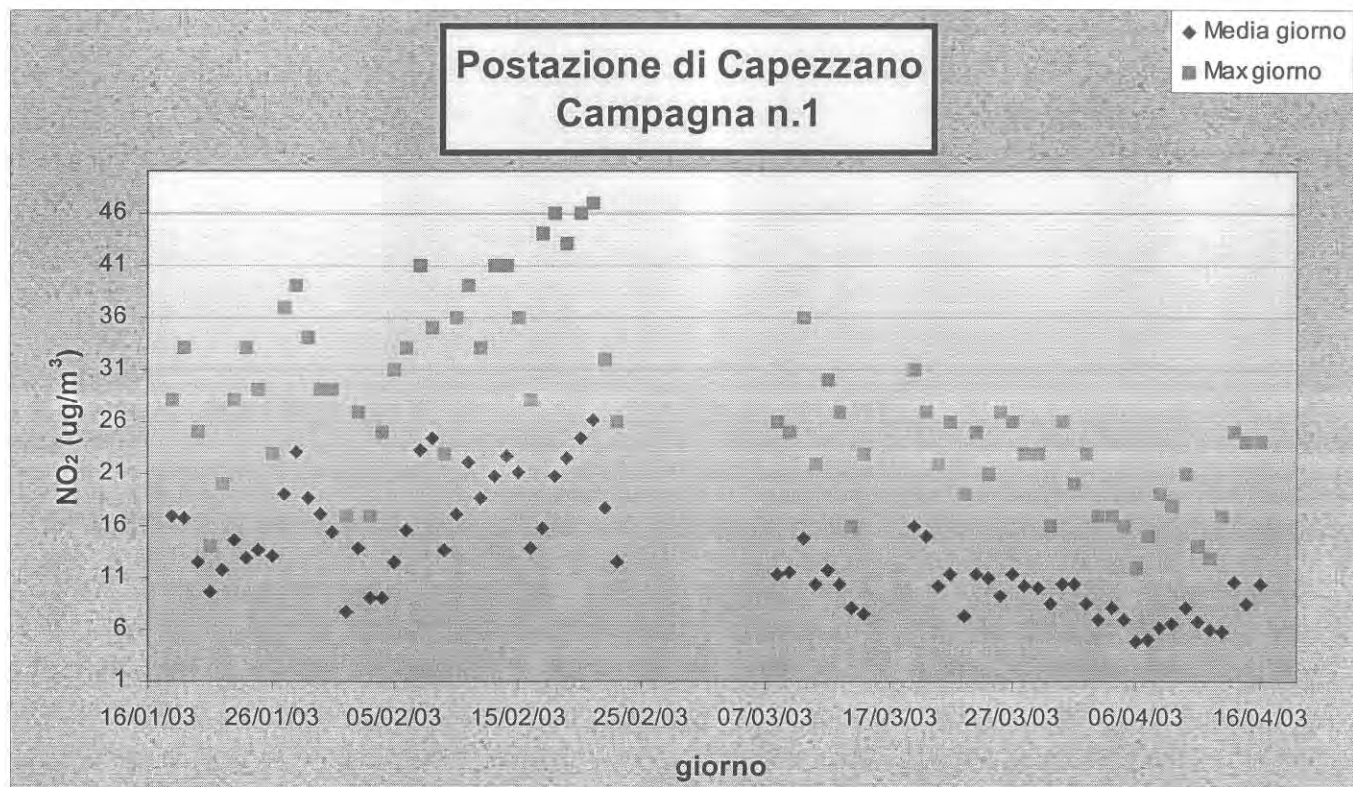
NO₂: distribuzione delle medie orarie

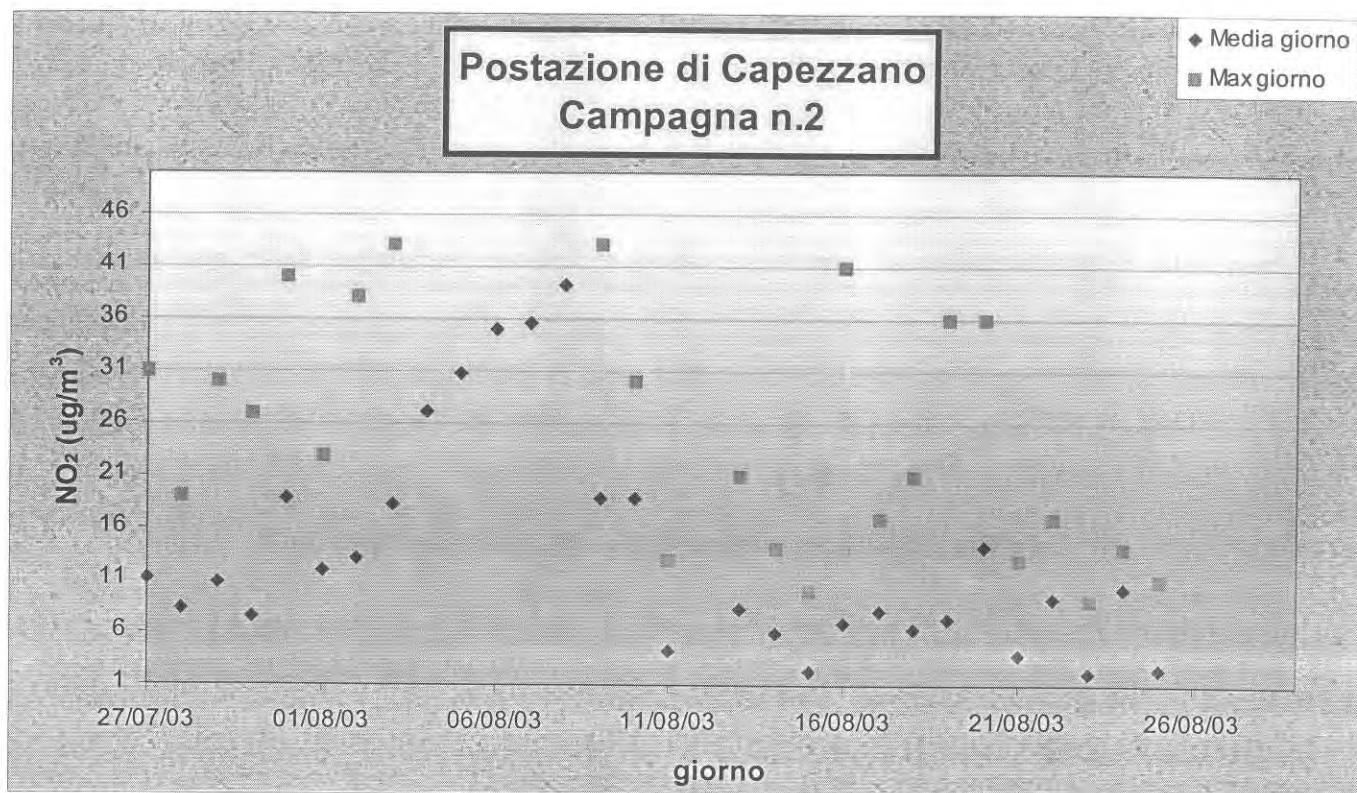
Campagna	Media (µg/m ³)	Numero dati	Frequenza di superamento dei valori di riferimento (mg/m ³)				
			10	20	30	40	50
Capezzano 1^ campagna	13	1776	51.9	19.3	4.8	0.7	0.0
Ponte Nuovo 2^ campagna	8	1114	26.2	4.8	1.8	0.5	0.1
Capezzano 2^ campagna	14	707	45.3	20.5	12.0	6.5	3.1

Ossidi di azoto totali: distribuzione delle medie orarie

Campagna	Media (µg/m ³)	Numero dati	Frequenza di superamento dei valori di riferimento (mg/m ³)				
			10	20	30	40	50
Capezzano 1^ campagna	19	1776	61.3	30.9	16.9	10.0	6.4

Campagna	Media	Numero dati	Frequenza di superamento dei valori di riferimento ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)				
			38.8	10.6	3.9	1.9	0.4
Ponte Nuovo 2^ campagna	11	1114					
Capezzano 2^ campagna	15	707	50.6	22.3	13.7	7.9	3.8





OZONO

Per questo inquinante, i cui valori sono essenzialmente legati alla stagionalità ed alle condizioni meteorologiche, si è ritenuto opportuno concentrare le valutazioni a partire dalla seconda campagna di misure (ossia all'inizio dei periodi stagionali in cui la sua presenza comincia ad assumere rilevanza).

I valori riscontrati si sono rilevati mediamente abbastanza elevati (e sostanzialmente in linea con quanto valutato nel resto del territorio provinciale in aree non direttamente interessate da elevati flussi veicolari). Si sono registrati anche casi di superamento (nel periodo di monitoraggio presso la scuola di Capezzano) dei valori limite previsti e per vi è stata la necessità di notifica alle autorità competenti.

Ozono: distribuzione statistica delle medie orarie

Campagna	Media ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Numero dati	Frequenza di superamento dei valori di riferimento (mg/m^3)				
			50	100	150	180	200
Ponte Nuovo 2^ campagna	65	1700	58.6	25.1	0.3	0.0	0.0
Capezzano 2^ campagna	88	707	85.7	36.9	4.1	1.4	0.0

Anidride solforosa

La presenza di questo inquinante si è sempre attestata, come in tutto il resto del territorio provinciale, su valori molto ridotti, spesso ai limiti di rilevabilità strumentale.

Ampiamente monitorato in tutte le campagne si è infatti attestato su valori molto ridotti. Le elaborazioni fatte, come da sempre previsto per questo inquinante, fanno riferimento ai valori medi giornalieri.

Complessivamente, tra tutte le campagne, sono stati raccolti **214** dati medi giornalieri (ciascuno valutato come media dei dati orari raccolti). Il valore giornaliero di picco è stato di **2,7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$** .

Analisi effettuate con analizzatori non automatici

Si riportano di seguito i dati ad oggi disponibili (di alcuni campioni non sono ancora terminate le elaborazioni dei risultati delle analisi di laboratorio) relativamente al monitoraggio di polveri PM10, metalli pesanti e quelle effettuate con campionatori passivi.

BTEX

L'indagine dei BTEX è stata effettuata utilizzando campionatori passivi testati dal CNR di Roma. I periodi di campionamento sono stati di 30 giorni. I dati ottenuti rappresentano pertanto i valori medi ciascun periodo di monitoraggio. I campioni raccolti sono stati successivamente sottoposti ad analisi strumentale gas- cromatografica, con rivelatore di tipo FID.

Si ricorda, per permettere un parametro di confronto con i valori determinati, che il limite accettabile di concentrazione per il benzene, previsto dal D.M.A. 2 aprile 2002, è pari a 5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ come media annuale. Per questo parametro è ammessa una tolleranza del 100% della concentrazione limite fino al 2006. A partire da tale data la tolleranza ammessa dovrà essere ridotta fino ad annullarsi al 1° gennaio 2010.

Risultati del primo ciclo di rilevamento di BTEX

Stazione	A) - CAPEZZANO PIANORE Lab. Mobile c/o scuola	A1) - CAPEZZANO PIANORE Via Argin Vecchio c/o n.107	A2) - CAPEZZANO PIANORE angolo Via Benedetti Via Giacosa
Periodo	21/01/03-20/02/03	21/01/03-20/02/03	21/01/03-20/02/03
Benzene ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	2,0	3,5	3,3
Toluene ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	2,9	8,1	9,7
Etilbenzene ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	<1,8	2,0	1,8
p-Xilene ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	<0,9	1,4	1,2
m-Xilene ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	1,5	3,3	2,7
o-Xilene ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	<1,1	2,0	2,1

Stazione	B) - PIETRASANTA Lab. Mobile Via Ponte Nuovo c/o n.96	B1) - PIETRASANTA Via Ponte Nuovo lato monte	B2) - PIETRASANTA Via Ponte Nuovo lato mare
Periodo	21/12/02-20/01/03	21/12/02-20/01/03	21/12/02-20/01/03
Benzene ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	2,2	3,1	2,7
Toluene ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	4,2	10,7	6,7
Etilbenzene ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	<1,8	2,1	<1,8
p-Xilene ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	<0,9	1,7	1,0
m-Xilene ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	1,5	3,2	2,0
o-Xilene ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	1,3	1,9	1,2

I limiti di quantificazione sono riferiti all'esposizione di 30 giorni.

PM10

Capezzano Pianore c/o Scuola

giorno inizio campionamento	VOLUME ARIA ASPIRATO m^3	PM 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
20/01/03	1598,4	30
21/01/03	1598,4	18
22/01/03	1606,4	27
23/01/03	1601,1	46
27/01/03	1598,4	69
28/01/03	1598,4	64
29/01/03	1598,4	49
30/01/03	1598,4	59
19/02/03	1598,4	63
20/02/03	1598,4	64

Pietrasanta via Ponte Nuovo

giorno inizio campionamento	VOLUME ARIA ASPIRATO m^3	PM 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
20/01/03	1612,8	24
21/01/03	1616,8	15
22/01/03	1612,8	23
23/01/03	1612,8	43
27/01/03	1612,8	100
28/01/03	1612,8	79
29/01/03	1612,8	64
30/01/03	1612,8	46
19/02/03	1612,8	83
20/02/03	1612,8	84

Nota: la data riportata in tabella indica il giorno di inizio campionamento, solitamente intorno alle ore 12, e protratto di norma per 24 ore

Capezzano Pianore c/o Scuola

giorno inizio campionamento	VOLUME ARIA ASPIRATO m^3	PM 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
22/05/03	1598,4	20
03/06/03	1598,4	32
04/06/03	1598,4	39
05/06/03	1620,4	35
10/06/03	1598,4	26
11/06/03	1563,8	30
12/06/03	1609,1	35
16/06/03	1598,4	30
17/06/03	1601,1	25
18/06/03	1598,4	22

Pietrasanta via Ponte Nuovo

giorno inizio campionamento	VOLUME ARIA ASPIRATO m^3	PM 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
03/06/03	1612,8	32
04/06/03	1612,8	38
05/06/03	1634,3	36
10/06/03	1614,1	32
11/06/03	1630,3	30
12/06/03	1620,2	35
17/06/03	1612,8	27
18/06/03	1612,8	32
23/06/03	1612,8	32
24/06/03	1612,8	32

Nota: la data riportata in tabella indica il giorno di inizio campionamento, solitamente intorno alle ore 12, e protratto di norma per 24 ore

Metalli pesanti valutati sui campioni di polvere PM10 raccolti

Capezzano Pianore

GIORNO	VOLUME ARIA ASPIRATO m ³	Cu µg/m ³	Pb µg/m ³	Cr µg/m ³	Cd µg/m ³	As µg/m ³	Zn µg/m ³	Ti µg/m ³	V µg/m ³	Ni µg/m ³	Co µg/m ³	Mn µg/m ³	Fe µg/m ³
20/01/03	1598,4	0,010	0,016	< 0,003	< 0,001	< 0,005	N.V.	< 0,005	0,003	0,004	< 0,003	0,029	0,152
21/01/03	1598,4	0,004	0,009	< 0,003	< 0,001	< 0,005	N.V.	< 0,005	< 0,003	< 0,003	< 0,003	0,009	0,079
22/01/03	1606,4	0,009	0,006	< 0,003	< 0,001	< 0,005	N.V.	< 0,005	< 0,003	< 0,003	< 0,003	0,006	0,122
23/01/03	1601,1	0,013	0,015	< 0,003	< 0,001	< 0,005	N.V.	< 0,005	0,003	0,003	< 0,003	0,007	0,246
27/01/03	1598,4	0,021	0,016	< 0,003	< 0,001	< 0,005	N.V.	< 0,005	0,004	0,004	< 0,003	0,007	0,406
28/01/03	1598,4	0,014	0,013	< 0,003	< 0,001	< 0,005	N.V.	< 0,005	0,005	< 0,003	< 0,003	0,004	0,218
29/01/03	1598,4	0,011	0,010	< 0,003	< 0,001	< 0,005	N.V.	< 0,005	< 0,003	< 0,003	< 0,003	0,005	0,213
30/01/03	1598,4	0,010	0,015	< 0,003	< 0,001	< 0,005	N.V.	< 0,005	0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	0,178
19/02/03	1598,4	0,017	0,020	< 0,003	< 0,001	< 0,005	N.V.	< 0,005	0,004	0,003	< 0,003	0,031	0,275
20/02/03	1598,4	0,031	0,015	< 0,003	< 0,001	< 0,005	N.V.	< 0,005	0,005	0,004	< 0,003	0,027	0,328

Pietrasanta – via Ponte Nuovo

GIORNO	VOLUME ARIA ASPIRATO m ³	Cu µg/m ³	Pb µg/m ³	Cr µg/m ³	Cd µg/m ³	As µg/m ³	Zn µg/m ³	Ti µg/m ³	V µg/m ³	Ni µg/m ³	Co µg/m ³	Mn µg/m ³	Fe µg/m ³
20/01/03	1598,4	0,010	0,016	< 0,003	< 0,001	< 0,005	N.V.	< 0,005	0,003	0,004	< 0,003	0,029	0,152
21/01/03	1598,4	0,004	0,009	< 0,003	< 0,001	< 0,005	N.V.	< 0,005	< 0,003	< 0,003	< 0,003	0,009	0,079
22/01/03	1606,4	0,009	0,006	< 0,003	< 0,001	< 0,005	N.V.	< 0,005	< 0,003	< 0,003	< 0,003	0,006	0,122
23/01/03	1601,1	0,013	0,015	< 0,003	< 0,001	< 0,005	N.V.	< 0,005	0,003	0,003	< 0,003	0,007	0,246
27/01/03	1598,4	0,021	0,016	< 0,003	< 0,001	< 0,005	N.V.	< 0,005	0,004	0,004	< 0,003	0,007	0,406
28/01/03	1598,4	0,014	0,013	< 0,003	< 0,001	< 0,005	N.V.	< 0,005	0,005	< 0,003	< 0,003	0,004	0,218
29/01/03	1598,4	0,011	0,010	< 0,003	< 0,001	< 0,005	N.V.	< 0,005	< 0,003	< 0,003	< 0,003	0,005	0,213
30/01/03	1598,4	0,010	0,015	< 0,003	< 0,001	< 0,005	N.V.	< 0,005	0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	0,178
19/02/03	1598,4	0,017	0,020	< 0,003	< 0,001	< 0,005	N.V.	< 0,005	0,004	0,003	< 0,003	0,031	0,275
20/02/03	1598,4	0,031	0,015	< 0,003	< 0,001	< 0,005	N.V.	< 0,005	0,005	0,004	< 0,003	0,027	0,328

Clima acustico nelle aree circostanti gli impianti di Falascaia e di Pioppogatto, risultati delle attività di monitoraggio e di controllo nell'anno 2003

Impianto di termoutilizzazione di Falascaia.

Sono stati nuovamente eseguiti dei monitoraggi acustici in continuo per la determinazione del rumore ambientale nella stessa zona che fu oggetto di indagine lo scorso anno. Le postazioni di misura sono state scelte in funzione delle esigenze contingenti, tenendo conto anche delle lamentele dei residenti pervenute nel frattempo; inoltre rispetto allo scorso anno, è stata aggiunta anche una postazione di misura con il microfono a 4 m dal suolo, significativa per gli appartamenti al primo piano. Nello specifico le postazioni utilizzate ed i periodi di misura sono:

1) Nel giardino dell'abitazione del sig. Vizzoni Mario, residente in via Arginvecchio, 6/A – fraz. Capezzano Pianore – Camaiore (LU), a circa 400 m dall'impianto lato sud-est, nel periodo compreso tra le ore 06.00 di mercoledì 18 e le ore 06.00 di mercoledì 25 giugno 2003. (stessa postazione dei monitoraggi precedenti).

2) Nel giardino dell'abitazione del Sig. Giannini Piero, residente in via del Padule, 45 – loc. Falascaia – Pietrasanta (LU), a circa 400 m in linea d'aria dall'impianto lato ovest, nel periodo compreso tra le ore 06.00 di domenica 6 e le ore 06.00 di domenica 13 luglio 2003. (postazione paragonabile a quella precedentemente individuata nell'abitazione del Sig. Navari Franco).

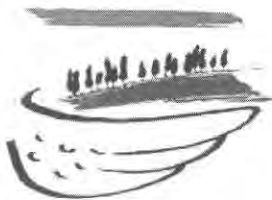
3) Nel giardino dell'azienda agricola Farnararo, ubicata in via delle Colmate, 11 – loc. Falascaia – Pietrasanta (LU), a circa 50 m dall'impianto lato ovest, nel periodo compreso tra le ore 06.00 di lunedì 9 e le ore 06.00 di lunedì 16 giugno 2003. (il rilevamento è stato effettuato in questa postazione, diversa dalla precedente, su indicazione del Sig. Farnararo, in quanto la vecchia postazione risulta più lontana e parzialmente schermata dal capannone che sorge vicino al confine con la TEV e dove il Sig. Farnararo ha dichiarato di avere preso la residenza).

4) Nel giardino dell'abitazione del Sig. Del Signore Giovanni, in via Fonda – loc. Falascaia – Pietrasanta (LU), attualmente in avanzato stato di ristrutturazione, a circa 300 m in linea d'aria dall'impianto lato nord-ovest, nel periodo compreso tra le ore 06.00 di martedì 1 e le ore 06.00 di martedì 8 luglio 2003. (nuova postazione con microfono a 4 m dal suolo, praticamente all'altezza della terrazza al primo piano dell'abitazione).

5) Nel cortile antistante l'abitazione della sig.ra Silvina Spravkin, in via del Padule, 58 – loc. Falascaia – Pietrasanta (LU), a circa 630 m di distanza dall'impianto di termoutilizzazione, nel periodo compreso tra le ore 06.00 di martedì 4 e le ore 06.00 di lunedì 10 novembre 2003.

Metodi di misura e analisi dei dati

Le misure sono state eseguite in "ambiente esterno" con un apposito sistema di misura costituito da un'asta microfonica, che è stata installata su di un treppiedi, in modo da posizionare la capsula microfonica ad un'altezza di 1,5 m dal suolo, ed a 4 metri nella postazione 4), e da un analizzatore statistico che è stato posto in una cassetta di metallo fissata alla base del suddetto treppiedi; solo nel caso del campionamento a 4 m si è usato un apposito carrello mobile.



In particolare, la strumentazione usata per i monitoraggi acustici, di "classe 1" secondo gli standard EN 60651/94 e 60804/94, consiste in un fonometro integratore Larson Davis mod. 870 e in un sistema microfónico per esterni Larson Davis mod. 2100K (certificato di taratura n. S3710/01 042 del 26/7/01).

Lo strumento è stato impostato con ponderazione in frequenza "A" e ponderazione temporale "fast".

La calibrazione è stata eseguita, all'inizio e alla fine di ogni campagna di misure, con un calibratore acustico Bruel & Kjaer 4231 (certificato di taratura n. 99/03 del 14.5.03 del Centro SIT n. 76), conforme alle norme CEI 29-4. Inoltre, è stato effettuato quotidianamente, in modo automatico, il controllo del livello di calibrazione per mezzo del calibratore interno allo strumento. Durante i periodi di misura sono stati registrati, per ciascun intervallo di 1 ora, i valori del livello continuo equivalente di pressione sonora ponderato A o "Leq(A)", a cui si riferisce la normativa, ed i parametri statistici L_1 , L_{10} , L_{50} , L_{90} , L_{95} ed L_{99} . Sono stati inoltre memorizzati i livelli massimo e minimo misurati in ciascun intervallo (L_{max} , L_{min}).

I dati del livello equivalente, forniti dallo strumento, sono stati usati per ricavare il Leq(A) diurno (dalle ore 06.00 alle ore 22.00) e notturno (dalle ore 22.00 alle 06.00) per ciascun giorno di campionamento. Da questi ultimi sono stati ricavati i livelli equivalenti diurno e notturno, relativi ad ogni periodo di misura (in genere una settimana). Per livello equivalente relativo al periodo notturno di ogni singolo giorno, si intende il periodo che va dalle ore 22.00 alle 24.00 di quel giorno e dalle 00.00 e le 06.00 del successivo.

I valori medi sui periodi di misura, sono stati arrotondati a 0,5 dB(A), come previsto dal DPCM 16/3/98, allegato B, parte 3.

Riferimenti normativi

La Legge Quadro n. 447 del 26 ottobre 1995 definisce i concetti fondamentali, stabilisce le competenze dello stato e degli enti locali in materia di inquinamento acustico e demanda la trattazione specifica delle singole sorgenti di rumore, l'assegnazione dei limiti e il delineamento delle tecniche di misura a successivi decreti attuativi.

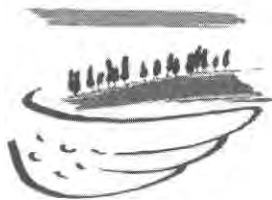
In particolare la Legge n. 447/95 definisce i seguenti valori limite:

Valori limite di emissione: il valore massimo di rumore che può essere emesso da una sorgente sonora, misurato in prossimità della sorgente stessa;

Valori limite di immissione: il valore massimo di rumore che può essere emesso da una o più sorgenti sonore nell'ambiente abitativo o nell'ambiente esterno, misurato in prossimità dei ricettori;

Valori di attenzione: il valore di rumore che segnala la presenza di un potenziale rischio per la salute umana e per l'ambiente;

Valori di qualità: i valori di rumore da conseguire nel breve, nel medio e nel lungo



periodo con le tecnologie e le metodiche di risanamento disponibili, per realizzare gli obiettivi di tutela previsti dalla legge.

I valori limite di immissione sono distinti in *assoluti* e *differenziali*. I primi sono determinati con riferimento al livello equivalente di rumore ambientale e i secondi con riferimento alla differenza tra il livello equivalente di rumore ambientale e il rumore residuo.

Nel D.P.C.M. 14/11/97 (attuativo della Legge Quadro), intitolato "*Determinazione dei valori limite delle sorgenti sonore*", vengono fissati i valori numerici di tali limiti, riferiti alle varie classi di destinazione d'uso del territorio, e viene specificato che: i livelli di rumore da confrontare con i *valori limite di emissione* devono essere misurati in corrispondenza degli spazi utilizzati da persone e comunità;

i *valori limite assoluti di immissione* sono riferiti al rumore immesso nell'ambiente esterno dall'insieme di tutte le sorgenti. Tali valori limite non si applicano al rumore prodotto dalle infrastrutture stradali, ferroviarie, marittime e aeroportuali, all'interno delle rispettive fasce di pertinenza, individuate dai relativi decreti attuativi, mentre all'esterno di tali fasce, dette sorgenti concorrono al raggiungimento dei limiti assoluti di immissione.

il valore numerico dei *valori di attenzione* per ciascuna zona - valutato come livello continuo equivalente di pressione sonora ponderata "A" - è pari al limite assoluto di immissione se il parametro Leq è riferito al tempo a lungo termine (T_L), multiplo intero del periodo di riferimento diurno (6:00 - 22:00) o notturno (22:00 - 6:00), ovvero pari al valore limite assoluto aumentato di 10 dB(A) di giorno e 5 dB(A) la notte se il Leq è riferito ad un'ora. Il superamento anche di uno solo dei suddetti valori comporta l'adozione dei piani di risanamento di cui all'art.7 della Legge 447 del 26 ottobre 1995. i valori limite differenziali non si applicano alle infrastrutture dei trasporti.

Nelle tabelle che seguono vengono indicate le classi di zonizzazione acustica in cui deve essere suddiviso il territorio comunale (TABELLA 1) e sono riportati i relativi *valori limite di emissione* (TABELLA 2) e *valori limite assoluti di immissione* (TABELLA 3).

Come previsto dal comma 1 dell'art. 8 del DPCM 14.11.97, in attesa che i comuni provvedano alla zonizzazione acustica del territorio - si ricorda che i comuni di Pietrasanta e Camaiore devono ancora effettuarla - restano in vigore i *limiti di accettabilità* indicati dall'art. 6 del DPCM 1.3.91, che sono attribuiti alle varie zone indicate dai piani regolatori comunali (vedi TABELLA 4).

Oltre ai sopra citati valori limite, il DPCM 14.11.97 fissa anche i *valori limite differenziali di immissione* di 5 e di 3 dB(A), rispettivamente per il *tempo di riferimento* diurno e per quello notturno, che si applicano in *ambiente abitativo*. Tale decreto indica due soglie per ciascun periodo (art. 4), una da raggiungere a finestra aperta (50 dB(A) per il periodo di riferimento diurno e 40 dB(A) per quello notturno) e l'altra da raggiungere a finestra chiusa (35 dB(A) e 25 dB(A) per gli stessi periodi), sotto le quali non si applica il



criterio differenziale stesso. In pratica, per applicare tale criterio (che consiste nella valutazione della differenza tra il *rumore ambientale* e il *rumore residuo*) deve essere superata almeno una delle due soglie indicate per un certo *tempo di riferimento*.

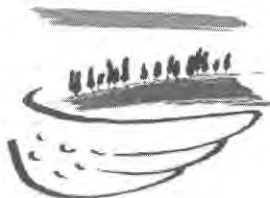
La suddetta Legge Quadro (all'art. 8, comma 4), stabilisce che: *Le domande per il rilascio di concessioni edilizie relative a nuovi impianti ed infrastrutture adibite ad attività produttive - (omiss) - devono contenere una documentazione di previsione di impatto acustico.*

Nel Decreto del Ministero dell'Ambiente 11.12.96 su "*Applicazione del criterio differenziale per gli impianti a ciclo produttivo continuo*", all'art. 2, lettere a) e b), viene definito l'impianto a ciclo produttivo continuo come:

- a) *quello di cui non è possibile interrompere l'attività senza provocare danni all'impianto stesso, pericolo di incidenti e alterazioni del prodotto o per necessità di continuità finalizzata a garantire l'erogazione di un servizio pubblico essenziale;*
- b) *quello il cui esercizio è regolato da contratti collettivi nazionali di lavoro o da norme di legge, sulle ventiquattro ore per cicli settimanali, fatte salve esigenze di manutenzione.*

Sempre il suddetto DM 11.12.96, al comma 1 dell'art. 3 recita che: "*...gli impianti a ciclo produttivo continuo esistenti sono soggetti*" al criterio differenziale "*quando non siano rispettati i valori assoluti di immissione come definiti all'art. 2, comma 1, lettera f)*" della legge quadro sull'inquinamento acustico. Lo stesso decreto, al successivo comma 2 dell'art. 3 afferma, inoltre, che "*... per gli impianti a ciclo produttivo continuo, realizzati dopo l'entrata in vigore del presente decreto, il rispetto del limite differenziale è condizione necessaria per il rilascio della relativa concessione*".

Quindi l'impianto di termocombustione di Falascaia deve rispettare i limiti differenziali di immissione.



ARPAT

Agenzia regionale per la protezione ambientale della Toscana
DIPARTIMENTO PROVINCIALE DI LUCCA
55100 LUCCA Via A. Vallisneri, 6 - Tel. 0583 958711 Fax 0583 958720
P.I. e C.F.: 04686190481

TABELLA 1 = Classi Acustiche in cui deve essere suddiviso il territorio comunale (DPCM 14/11/97: Allegati - Tabella A)

CLASSE I – Aree particolarmente protette: rientrano in questa classe le aree nelle quali la quiete rappresenta un elemento base per la loro utilizzazione: aree ospedaliere, scolastiche, aree destinate al riposo e allo svago, aree residenziali rurali, aree di particolare interesse urbanistico, parchi pubblici ecc.

CLASSE II – Aree destinate ad uso prevalentemente residenziale: rientrano in questa classe le aree urbane interessate prevalentemente da traffico veicolare locale, con bassa densità di popolazione, con limitata presenza di attività commerciali e assenza di attività artigianali.

CLASSE III – Aree di tipo misto: rientrano in questa classe le aree urbane interessate da traffico veicolare locale o di attraversamento, con media densità di popolazione, con presenza di attività commerciali, uffici, con limitata presenza di attività artigianali e assenza di attività industriali; aree rurali interessate da attività che impiegano macchine operatrici.

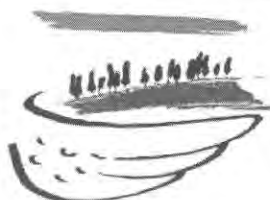
CLASSE IV – Aree di intensa attività umana: rientrano in questa classe le aree urbane interessate da intenso traffico veicolare, con alta densità di popolazione, con elevata presenza di attività commerciali e uffici, con presenza di attività artigianali; le aree in prossimità di strade di grande comunicazione e di linee ferroviarie; le aree portuali, le aree con limitata presenza di piccole industrie.

CLASSE V – Aree prevalentemente industriali: rientrano in questa classe le aree interessate da insediamenti industriali e con scarsità di abitazioni.

CLASSE VI – Aree esclusivamente industriali: rientrano in questa classe le aree interessate esclusivamente da attività industriali e prive di insediamenti abitativi.

TABELLA 2 = Valori limite di emissione (D.P.C.M. 14.11.97 – allegati: Tabella B)

Classi di destinazione d'uso del territorio	Limite diurno (6-22)	Limite notturno (22-6)
	Leq [dB(A)]	Leq [dB(A)]
Classe I - Aree particolarmente protette	45	35
Classe II - Aree prevalentemente residenziali	50	40
Classe III - Aree di tipo misto	55	45
Classe IV - Aree di intensa attività umana	60	50
Classe V - Aree prevalentemente industriali	65	55
Classe VI - Aree esclusivamente industriali	65	65



ARPAT

Agenzia regionale per la protezione ambientale della Toscana

DIPARTIMENTO PROVINCIALE DI LUCCA

55100 LUCCA Via A. Vallisneri, 6 - Tel. 0583 958711 Fax 0583 958720

P.I. e C.F.: 04686190481

TABELLA 3 = Valori limite assoluti di immissione (D.P.C.M. 14.11.97 – allegati: Tabella C)

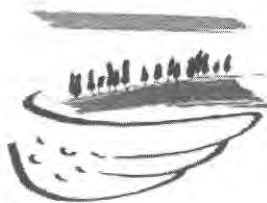
Classi di destinazione d'uso del territorio	Limite diurno (6-22) Leq [dB(A)]	Limite notturno (22-6) Leq [dB(A)]
Classe I - Aree particolarmente protette	50	40
Classe II - Aree prevalentemente residenziali	55	45
Classe III - Aree di tipo misto	60	50
Classe IV - Aree di intensa attività umana	65	55
Classe V - Aree prevalentemente industriali	70	60
Classe VI - Aree esclusivamente industriali	70	70

TABELLA 4 = Limiti di accettabilità (art. 6 del D.P.C.M. 1.3.91)

Classi di destinazione d'uso	Limite diurno (6-22) Leq [dB(A)]	Limite notturno (22-6) Leq [dB(A)]
Tutto il territorio nazionale	70	60
Zona A (D.M. 1444/68)	65	55
Zona B (D.M. 1444/68)	60	50
Zona esclusivamente industriale	70	70

Risultati delle misure.

Dall'elaborazione dei dati acquisiti durante i monitoraggi acustici in continuo nelle suddette postazioni, sono stati ottenuti i valori mostrati nelle seguenti tabelle contrassegnate con la lettera a). Nelle tre tabelle indicate con la lettera b) si riportano i risultati delle misure effettuate lo scorso anno nelle postazioni indicate che sono, se non coincidenti, vicine alle attuali.



ARPAT

Agenzia regionale per la protezione ambientale della Toscana

DIPARTIMENTO PROVINCIALE DI LUCCA

55100 LUCCA Via A. Vallisneri, 6 - Tel. 0583 958711 Fax 0583 958720

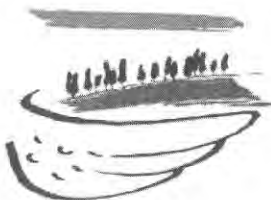
P.I. e C.F.: 04686190481

Tabella 1 a) Monitoraggio acustico eseguito, nel periodo compreso tra le ore 06.00 di mercoledì 18 e le ore 06.00 di mercoledì 25 giugno 2003, nel giardino del sig. *Vizzoni Mario*, residente in via Arginvecchio, 6/A – fraz. Capezzano Pianore – Camaiore (LU), a circa 400 m a sud-est dell'impianto.

Data	Giorno	Leq(A) Diurno (6 – 22)	Leq(A) Notturmo (22 – 6)
18/06	Me	52,7	47,7
19/06	Gi	51,3	50,2
20/06	Ve	54,2	51,2
21/06	Sa	51,1	49,9
22/06	Do	49,3	49,5
23/06	Lu	51,3	49,7
24/06	Ma	52,3	49,5
Leq(A) settimana		52,0	50,0

Tabella 1 b) Monitoraggio acustico eseguito, nel periodo compreso tra le ore 22.00 di martedì 11 e le ore 06.00 di lunedì 17 giugno 2002, nel giardino del sig. *Vizzoni Mario*, residente in via Arginvecchio, 6/A – fraz. Capezzano Pianore – Camaiore (LU), a circa 400 m a sud-est dell'impianto.

Data	Giorno	Leq(A) Diurno (6 – 22)	Leq(A) Notturmo (22 – 6)
11/06	Ma		50,6
12/06	Me	52,9	50,5
13/06	Gi	52,9	49,9
14/06	Ve	52,9	51,1
15/06	Sa	53,0	50,7
16/06	Do	52,3	50,3
Leq(A) periodo		53,0	50,5



ARPAT

Agenzia regionale per la protezione ambientale della Toscana

DIPARTIMENTO PROVINCIALE DI LUCCA

55100 LUCCA Via A. Vallisneri, 6 - Tel. 0583 958711 Fax 0583 958720

P.I. e C.F.: 04686190481

Tabella 2 a) Monitoraggio acustico eseguito, nel periodo compreso tra le ore 06.00 di domenica 6 e le ore 06.00 di domenica **13 luglio 2003**, nel giardino dell'abitazione del Sig. *Giannini Piero*, residente in via del Padule, 45 – loc. Falascaia – Pietrasanta (LU), a circa 400 m in linea d'aria ad ovest dell'impianto.

Data	Giorno	Leq(A) Diurno (6 – 22)	Leq(A) Notturmo (22 – 6)
18/06	Do	58,7	55,2
19/06	Lu	59,9	54,2
20/06	Ma	60,1	53,3
21/06	Me	59,2	54,8
22/06	Gi	59,2	53,1
23/06	Ve	59,8	52,6
24/06	Sa	59,0	53,4
Leq(A) settimana		59,5	54,0

Tabella 2 b) Monitoraggio acustico eseguito, nel periodo compreso tra le ore 22.00 di martedì 18 e le ore 06.00 di martedì **25 giugno 2002**, nel giardino dell'abitazione del Sig. *Navari Franco*, residente in via del Padule, 43 – loc. Falascaia – Pietrasanta (LU), a circa 400 m in linea d'aria a nord-ovest dell'impianto.

Data	Giorno	Leq(A) Diurno (6 – 22)	Leq(A) Notturmo (22 – 6)
18/06	Ma		50,3
19/06	Me	52,3	50,5
20/06	Gi	52,5	47,8
21/06	Ve	52,0	50,2
22/06	Sa	52,0	48,7
23/06	Do	49,5	50,3
24/06	Lu	51,7	48,5
Leq(A) periodo		52,0	49,5



ARPAT

Agenzia regionale per la protezione ambientale della Toscana

DIPARTIMENTO PROVINCIALE DI LUCCA

55100 LUCCA Via A. Vallisneri, 6 - Tel. 0583 958711 Fax 0583 958720

P.I. e C.F.: 04686190481

Tabella 3 a) Monitoraggio acustico eseguito, nel periodo compreso tra le ore 22.00 di lunedì 9 e le ore 06.00 di lunedì **16 giugno 2003**, nel giardino dell'azienda agricola Farnararo, ubicata in via delle Colmate, 11 – loc. Falascaia – Pietrasanta (LU), a circa **50 m** ad ovest dell'impianto.

Data	Giorno	Leq(A) Diurno (6 – 22)	Leq(A) Notturmo (22 – 6)
09/06	Lu	58,9	59,0
10/06	Ma	59,4	58,2
11/06	Me	59,0	59,0
12/06	Gi	58,9	59,0
13/06	Ve	60,4	59,3
14/06	Sa	60,2	59,0
15/06	Do	58,7	58,7
Leq(A) settimana		59,5	59,0

Tabella 3 b) Monitoraggio acustico eseguito, nel periodo compreso tra le ore 22.00 di martedì 25 e le ore 06.00 di venerdì **28 giugno 2002**, nel giardino dell'azienda agricola Farnararo, ubicata in via delle Colmate, 11 – loc. Falascaia – Pietrasanta (LU), a circa **100 m** ad ovest dell'impianto.

Data	Giorno	Leq(A) Diurno (6 – 22)	Leq(A) Notturmo (22 – 6)
25/06	Ma		55,4
26/06	Me	56,0	55,4
27/06	Gi	55,3	55,8
Leq(A) periodo		55,5	55,5

Tabella 4 a) Monitoraggio acustico eseguito a 4 metri di altezza dal suolo, nel periodo compreso tra le ore 22.00 di martedì 1 e le ore 06.00 di martedì **8 luglio 2003**, nel giardino dell'abitazione del Sig. *Del Signore Giovanni*, ubicata in via Fonda – loc. Falascaia – Pietrasanta (LU), a circa 300 m a nord-ovest dell'impianto.

Data	Giorno	Leq(A) Diurno (6 – 22)	Leq(A) Notturmo (22 – 6)
01/07	Ma	57,0	51,8
02/07	Me	57,6	51,4
03/07	Gi	53,5	50,6
04/07	Ve	54,2	52,9



ARPAT

Agenzia regionale per la protezione ambientale della Toscana

DIPARTIMENTO PROVINCIALE DI LUCCA

55100 LUCCA Via A. Vallisneri, 6 - Tel. 0583 958711 Fax 0583 958720

P.I. e C.F.: 04686190481

05/07	Sa	54,7	51,5
06/07	Do	52,9	51,0
07/07	Lu	54,1	52,5
Leq(A) settimana		55,0	51,5

Tabella 5a) Monitoraggio acustico eseguito nel periodo compreso tra le ore 22.00 di martedì 4 e le ore 22.00 di lunedì 10 **novembre 2003**, nel cortile antistante l'abitazione della sig.ra Silvina Sprevkina ubicata in via del Padule, 58- loc. Falascaia - Pietrasanta (LU), a circa 630 m di distanza dall'impianto.

Data	Giorno	Leq(A) Diurno (6 - 22)	Leq(A) Notturmo (22 - 6)
04/11	Ma	56,5	49,0
05/11	Me	56,5	48,5
06/11	Gi	57,5	49,0
07/11	Ve	58,5	50,0
08/11	Sa	57,5	49,0
09/11	Do	52,0	47,0
10/11	Lu	56,5	49,5
Leq(A) settimana		57,0	49,0

Valutazioni

L'impianto di produzione di energia elettrica di Falascaia è un'attività industriale, quindi, ai fini della zonizzazione acustica del territorio comunale, la zona che lo circonda dovrà essere inserita in classe IV (*aree di intensa attività umana*). Le postazioni di via Arginvecchio (Camaiole), di via del Padule e di via Fonda (Pietrasanta), si trovano ad una distanza dall'impianto sufficientemente elevata (circa 300-400 m) da poter essere inserite in una classe III (*aree di tipo misto*). Tale classe è giustificata anche dalla destinazione d'uso del territorio che è agricola. La postazione di via delle Colmate (Pietrasanta), ossia l'azienda agricola Farnararo, verrà molto probabilmente inserita nell'area di classe IV che comprende l'impianto di termocombustione.

Per la classe IV sono previsti *valori limite assoluti di immissione* di 65 dB(A) per il periodo di riferimento diurno e 55 dB(A) per quello notturno e *valori limite di emissione* di 60 dB(A) e 50 dB(A) relativamente agli stessi periodi.

Per la classe III sono previsti *valori limite assoluti di immissione* di 60 dB(A) per il periodo di riferimento diurno e 50 dB(A) per quello notturno e *valori limite di emissione* di 55 dB(A) e 45 dB(A) relativamente agli stessi periodi.

Dall'esame dei risultati delle attuali misure di rumore ambientale si possono fare le seguenti considerazioni:

- nella zona di via Arginvecchio (postazione "Vizzoni" a sud-est dell'impianto) la situazione non



è cambiata rispetto allo scorso anno;

- nella zona di via del Padule la nuova postazione ("Giannini") risulta esposta a livelli più alti di quella dello scorso anno ("Navari") poiché si trova sull'incrocio di via del Padule con via delle Colmate e risente più pesantemente del traffico veicolare; tuttavia, andando ad esaminare i livelli statistici registrati, si nota come i livelli L90, L95 ed L99 (indicatori di rumore continuo) siano pressoché invariati nelle due campagne di misura. Anche per questa zona la situazione risulta invariata;
- la nuova postazione da "Farnararo" è molto vicina al confine di proprietà e prospiciente la parte dell'impianto al piano terra dove furono effettuati i primi interventi di insonorizzazione, inoltre, essendo schermata da un capannone in muratura, non è influenzata dai rumori provocati dall'attività dell'azienda agricola; i valori registrati ci danno con buona approssimazione il valore del livello di emissione dell'impianto che, nel periodo notturno, supera i limiti della classe V;
- rispetto allo scorso anno si è aggiunta un'ulteriore postazione di misura a seguito della ristrutturazione di un vecchio fabbricato (postazione "Del Signore") che presenta un'ampia terrazza al primo piano, per questo motivo il microfono è stato posto ad una altezza di 4 m dal suolo. In questa postazione i livelli misurati superano, nel periodo notturno, i limiti di emissione della classe IV e di immissione della classe III.
- I livelli di rumore misurati nella postazione "Spravkin" rispettano i vigenti limiti. Bisogna comunque considerare che gli sfiati di vapore, che si verificano "occasionalmente" nella parte laterale dell'impianto, risultano particolarmente disturbanti. Da un'osservazione diretta di tale fenomeno, in un momento in cui erano presenti i tecnici nella postazione di misura, è stato verificato che il valore istantaneo rilevato si attestava sui 52-53 dB(A). Si può pertanto affermare che quasi sicuramente il livello di rumore prodotto da tale sfiato provoca il superamento del valore limite differenziale di immissione, nel periodo di riferimento notturno.

Gli interventi di insonorizzazione a suo tempo effettuati nella parte in basso della struttura che ospita l'impianto di termocombustione, non sono sufficienti per assicurare il rispetto dei limiti della classe IV nella quale, molto probabilmente, verrà inserita l'azienda (vedi postazione "Farnararo").

Conclusioni

Poiché le classi acustiche di suddivisione del territorio comunale (sia di Pietrasanta che di Camaiore) con i relativi limiti, avranno validità solo dopo l'entrata in vigore della zonizzazione effettuata dai comuni, fino ad allora sono validi i *limiti di accettabilità* indicati dall'art. 6 del DPCM 1.3.91 (le quattro postazioni esaminate si trovano in aree definite "Tutto il territorio nazionale" con limiti di 70 dB(A) diurni e 60 dB(A) notturni), che sono rispettati in tutti i casi esaminati.

Si ricorda che ai sensi del Decreto del Ministero dell'Ambiente 11.12.96, citato nei riferimenti normativi allegati, l'impianto di termocombustione di Falascaia deve rispettare i *limiti differenziali di immissione*.



Si rendono quindi necessarie ulteriori opere di insonorizzazione miranti alla riduzione del rumore trasmesso alle abitazioni circostanti, tenendo conto della distanza dei ricettori e della morfologia del territorio.

Impianto di compostaggio ubicato in località Pioppogatto (Massarosa)

Per la parte normativa si faccia riferimento a quanto sopra relativo all'area di Falascaia. È stata effettuata una nuova indagine per quantificare l'entità dell'inquinamento acustico prodotto dal funzionamento dell'impianto di compostaggio ubicato in Loc. Pioppogatto – Massarosa (LU) e dal traffico, soprattutto pesante, circolante sulla strada di collegamento tra via di Montramito e l'impianto stesso, ossia su via Fattoria Vagelli. Il precedente monitoraggio acustico era stato eseguito dal 29 aprile al 22 maggio 2002.

Il monitoraggio acustico in continuo è stato eseguito in ambiente esterno utilizzando un laboratorio mobile, dotato di fonometro integratore Larson Davis mod. 870 e in un sistema microfonico per esterni Larson Davis mod. 2100K (certificato di taratura n. S3710/01 042 del 26/7/01), che è stato posizionato in una piazzola situata sul lato mare della suddetta via. Chi proviene da via di Montramito e si dirige verso l'impianto di compostaggio, incontra la piazzola in questione dopo il numero civico 176. La postazione di misura si trovava a una distanza di circa 210 m dalle abitazioni più vicine e a circa 160 m dall'impianto di compostaggio e risultava il posto più vicino alle abitazioni dove fosse possibile collocare il laboratorio mobile per i rilevamenti fonometrici in continuo.

Risultati delle misure eseguite

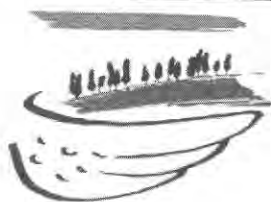
Dall'elaborazione dei dati acquisiti durante il periodo di monitoraggio acustico in continuo, sono stati ottenuti i valori riportati nelle seguenti tabelle:

Tabella I: Settimana compresa tra le ore 06.00 di mercoledì 9 e le ore 06.00 di mercoledì 16 luglio 2003.

Data	Giorno	Leq(A) Diurno (6 – 22)	Leq(A) Notturmo (22 – 6)
09/07	Me	59,7	50,4
10/07	Gi	59,5	55,9
11/07	Ve	59,4	50,4
12/07	Sa	58,5	51,3

Tabella II: Settimana compresa tra le ore 06.00 di mercoledì 16 e le ore 06.00 di mercoledì 23 luglio 2003.

Data	Giorno	Leq(A) Diurno (6 – 22)	Leq(A) Notturmo (22 – 6)
16/07	Me	60,4	52,0
17/07	Gi	59,7	50,8
18/07	Ve	58,4	52,9
19/07	Sa	58,4	51,8



ARPAT

Agenzia regionale per la protezione ambientale della Toscana

DIPARTIMENTO PROVINCIALE DI LUCCA

55100 LUCCA Via A. Vallisneri, 6 - Tel. 0583 958711 Fax 0583 958720

P.I. e C.F.: 04686190481

13/07 Do	56,7	52,1
14/07 Lu	63,9	49,0
15/07 Ma	58,8	50,7
Leq(A) settimana	60,0	52,0

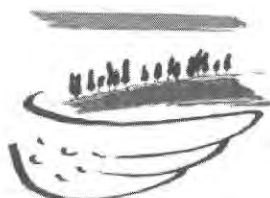
20/07 Do	56,4	51,8
21/07 Lu	60,0	51,3
22/07 Ma	59,1	51,6
Leq(A) settimana	59,0	52,0

Tabella III: Settimana compresa tra le ore 06.00 di mercoledì 23 e le ore 06.00 di mercoledì 30 luglio 2003.

Data	Giorno	Leq(A) Diurno (6 - 22)	Leq(A) Notturmo (22 - 6)
23/07 Me		63,4	50,8
24/07 Gi		59,0	52,4
25/07 Ve		59,3	50,7
26/07 Sa		59,2	50,5
27/07 Do		56,6	50,2
28/07 Lu		59,1	50,2
29/07 Ma		58,7	50,8
Leq(A) settimana		60,0	51,0

Tabella IV: Settimana compresa tra le ore 06.00 di mercoledì 30 luglio e le ore 06.00 di mercoledì 6 agosto 2003.

Data	Giorno	Leq(A) Diurno (6 - 22)	Leq(A) Notturmo (22 - 6)
30/07 Me		58,4	50,5
31/07 Gi		62,7	50,6
01/08 Ve		59,0	49,8
02/08 Sa		58,5	49,2
03/08 Do		56,9	49,3
04/08 Lu		59,1	51,9
05/08 Ma		58,5	50,5
Leq(A) settimana		59,5	50,5



ARPAT

Agenzia regionale per la protezione ambientale della Toscana

DIPARTIMENTO PROVINCIALE DI LUCCA

55100 LUCCA Via A. Vallisneri, 6 - Tel. 0583 958711 Fax 0583 958720

P.I. e C.F.: 04686190481

Tabella V: Settimana compresa tra le ore 06.00 di mercoledì 6 e le ore 06.00 di mercoledì 13 agosto 2003.

Data	Giorno	Leq(A) Diurno (6 - 22)	Leq(A) Notturmo (22 - 6)
06/08	Me	59,5	51,1
07/08	Gi	58,3	50,2
08/08	Ve	59,7	52,4
09/08	Sa	58,9	50,0
10/08	Do	56,8	50,1
11/08	Lu	59,6	49,6
12/08	Ma	58,6	48,3
Leq(A) settimana		59,0	50,5

Tabella VI: Settimana compresa tra le ore 06.00 di mercoledì 13 e le ore 06.00 di mercoledì 20 agosto 2003.

Data	Giorno	Leq(A) Diurno (6 - 22)	Leq(A) Notturmo (22 - 6)
13/08	Me	58,5	47,9
14/08	Gi	59,8	48,2
15/08	Ve	57,1	45,5
16/08	Sa	58,4	48,7
17/08	Do	55,8	50,5
18/08	Lu	58,7	47,7
19/08	Ma	58,4	47,8
Leq(A) settimana		58,0	48,5

Il monitoraggio acustico in continuo è stato eseguito in ambiente esterno utilizzando un laboratorio mobile che è stato posizionato in una piazzola situata sul lato mare della suddetta via. Chi proviene da via di Montramito e si dirige verso l'impianto di compostaggio, incontra la piazzola in questione dopo il numero civico 176. La postazione di misura si trova a una distanza di circa 210 m dalle abitazioni più vicine e a circa 160 m dall'impianto di compostaggio ed è risultato il posto più vicino alle abitazioni dove fosse possibile collocare il laboratorio mobile per i rilevamenti fonometrici in continuo.

Valutazioni

La zona di Pioppogatto, data la destinazione d'uso prevalentemente agricola con presenza di attività artigianali, dovrebbe essere inserita, dalla futura zonizzazione acustica del territorio comunale, in classe III (*aree di tipo misto*), con l'eccezione dell'area immediatamente circostante l'impianto di compostaggio, che essendo un'attività industriale, non può essere posto in una classe acustica inferiore alla IV (*Aree di intensa attività umana*). Il punto di misura è sufficientemente distante dall'impianto, da poter rientrare in una zona classe III, per la quale sono previsti *valori limite assoluti di immissione* di 60 dB(A) per il periodo di riferimento diurno e 50 dB(A) per quello notturno e *valori limite di emissione* di 55 dB(A) e 45 dB(A) relativamente agli stessi periodi.

I valori medi settimanali del livello equivalente diurno, ricavati dai dati acquisiti durante le settimane di campionamento, rispettano sempre il limite di immissione diurno di 60 dB(A), mentre i corrispondenti valori del Leq notturno in qualche caso superano di poco il limite di 50 dB(A).

I livelli statistici che indicano la rumorosità di fondo, l'L90, l'L95 e l'L99, si mantengono quasi costanti, indipendentemente dal periodo di riferimento, diurno o notturno. Questo perché l'impianto di aspirazione dell'aria e abbattimento degli odori, asservito al capannone del compostaggio, rimane in funzione 24 ore su 24 e produce un rumore continuo. Il Leq notturno di 50 dB(A), poichè nella



ARPAT

Agenzia regionale per la protezione ambientale della Toscana

DIPARTIMENTO PROVINCIALE DI LUCCA

55100 LUCCA Via A. Vallisneri, 6 - Tel. 0583 958711 Fax 0583 958720

P.I. e C.F.: 04686190481

zona non sono presenti altre sorgenti di rumore, è attribuibile all'impianto suddetto, e risulterebbe superiore al limite di emissione notturno di 45 dB(A). Bisogna però tenere presente che i valori di Leq da confrontare con i limiti di emissione vanno misurati in corrispondenza degli spazi utilizzati da persone o comunità (vedi riferimenti normativi), che, in questo caso, sono a circa 160 m. È quindi presumibile, data la distanza e la presenza di alcune strutture schermanti (edifici, impianti), che il livello di rumore dovuto all'impianto di compostaggio, misurato in corrispondenza delle case, sia inferiore al limite di emissione di 45 dB(A) previsto per il periodo di riferimento notturno nelle aree di classe III.

Conclusioni

Il livello di rumore prodotto dall'impianto di compostaggio è generalmente non superiore ai limiti di immissione della classe III, salvo qualche lieve superamento nel periodo notturno e probabilmente anche a quelli di emissione della stessa classe.

Lucca 8.1.2004

Dott.ssa Claudia Balocchi

Resp. Sez. Agenti Fisici



ARPAT

Agenzia Regionale per la Protezione Ambientale della Toscana

Dipartimento Provinciale di Massa Carrara

Via del Patriota, 2 54100 Massa

Tel. : 0585-899411 Fax : 0585-47000

Rapporto di Prova N. 2003-2056

del 01/08/2003

Richiedente: ARPAT DI LUCCA

Cod.fiscale/Partita I.V.A.: 04686190481

Indirizzo: VIA A. VALLISNERI, 6 - LUCCA LUCCA

N° Registro: 1673 Anno: 2003 Data registrazione: 11/06/2003 Pratica N° 603

Campione di: TERRENO SEA/IAM LUCCA

Prelevato da: DP ARPA

Verb. Prelievo N°: 1390

del: 11/06/2003

Luogo Prelievo: NON DEFINITO - - -

Data del prelievo: 11/06/2003

Modalità di conservazione

Al trasporto: REFRIGERATA

Al prelievo: REFRIGERATA

In dipartimento: REFRIGERATA

Loc. esecuz. prova: ARPAT - Dipartimento Provinciale di Massa Carrara

Prova iniziata il: 11/07/2003

Conclusa il: 01/08/2003


Parametro	Metodo	Risultato	Unita di misura	Incertezza
IPA - TOTALI	MI/C/01/002	= 0,065	mg/Kg s.s.	
POLICLORODIBENZODIOSSINE + POLICLORODIBENZOFURANI (I- TEQ)	MI/C/01/001	= 0,0060	µg/Kg s.s.	0,0023

Esecutori delle Prove

SABRINA VERMIGLI

Responsabile supervisione tecnica

PAOLO ALTEMURA



ARPAT

Agenzia Regionale per la Protezione Ambientale della Toscana

Dipartimento Provinciale di Massa Carrara

Via del Patriota, 2 54100 Massa

Tel. : 0585-899411

Fax : 0585-47000

Rapporto di Prova N. 2003-2056

del 01/08/2003

Note alla prova: Sono stati osservati i seguenti recuperi:

2,3,7,8-TCDD = 83.4 %	2,3,7,8-TCDF = 77.6 %
1,2,3,7,8-PeCDD = 66.0 %	1,2,3,7,8-PeCDF = 73.2 %
1,2,3,4,7,8-ExCDD = 63.0 %	2,3,4,7,8-PeCDF = 68.3 %
1,2,3,6,7,8-ExCDD = 74.4 %	1,2,3,4,7,8-ExCDF = 72.3 %
1,2,3,7,8,9-ExCDD = 76.2 %	1,2,3,6,7,8-ExCDF = 81.9 %
1,2,3,4,6,7,8-EpCCD = 64.6 %	1,2,3,7,8,9-ExCDF = 81.9 %
OCDD = 70.7 %	2,3,4,6,7,8-ExCDF = 81.9 %
	1,2,3,4,6,7,8-EpCDF = 80.7 %
	1,2,3,4,7,8,9-EpCDF = 65.4 %
	OCDF = 86.0 %

I valori dei risultati sono garantiti nei limiti di ripetibilità del metodo.

Il presente Rapporto di Prova si riferisce esclusivamente al campione sottoposto a prova e non può essere riprodotto parzialmente senza l'autorizzazione del Dipartimento ARPAT

Responsabile U.O.

Responsabile U.O. Bonifiche ambientali

Dr. Carlo Righini



ARPAT

Agenzia Regionale per la Protezione Ambientale della Toscana

Dipartimento Provinciale di Massa Carrara

Via del Patriota, 2 54100 Massa

Tel. : 0585-899411

Fax : 0585-47000

Rapporto di Prova N. 2003-2057

del 01/08/2003

Richiedente: ARPAT DI LUCCA

Cod.fiscale/Partita I.V.A.: 04686190481

Indirizzo: VIA A. VALLISNERI, 6 - LUCCA LUCCA

N° Registro: 1674 Anno: 2003 Data registrazione: 11/06/2003 Pratica N° 603

Campione di: TERRENO NOA/AM LUCCA

Prelevato da: DP ARPA

Verb. Prelievo N°: 1406

del: 11/06/2003

Luogo Prelievo: NON DEFINITO - - -

Data del prelievo: 11/06/2003

Modalità di conservazione

Al trasporto: REFRIGERATA

Al prelievo: REFRIGERATA

In dipartimento: REFRIGERATA

Loc. esecuz. prova: ARPAT - Dipartimento Provinciale di Massa Carrara

Prova iniziata il: 11/07/2003

Conclusa il: 01/08/2003

Parametro	Metodo	Risultato	Unità di misura	Incertezza
IPA - TOTALI	MI/C/01/002	= 0,090	mg/Kg s.s.	
POLICLORODIBENZODIOSSINE + POLICLORODIBENZOFURANI (I- TEQ)	MI/C/01/001	= 0,0017	µg/Kg s.s.	0,0006

Esecutori delle Prove

SABRINA VERMIGLI

Responsabile supervisione tecnica

PAOLO ALTEMURA



ARPAT

Agenzia Regionale per la Protezione Ambientale della Toscana

Dipartimento Provinciale di Massa Carrara

Via del Patriota, 2 54100 Massa

Tel. : 0585-899411

Fax : 0585-47000

Rapporto di Prova N. 2003-2057

del 01/08/2003

Note alla prova: Sono stati osservati i seguenti recuperi:

2,3,7,8-TCDD = 50.8 %	2,3,7,8-TCDF = 41.8 %
1,2,3,7,8-PeCDD = 52.6 %	1,2,3,7,8-PeCDF = 57.2 %
1,2,3,4,7,8-ExCDD = 40.7 %	2,3,4,7,8-PeCDF = 52.7 %
1,2,3,6,7,8-ExCDD = 53.4 %	1,2,3,4,7,8-ExCDF = 50.1 %
1,2,3,7,8,9-ExCDD = 54.8 %	1,2,3,6,7,8-ExCDF = 62.7 %
1,2,3,4,6,7,8-EpCCD = 55.8 %	1,2,3,7,8,9-ExCDF = 62.7 %
OCDD = 54.6 %	2,3,4,6,7,8-ExCDF = 62.7 %
	1,2,3,4,6,7,8-EpCDF = 63.6 %
	1,2,3,4,7,8,9-EpCDF = 47.3 %
	OCDF = 64.9 %

I valori dei risultati sono garantiti nei limiti di ripetibilità del metodo.

Il presente Rapporto di Prova si riferisce esclusivamente al campione sottoposto a prova e non può essere riprodotto parzialmente senza l'autorizzazione del Dipartimento ARPAT

Responsabile U.O.

Responsabile U.O. Bonifiche/ambientali

Dr. Carlo Righini

STIMA APPROSSIMATIVA DELLA QUANTITA' DI PERCOLATO DELLA DISCARICA DI FALASCAIA

Per poter stimare la quantità di percolato che poteva essere presente all'interno del corpo dei rifiuti prima della messa in sicurezza permanente, devono essere presi in considerazione i seguenti dati:

1. configurazione dell'ammasso dei rifiuti, in termini di volume totale e di volumi parziali delle diverse tipologie di rifiuti, superficie occupata e profilo longitudinale e trasversale del cumulo
2. valori di porosità delle diverse tipologie di rifiuti (essenzialmente ceneri e scorie di inceneritore, secondariamente RSU)
3. Misure dei livelli di percolato all'interno dell'ammasso dei rifiuti

1) Relativamente al primo aspetto, si fa riferimento a quanto riportato nel "Progetto esecutivo della bonifica ambientale della discarica" (Giugno 1994), da cui risulta la seguente tipologia di rifiuti con i rispettivi volumi parziali:

- | | |
|--|--------------------|
| - Materiali assimilabili agli urbani: | pochi mc |
| - Materiali inerti quali vetro, materiali lapidei e terreno di riporto: | 1.500-2.000 mc |
| - Rifiuti speciali non tossici e nocivi (ceneri e scorie): | 120.000-150.000 mc |
| - RSU in stato di avanzata mineralizzazione e prevalentemente costituiti da plastica, residui metallici, residui cellulosici | 20.000-30.000 mc |

Facendo riferimento ai valori medi, si può presumere un **volume totale** di rifiuti pari a circa 162.000 mc. Si fa presente che tali dati si riferiscono alla situazione pre-bonifica quando i rifiuti erano distribuiti su tutta l'area, compresa quella antistante il vecchio inceneritore. Non è noto se una parte dei rifiuti sia stata rimossa dal sito durante le operazioni di rimodellamento, propedeutiche alla messa in sicurezza permanente; e in questo caso non si conoscerebbe il volume di rifiuti asportato dal sito.

Per quanto riguarda l'**area** occupata dall'ammasso dei rifiuti, si considera la configurazione finale del cumulo, ovvero quella successiva alla movimentazione dei rifiuti che ha portato alla formazione della collinetta oggetto poi della messa in sicurezza permanente. Nel "Progetto esecutivo della bonifica ambientale della discarica" (Giugno 1994) non viene indicata l'area interessata poi dalla cinturazione, ma viene indicata l'estensione della superficie occupata dai rifiuti prima dell'avvio delle operazioni di bonifica; per tale dato si parla di 20.000-25.000 mq. Per poter risalire alla estensione della zona oggetto di impermeabilizzazione, si è fatto riferimento alla Tavola 6.10 (Planimetria sistemazione finale) allegata al Progetto. Da tale cartografia risulta una superficie di circa 14.000 mq (13.880 mq).

Per quanto riguarda la **configurazione longitudinale e trasversale** dell'ammasso dei rifiuti, si considera quanto riportato nelle Tavole 6.11, 6.12, 6.13 e 6.14 allegate al Progetto, relative rispettivamente alla Sezione 1, 2, 3 e 4 della "sistemazione finale" prevista dal progetto.

2) Relativamente al secondo aspetto, si fa presente che durante l'esecuzione delle indagini, finalizzate al progetto di bonifica della discarica, non sono stati prelevati campioni dal corpo dei rifiuti (vd. Allegato n. 6 "Logs dei sondaggi e dei pozzi" del Programma di indagini); di conseguenza non sono state eseguite analisi geotecniche di laboratorio sui rifiuti, come risulta dall'Allegato n. 8 (Certificati delle analisi geotecniche di laboratorio) del "Programma di indagini stratigrafiche, idrogeologiche e geotecniche finalizzate al progetto di bonifica ambientale della discarica di Falascaia". Ne segue che i valori di porosità da attribuire ai rifiuti non derivano da dati sperimentali, ma da considerazioni di tipo qualitativo che tengono conto della granulometria delle diverse tipologie di rifiuti (essenzialmente ceneri e scorie) e di quanto riportato in bibliografia a proposito della porosità dei terreni in funzione della granulometria degli stessi.

A questo proposito va detto però che le ceneri e le scorie si differenziano da un punto di vista granulometrico e sarebbero quindi caratterizzate da valori diversi di porosità. Ma non conoscendo i volumi parziali delle ceneri e delle scorie, si è costretti a far riferimento al loro volume complessivo e ad attribuire a questo un valore di porosità intermedio fra quello delle ceneri e quello delle scorie, indipendentemente dal "peso" delle due tipologie di rifiuti sul volume totale.

Da quanto detto sopra e sulla base di dati bibliografici, si può attribuire al volume dei rifiuti costituito da ceneri e scorie (che rappresenta più del 80% del volume totale) un valore di **porosità** pari al 35%.

Non vengono considerate le altre tipologie di rifiuti, in primo luogo, perché rappresentano una minima parte rispetto al volume totale e, in secondo luogo, perché sono rifiuti eterogenei e quindi di difficile caratterizzazione granulometrica.

3) Relativamente al terzo aspetto, si fa presente che, durante le indagini geologiche per la messa in sicurezza della discarica, sono stati realizzati due sondaggi all'interno del corpo della discarica, S5 e S5bis, fino alla profondità rispettivamente di 15 e 52 m da p.c. In base a quanto riportato nella Relazione tecnica generale del progetto di bonifica, nonché nella Relazione tecnica "Programma di indagini stratigrafiche....." allegato n. 1 e nell'allegato n. 6 "Logs dei sondaggi e dei pozzi", risulta che nel sondaggio S5 è stato posizionato un piezometro filtrato nella zona torbosa e limo-torbosa, immediatamente soprastante lo strato sabbioso (acquifero principale); tale piezometro non raggiunge la falda idrica profonda, ma risulta drenare un orizzonte di acqua di dilavamento delle ceneri, idraulicamente separato dalle acque della falda acquifera sottostante. Le misure effettuate in corrispondenza di S5, relativamente alla profondità del livello idrico, possono essere considerate

rappresentative del livello di percolato all'interno della discarica. A tale proposito, nell'allegato N. 6 "Logs dei sondaggi e dei pozzi", vengono riportate tre misure di profondità del livello idrico in S5 che, riferite al livello del mare, sono pari a : **2,9 m slm** (10/03/94), **2,9 m slm** (17/03/94) e **2,82 m slm** (25/03/94). Anche nella relazione del 02/06/1994 "Indagine geologico-tecnica relativa al progetto di diaframma impermeabile da realizzarsi a monte della discarica di ceneri in località Falascaia, nel comune di Pietrasanta", viene dichiarato che "l'esecuzione del sondaggio S5, nel mezzo del corpo della discarica, ed in particolare l'allestimento del piezometro all'interno del foro realizzato, ha permesso di definire l'esistenza di percolato e il suo livello di assestamento a circa **7.94 m di profondità da p.c. (2,62 m slm)**".

Per quanto riguarda invece il piezometro S5bis, questo non permette di risalire alla quota del percolato, perché risulta filtrato tra -27 e -16 m p.c., all'interno della falda profonda.

Sulla base di quanto detto sopra, si può considerare la media (**2,81 m slm**) dei valori suddetti (2,9; 2,9; 2,82; 2,62 m slm) per stimare l'altezza del percolato all'interno dei rifiuti, in una situazione ante-operam.

Calcolo del volume di percolato

Sulla base delle Tavole 6.12, 6.13 e 6.14 allegate al Progetto, di cui al punto 1), è possibile valutare gli **spessori (H_i)** dei rifiuti immersi nel percolato, considerando la quota di 2,81 m s.l.m. corrispondente a quanto specificato al punto 3).

Viste le diverse quote topografiche del contatto limi-rifiuti, ciascuna delle tre sezioni è stata considerata rappresentativa di 1/3 dell'area complessiva della discarica, ovvero di 4.666 mq.

Dalla sezione 2:

- rappresentativa di un'area pari a 4.666 mq
- per circa 1/3 della lunghezza della sezione lo spessore dei rifiuti immersi è pari a 2,51 m, per gli altri 2/3 è pari a 3,31 m
- ne segue un volume totale di rifiuti immersi pari a 14.200 mc (3.904 mc + 10.296 mc)
- moltiplicando il volume totale dei rifiuti immersi per la porosità (0,35), risulta una quantità di percolato pari a **4.970 mc**

Dalla sezione 3:

- rappresentativa di un'area pari a 4.666 mq
- per circa il 40% della lunghezza della sezione lo spessore dei rifiuti immersi è pari a 3,91 m, per il restante 60% è pari a 4,91 m
- ne segue un volume totale di rifiuti immersi pari a 21.044 mc (7.298 mc + 13.746 mc)

- moltiplicando il volume totale dei rifiuti immersi per la porosità (0,35), risulta una quantità di percolato pari a **7.365 mc**

Dalla sezione 4:

- rappresentativa di un'area pari a 4.666 mq
- per circa 2/3 della lunghezza della sezione lo spessore dei rifiuti immersi è pari a 1,91 m, mentre per 1/3 lo spessore dei rifiuti immersi è pari a 2,51 m
- ne segue un volume totale di rifiuti immersi pari a 9.845 mc (5.941 mc + 3.904 mc)
- moltiplicando il volume totale dei rifiuti immersi per la porosità (0,35), risulta una quantità di percolato pari a **3.446 mc**

Risulta quindi un **volume totale di percolato** pari a **15.781 mc**

Tale calcolo risulta estremamente approssimativo per i seguenti motivi:

- l'area della superficie occupata dai rifiuti è stata ricavata dalla cartografia relativa alla planimetria della sistemazione finale (vd. punto 1), non essendoci alcun dato al riguardo nella relazione del progetto.
- il valore di porosità attribuito ai rifiuti è indicativo (vd. punto 2); non ci sono infatti dati sperimentali e, per tale motivo, è stato attribuito sulla base di dati bibliografici assegnando al volume complessivo dei rifiuti (essenzialmente ceneri e scorie) un valore che non deriva da una media ponderata dei diversi valori di porosità delle due tipologie di rifiuti (non sono noti infatti i volumi parziali delle ceneri e delle scorie), ma assumendo il valore intermedio dell'intervallo di variabilità della porosità.
- Avendo a disposizione un solo sondaggio (S5) con l'indicazione del livello di percolato, si è fatto riferimento alla situazione in cui il livello di percolato si attesta uniformemente all'interno del corpo dei rifiuti a 2,81 m s.l.m.; tale assunzione è estremamente approssimativa in quanto, data l'eterogeneità dei rifiuti, è ragionevole pensare a zone separate da un punto di vista idraulico con formazione di più corpi discontinui di percolato all'interno dell'ammasso dei rifiuti. Non avendo poi misurazioni più vicine, da un punto di vista temporale, al periodo di realizzazione degli interventi di messa in sicurezza, si è fatto riferimento ai livelli di percolato misurati nella primavera '94.

La stima della quantità di percolato non tiene conto quindi delle oscillazioni del livello del percolato stesso, derivanti dalle infiltrazioni di acque meteoriche e dal flusso di percolato verso l'esterno della discarica, né del contributo derivante dalla trasformazione dei rifiuti. Per quanto riguarda quest'ultimo aspetto, si può comunque ipotizzare che ne derivi un incremento

irrilevante rispetto al volume stimato, visto che, come riportato nel progetto, i rifiuti risultavano ad un buon livello di mineralizzazione.

- Sono state fatte delle approssimazioni per calcolare il volume dei rifiuti posti a quote inferiori rispetto a quella attribuita al percolato, basandosi sulle sezioni relative alla sistemazione finale.

Dr.ssa Daniela Gala

Daniela Gala

PROPOSTA DI INDAGINI MIRATE A VERIFICARE LA PRESENZA DI COLLEGAMENTO IDRAULICO FRA LE DUE VASCHE DI RACCOLTA DEL PERCOLATO

Allo scopo di verificare l'eventuale presenza di collegamento idraulico fra le due vasche di raccolta del percolato, quella di Nord-Est e quella di Sud-Ovest, si propone in primo luogo di misurare i livelli di percolato all'interno di ciascuna vasca, a sistema in equilibrio, non influenzato cioè dall'effetto del pompaggio del percolato.

Per ottenere tale dato, si considera la profondità del livello di percolato in ciascuna vasca, facendo riferimento al punto centrale del chiusino. Tale infatti è il punto che è stato quotato in seguito a rilievo topografico, dal quale risulta che la quota del punto centrale del chiusino della vasca di Sud-Ovest è stata presa come quota di riferimento, pari a 0.00 m; rispetto a tale quota di riferimento, il punto centrale del chiusino della vasca di Nord-Est si trova ad una quota pari a -0.825 m.

Una volta prese le due misurazioni di profondità del livello di percolato, queste vanno riferite al punto preso come riferimento, aggiungendo 0.825 m alla misura effettuata in corrispondenza della vasca di Nord-Est.

Se i livelli dovessero risultare a quote diverse, si potrebbe già ipotizzare la mancanza di collegamento idraulico fra le due vasche, ipotesi che può essere confermata o meno da prove di pompaggio, da condurre in corrispondenza della vasca di Nord-Est, come di seguito specificato.

Si propone di eseguire una prova di pompaggio a portata costante (da valutare sul posto) per una durata di 60'-90', ovvero fino allo svuotamento della vasca; durante la prova devono essere misurati i livelli di percolato nella vasca in pompaggio, secondo i seguenti intervalli temporali:

Tempo intercorso dall'inizio del pompaggio	Misura dei livelli
0-5 min	Ogni 30 s
5-10 min	Ogni min
10-20 min	Ogni 2 min
20-40 min	Ogni 5 min
40-90 min	Ogni 10 min

Per verificare se il pompaggio nella vasca di Nord-Est induce una perturbazione del livello nell'altra vasca, si propone di misurare il livello del percolato nella vasca di Sud-Ovest, dopo 10' dall'inizio del pompaggio, secondo le seguenti cadenze temporali: a 10', 20', 25', 30', 35', 40', 50', 60', 70', 80', 90', 120' e 150' dall'inizio del pompaggio nell'altra vasca, indipendentemente dallo svuotamento o meno di questa.

Interrotto il pompaggio, per termine della prova, ovvero per il prosciugamento della vasca, si propone di misurare l'eventuale risalita del livello secondo i seguenti intervalli temporali:

Tempo intercorso dall'interruzione del pompaggio	Misura dei livelli
0-5 min	Ogni 30 s
5-10 min	Ogni min
10-20 min	Ogni 2 min

Nel caso in cui si abbia ricarica veloce nella vasca di pompaggio, si può procedere ad un ulteriore abbassamento/svuotamento nella vasca di Nord-Est, con successivo controllo (a 5', 10' e 20' dalla ripresa del pompaggio) del livello di percolato nella vasca di Sud-Ovest.

L'eventuale svuotamento della vasca di Nord-Est può permettere anche di definirne meglio le caratteristiche costruttive (es. profondità, fondo chiuso, ecc..).

Se i livelli statici di percolato dovessero risultare diversi nelle due vasche e se il pompaggio nella vasca di Nord-Est non dovesse indurre una perturbazione del livello nell'altra vasca, si può concludere che non c'è collegamento idraulico fra i due sistemi di raccolta.

Durante le indagini si propone inoltre di prelevare, per le analisi chimiche, un campione di percolato prima dell'inizio del pompaggio, in condizioni statiche, ed un altro campione in condizioni dinamiche, dopo lo svuotamento e l'eventuale successiva ricarica della vasca di Nord-Est.

Dr.ssa Daniela Gala

Daniela Gala

ARPAT

Agenzia Regionale per la Protezione Ambientale della Toscana

Dipartimento Provinciale di Lucca

Via Vallisneri, 6 55100 Lucca

Tel. : 0583-958711

Fax : 0583-958720

Unità Operativa TUTELA RISORSA IDRICA

Rapporto di Prova N. 2003-3240

del 18/09/2003

Richiedente: A.R.P.A.T. SERVIZIO LOCALE DELLA
VERSILIA

Cod.fiscale/Partita I.V.A.: 04686190481
04686190481

Indirizzo: PIAZZA DELLA REPUBBLICA, 16 - 55045 -- PIETRASANTA -- LUCCA

N° Registro: 2706

Anno: 2003

Data registrazione: 24/07/2003

Pratica N°: 826

Campione di: ACQUA SUPERFICIALE

Prelevato da: DP ARPA

Verb. Prelievo N°: 163/03/CAM

del: 24/07/2003

Data di prelievo: 24/07/2003

Luogo Prelievo: FOSSE BACCATOIO PIETRASANTA -- LOC.FALASCAIA -- PIETRASANTA -- LUCCA

Modalità di conservazione

Al prelievo:

Al trasporto:

In dipartimento: REFRIGERATA

Loc. esecuz. prova: ARPAT - Dipartimento Provinciale di Lucca

Prova iniziata il: 24/07/2003

Conclusa il: 18/09/2003

Parametro	Metodo		Risultato	Unità di misura
CONDUCIBILITÀ	UNICHIM 930	=	1479	μS/cm a 20°C
PH	UNICHIM 929	=	7,86	unità di pH
MATERIALI IN SOSPENSIONE	IRSA - CNR Q 100 - 2050	=	18,5	mg/L
FOSFORO TOTALE	METODO INTERNO (SPETTROFOTOMETRICA UV - VISIBILE)	=	0,6	mg/L P
AMMONIACA TOTALE	METODO INTERNO (SPETTROFOTOMETRICA UV - VISIBILE)	=	5,3	mg/L NH4
CLORO RESIDUO TOTALE	METODO INTERNO (ALTRE)	=	0,3	mg/L HOCl
ARSENICO	STANDARD METHODS 20TH EDITION 1998- 3120 B.	=	20	μg/L As
NICHEL	STANDARD METHODS 20TH EDITION 1998- 3120 B.	<	20	μg/L Ni
RAME (COMPOSTI SOLUBILI)	STANDARD METHODS 20TH EDITION 1998- 3120 B	<	20	μg/L Cu
ZINCO TOTALE	STANDARD METHODS 20TH EDITION 1998- 3120 B	=	50	μg/L Zn
CADMIO TOTALE	RAPPORTI ISTISAN 00/14 PT.1 P.99	<	10	μg/L Cd
CROMO	RAPPORTI ISTISAN 00/14 PT.1 P.115	<	20	μg/L Cr

ARPAT

Agenzia Regionale per la Protezione Ambientale della Toscana

Dipartimento Provinciale di Lucca

Via Vallisneri, 6 55100 Lucca

Tel. : 0583-958711

Fax : 0583-958720

Unità Operativa TUTELA RISORSA IDRICA

Rapporto di Prova N. 2003-3240

del 18/09/2003

Prova iniziata il: 24/07/2003		Conclusa il: 18/09/2003	
Parametro	Metodo	Risultato	Unità di misura
CLORURI.	NOTIZIARIO DEI METODI ANALITICI DEL CNR-IRSA ISSN:1225-2464, 2/2000	= 11,4	mg/L Cl
SOLFATI	NOTIZIARIO DEI METODI ANALITICI DEL CNR-IRSA ISSN:1225-2464, 2/2000	= 46,5	mg/L SO4
NITRATI	NOTIZIARIO DEI METODI ANALITICI DEL CNR-IRSA ISSN:1225-2464, 2/2000	= 11,0	mg/L NO3

Esecutori delle Prove

p.to Carla Francesconi

Responsabile supervisione tecnica

Dr.ssa Cristina Martines



I valori dei risultati sono garantiti nei limiti di ripetibilità del metodo.

Il presente Rapporto di Prova si riferisce esclusivamente al campione sottoposto a prova e non può essere riprodotto parzialmente senza l'autorizzazione del Dipartimento ARPAT

Responsabile U.O.

Dott. Gilberto D. Baldaccini



Analisi olfattometrica dei campioni prelevati all'impianto di compostaggio di Pioppogatto (LU)

Campagna del giorno 14 aprile 2003.

Analisi effettuate con il Panel n°1

Il panel n°1 è composto dai seguenti valutatori:

ID	Nome	Qualificazione
0011	Caniparoli Anna	Qualified
0022	Piredda Giusy	Qualified
0028	Ferri Andrea	Qualified
0038	LA Rocca Simone	Qualified

L'analisi è stata svolta nella mattina del 15 aprile 2003 dalle ore 8:30 fino alle ore 10:30.

Analisi campioni prelevati dal primo sito

Inserimento dati nel database:

Project: Pioppogatto
Bag: Saccopioppogat
Sample: biofiltro1

Per il primo sito è bastato l'utilizzo di un solo sacco denominato:
"Sito 1. Campione 1, settore 1, fila 6, ugello 9"

Per partire è stato scelto il setting 8 poiché non avendo esperienza rappresenta una diluizione media.

Risultati

	ID	ITE
not used	0011	467,93
not used	0022	797,37
not used	0028	262,56
not used	0038	797,37
ok	0011	467,93
ok	0022	797,37
ok	0028	262,56
ok	0038	467,93
ok	0011	467,93
ok	0022	1475,74
ok	0028	467,93
ok	0038	797,37
Media provvisoria		574,16

Analisi campioni prelevati dal secondo sito

Inserimento dati nel database:

Project: Pioppogatto
Bag: Saccopiop2
Sample: biofiltro2

Per il secondo sito è bastato l'utilizzo di un solo sacco denominato:
" Sito 2. Campione 1, settore 2, fila 6, ugello 6 "

Per partire è stato scelto il setting 8 poiché non avendo esperienza rappresenta una diluizione media.

Risultati

	ID	ITE
not used	0011	467,93
not used	0022	797,37
not used	0028	467,93
not used	0038	467,93
ok	0011	1475,74
ok	0022	467,93
ok	0028	262,56
ok	0038	467,93
ok	0011	467,93
ok	0022	797,37
ok	0028	136,85
ok	0038	467,93
Media provvisoria		460,64

Analisi effettuate con il Panel n°2

Il panel n°2 è composto dai seguenti valutatori:

ID	Nome	Qualificazione
0026	Lombardi Luigi	Qualified
0029	Favilli Andrea	Qualified
0031	Biagioli Veronica	Qualified
0034	Bosco Simona	Qualified

L'analisi è stata svolta nel pomeriggio del 15 aprile 2003 dalle ore 13:30 fino alle ore ????.

Analisi campioni prelevati dal primo sito

Inserimento dati nel database:

Project: Pioppogatto
Bag: Saccopiop3
Sample: biofiltro1b

Per il primo sito sono serviti 2 sacchi denominati:

" Sito 1. Campione 2, settore 1, fila 6, ugello 9 "

" Sito 1. Campione 3, settore 1, fila 6, ugello 9 "

Per partire è stato scelto il setting 9.

Risultati

	ID	ITE
not used	0026	467,93
not used	0029	797,37
not used	0031	1475,74
not used	0034	467,93
ok	0026	262,56
ok	0029	262,56
ok	0031	1475,74
Xcluded	0034	32,35
ok	0026	262,56
ok	0029	467,93
ok	0031	1475,74
Xcluded	0034	67,84
ok	0026	262,56
ok	0029	797,37
ok	0031	1475,74
Xcluded	0034	136,85
Media provvisoria		330,71

Analisi campioni prelevati dal secondo sito

Inserimento dati nel database:

Project: Pioppogatto
Bag: Saccopiop4
Sample: biofiltro2b

Per il secondo sito è bastato l'utilizzo di un solo sacco denominato:
"Sito 2. Campione 2, settore 2, fila 6, ugello 6"

Per partire è stato scelto il setting 9.

Risultati

	ID	ITE
not used	0026	136,85
not used	0029	262,56
not used	0031	797,37
not used	0034	797,37
ok	0026	136,85
ok	0029	467,93
ok	0031	797,37
ok	0034	467,93
ok	0026	262,56
ok	0029	262,56
ok	0031	467,93
ok	0034	797,37

Media provvisoria 396,80

Elaborazione dei dati per il calcolo della concentrazione

Per il calcolo delle concentrazioni di odore totali sono state prese le soglie di percezione individuali (ITE) escludendo quelle relative al primo round di presentazioni di ogni campione. La concentrazione di odore è stata calcolata come la media geometrica delle soglie individuali degli 8 panelist.

Dopo aver trovato la media viene fatta un'analisi retrospettiva in base al criterio espresso nella normativa CEN

$$\Delta Z = \frac{Z_{ITE}}{\bar{Z}_{ITE}} \quad \text{se} \quad Z_{ITE} > \bar{Z}_{ITE}$$

$$\Delta Z = -\frac{\bar{Z}_{ITE}}{Z_{ITE}} \quad \text{se} \quad Z_{ITE} < \bar{Z}_{ITE}$$

$$-5 < \Delta Z < +5$$

I risultati finali dei 2 punti di prelievo sono riassunti nelle seguenti tabelle:

Sito 1					
ID	ITE	Analisi retrosp.	Si esclude il panelist 0034	ID	ITE
0011	467,93	1,13		0011	467,93
0022	797,37	1,93		0022	797,37
0028	262,56	-1,57		0028	262,56
0038	467,93	1,13		0038	467,93
0011	467,93	1,13		0011	467,93
0022	1475,7	3,58		0022	1475,7
0028	467,93	1,13		0028	467,93
0038	797,37	1,93		0038	797,37
0026	262,56	-1,57		0026	262,56
0029	262,56	-1,57		0029	262,56
0031	1475,7	3,58		0031	1475,7
0034	32,35	-12,75		0026	262,56
0026	262,56	-1,57		0029	467,93
0029	467,93	1,13		0031	1475,7
0031	1475,7	3,58		0026	262,56
0034	67,84	-6,08		0029	797,37
0026	262,56	-1,57		0031	1475,7
0029	797,37	1,93		media	568,32
0031	1475,7	3,58			
0034	136,85	-3,01			
media	412,37				

Sito 2		
<i>ID</i>	<i>ITE</i>	<i>Analisi retrospettiva</i>
0011	1475,7	3,45
0022	467,93	1,09
0028	262,56	-1,63
0038	467,93	1,09
0011	467,93	1,09
0022	797,37	1,87
0028	136,85	-3,12
0038	467,93	1,09
0026	136,85	-3,12
0029	467,93	1,09
0031	797,37	1,87
0034	467,93	1,09
0026	262,56	-1,63
0029	262,56	-1,63
0031	467,93	1,09
0034	797,37	1,87
media	427,53	

Dalla prima tabella si nota che il panelist 0034 è stato escluso dopo analisi retrospettiva e quindi la media è stata calcolata senza le sue individuazioni di soglia; nella seconda invece nessun panelist è stato escluso dopo analisi retrospettiva.

Riassumendo sono state trovate le seguenti concentrazioni:

Sito	Concentrazione (OU/mc)
Sito 1	568,32
Sito 2	427,53

Facendo una media tra le due concentrazioni troviamo il valore:

497,92 ou/m³

Campagna del giorno 25 settembre 2003.

Analisi effettuate con il Panel n°1

Il panel n°1 è composto dai seguenti valutatori:

ID	Nome	Qualificazione
0028	Ferri Andrea	Qualified
0029	Favilli Andrea	Qualified
0038	LA Rocca Simone	Qualified

L'analisi è stata svolta nella mattina del 26 settembre 2003 dalle ore 9:00 fino alle ore 10:30.

Analisi campione denominato "CAMP.1"

Inserimento dati nel database:

Project: Piopp2
Bag: piopp26sett1a
Sample: piopp26sett1

Sacco utilizzato: Camp.1 1

Per partire è stato scelto il setting 8 in base ai risultati dell'analisi precedente.

Risultati

	ID	ITE
not used	0028	67,84
not used	0029	136,85
not used	0038	262,56
ok	0028	67,84
ok	0029	67,84
ok	0038	262,56
ok	0028	67,84
ok	0029	67,84
ok	0038	67,84
Media provvisoria		85,00

Analisi campione denominato "CAMP.2"

Inserimento dati nel database:

Project: Piopp2
Bag: piopp26sett2a
Sample: piopp26sett2

Sacco utilizzato: Camp.2 1

Per partire è stato scelto il setting 8.

Risultati

	ID	ITE
not used	0028	67,84
not used	0029	67,84
not used	0038	67,84
ok	0028	32,35
ok	0029	32,35
ok	0038	67,84
ok	0028	67,84
ok	0029	67,84
ok	0038	32,35
Media provvisoria		46,85

Analisi effettuate con il Panel n°2

Il panel n°2 è composto dai seguenti valutatori:

ID	Nome	Qualificazione
0011	Caniparoli Anna	Qualified
0022	Piredda Giusy	Qualified
0026	Lombardi Luigi	Qualified
0031	Biagioli Veronica	Qualified

L'analisi è stata svolta nel pomeriggio del 26 settembre 2003 dalle ore 13:30 fino alle ore ????

Analisi campione denominato "CAMP.1"

Inserimento dati nel database:

Project: Piopp2
Bag: piopp26sett1b
Sample: piopp26sett1b

Sacco utilizzato: Camp.1 2

Per partire è stato scelto il setting 8.

Risultati

	ID	ITE
not used	0011	67,84
not used	0022	67,84
not used	0026	32,35
not used	0031	32,35
ok	0011	67,84
ok	0022	32,35
ok	0026	136,85
ok	0031	67,84
ok	0011	67,84
ok	0022	67,84
ok	0026	32,35
ok	0031	67,84
Media provvisoria		61,54

Analisi campione denominato "CAMP.2"

Inserimento dati nel database:

Project: Piopp2
Bag: piopp26sett2b
Sample: piopp26sett2b

Sacco utilizzato: Camp.2 2

Per partire è stato scelto il setting 8.

Risultati

	ID	ITE
--	----	-----

not used	0011	136,85
not used	0022	67,84
not used	0026	67,84
not used	0031	67,84
ok	0011	32,35
ok	0022	262,56
ok	0026	32,35
ok	0031	136,85
ok	0011	67,84
ok	0022	136,85
ok	0026	32,35
ok	0031	262,56
Media provvisoria		85,90

Elaborazione dei dati per il calcolo della concentrazione

Per il calcolo delle concentrazioni di odore totali sono state prese le soglie di percezione individuali (ITE) escludendo quelle relative al primo round di presentazioni di ogni campione. La concentrazione di odore è stata calcolata come la media geometrica delle soglie individuali dei 7 panelist.

Dopo aver trovato la media viene fatta un'analisi retrospettiva in base al criterio espresso nella normativa CEN

$$\Delta Z = \frac{Z_{ITE}}{\bar{Z}_{ITE}} \quad \text{se} \quad Z_{ITE} > \bar{Z}_{ITE}$$

$$\Delta Z = -\frac{\bar{Z}_{ITE}}{Z_{ITE}} \quad \text{se} \quad Z_{ITE} < \bar{Z}_{ITE}$$

$$-5 < \Delta Z < +5$$

Camp1		
ID	ITE	Analisi retrosp.
0028	67,84	-1,04
0029	67,84	-1,04
0038	262,56	3,71
0028	67,84	-1,04
0029	67,84	-1,04
0038	67,84	-1,04
0011	67,84	-1,04
0022	32,35	-2,18
0026	136,85	1,94
0031	67,84	-1,04
0011	67,84	-1,04

0022	67,84	-1,04
0026	32,35	-2,18
0031	67,84	-1,04
media	70,68	

Camp2		
ID	ITE	analisi retrosp.
0028	32,35	-2,05
0029	32,35	-2,05
0038	67,84	1,02
0028	67,84	1,02
0029	67,84	1,02
0038	32,35	-2,05
0011	32,35	-2,05
0022	262,56	3,96
0026	32,35	-2,05
0031	136,85	2,07
0011	67,84	1,02
0022	136,85	2,07
0026	32,35	-2,05
0031	262,56	3,96
media	66,24	

Dalle tabelle si nota che nessun panelist è stato escluso; dopo analisi retrospettiva infatti tutti i valutatori sono risultati idonei al criterio descritto sopra.

Riassumendo sono state trovate le seguenti concentrazioni:

Sito	Concentrazione (OU/mc)
Camp1	70,68
Camp2	66,24

Facendo una media tra le due concentrazioni troviamo il valore:

68,46 ou/m³

Analisi olfattometrica dei campioni prelevati all'impianto di compostaggio di Pioppogatto (LU)

Campagna del giorno 14 aprile 2003.

Analisi effettuate con il Panel n°1

Il panel n°1 è composto dai seguenti valutatori:

ID	Nome	Qualificazione
0011	Caniparoli Anna	Qualified
0022	Piredda Giusy	Qualified
0028	Ferri Andrea	Qualified
0038	LA Rocca Simone	Qualified

L'analisi è stata svolta nella mattina del 15 aprile 2003 dalle ore 8:30 fino alle ore 10:30.

Analisi campioni prelevati dal primo sito

Inserimento dati nel database:

Project: Pioppogatto
Bag: Saccopioppogat
Sample: biofiltro1

Per il primo sito è bastato l'utilizzo di un solo sacco denominato:
"Sito 1. Campione 1, settore 1, fila 6, ugello 9"

Per partire è stato scelto il setting 8 poiché non avendo esperienza rappresenta una diluizione media.

Risultati

	ID	ITE
not used	0011	467,93
not used	0022	797,37
not used	0028	262,56
not used	0038	797,37
ok	0011	467,93
ok	0022	797,37
ok	0028	262,56
ok	0038	467,93
ok	0011	467,93
ok	0022	1475,74
ok	0028	467,93
ok	0038	797,37
Media provvisoria		574,16

Analisi campioni prelevati dal secondo sito

Inserimento dati nel database:

Project: Pioppogatto
Bag: Saccopiop2
Sample: biofiltro2

Per il secondo sito è bastato l'utilizzo di un solo sacco denominato:
"Sito 2. Campione 1, settore 2, fila 6, ugello 6"

Per partire è stato scelto il setting 8 poiché non avendo esperienza rappresenta una diluizione media.

Risultati

	ID	ITE
not used	0011	467,93
not used	0022	797,37
not used	0028	467,93
not used	0038	467,93
ok	0011	1475,74
ok	0022	467,93
ok	0028	262,56
ok	0038	467,93
ok	0011	467,93
ok	0022	797,37
ok	0028	136,85
ok	0038	467,93
Media provvisoria		460,64

Analisi effettuate con il Panel n°2

Il panel n°2 è composto dai seguenti valutatori:

ID	Nome	Qualificazione
0026	Lombardi Luigi	Qualified
0029	Favilli Andrea	Qualified
0031	Biagioli Veronica	Qualified
0034	Bosco Simona	Qualified

L'analisi è stata svolta nel pomeriggio del 15 aprile 2003 dalle ore 13:30 fino alle ore ????

Analisi campioni prelevati dal primo sito

Inserimento dati nel database:

Project: Pioppogatto
Bag: Saccopiop3
Sample: biofiltro1b

Per il primo sito sono serviti 2 sacchi denominati:
"Sito 1. Campione 2, settore 1, fila 6, ugello 9"
"Sito 1. Campione 3, settore 1, fila 6, ugello 9"

Per partire è stato scelto il setting 9.

Risultati

	ID	ITE
not used	0026	467,93
not used	0029	797,37
not used	0031	1475,74
not used	0034	467,93
ok	0026	262,56
ok	0029	262,56
ok	0031	1475,74
Xcluded	0034	32,35
ok	0026	262,56
ok	0029	467,93
ok	0031	1475,74
Xcluded	0034	67,84
ok	0026	262,56
ok	0029	797,37
ok	0031	1475,74
Xcluded	0034	136,85
Media provvisoria		330,71

Analisi campioni prelevati dal secondo sito

Inserimento dati nel database:

Project: Pioppogatto
Bag: Saccopiop4
Sample: biofiltro2b

Per il secondo sito è bastato l'utilizzo di un solo sacco denominato:
"Sito 2. Campione 2, settore 2, fila 6, ugello 6"

Per partire è stato scelto il setting 9.

Risultati

	ID	ITE
not used	0026	136,85
not used	0029	262,56
not used	0031	797,37
not used	0034	797,37
ok	0026	136,85
ok	0029	467,93
ok	0031	797,37
ok	0034	467,93
ok	0026	262,56
ok	0029	262,56
ok	0031	467,93
ok	0034	797,37

Media provvisoria 396,80

Elaborazione dei dati per il calcolo della concentrazione

Per il calcolo delle concentrazioni di odore totali sono state prese le soglie di percezione individuali (ITE) escludendo quelle relative al primo round di presentazioni di ogni campione. La concentrazione di odore è stata calcolata come la media geometrica delle soglie individuali degli 8 panelist.

Dopo aver trovato la media viene fatta un'analisi retrospettiva in base al criterio espresso nella normativa CEN

$$\Delta Z = \frac{Z_{ITE}}{\bar{Z}_{ITE}} \quad \text{se} \quad Z_{ITE} > \bar{Z}_{ITE}$$

$$\Delta Z = -\frac{\bar{Z}_{ITE}}{Z_{ITE}} \quad \text{se} \quad Z_{ITE} < \bar{Z}_{ITE}$$

$$-5 < \Delta Z < +5$$

I risultati finali dei 2 punti di prelievo sono riassunti nelle seguenti tabelle:

Sito 1					
ID	ITE	Analisi retrosp.	Si esclude il panelist 0034	ID	ITE
0011	467,93	1,13		0011	467,93
0022	797,37	1,93		0022	797,37
0028	262,56	-1,57		0028	262,56
0038	467,93	1,13		0038	467,93
0011	467,93	1,13		0011	467,93
0022	1475,7	3,58		0022	1475,7
0028	467,93	1,13		0028	467,93
0038	797,37	1,93		0038	797,37
0026	262,56	-1,57		0026	262,56
0029	262,56	-1,57		0029	262,56
0031	1475,7	3,58		0031	1475,7
0034	32,35	-12,75		0026	262,56
0026	262,56	-1,57		0029	467,93
0029	467,93	1,13		0031	1475,7
0031	1475,7	3,58		0026	262,56
0034	67,84	-6,08		0029	797,37
0026	262,56	-1,57		0031	1475,7
0029	797,37	1,93		media	568,32
0031	1475,7	3,58			
0034	136,85	-3,01			
media	412,37				

Sito 2		
<i>ID</i>	<i>ITE</i>	<i>Analisi retrospettiva</i>
0011	1475,7	3,45
0022	467,93	1,09
0028	262,56	-1,63
0038	467,93	1,09
0011	467,93	1,09
0022	797,37	1,87
0028	136,85	-3,12
0038	467,93	1,09
0026	136,85	-3,12
0029	467,93	1,09
0031	797,37	1,87
0034	467,93	1,09
0026	262,56	-1,63
0029	262,56	-1,63
0031	467,93	1,09
0034	797,37	1,87
media	427,53	

Dalla prima tabella si nota che il panelist 0034 è stato escluso dopo analisi retrospettiva e quindi la media è stata calcolata senza le sue individuazioni di soglia; nella seconda invece nessun panelist è stato escluso dopo analisi retrospettiva.

Riassumendo sono state trovate le seguenti concentrazioni:

Sito	Concentrazione (OU/mc)
Sito 1	568,32
Sito 2	427,53

Facendo una media tra le due concentrazioni troviamo il valore:

497,92 ou/m³

Campagna del giorno 25 settembre 2003.

Analisi effettuate con il Panel n°1

Il panel n°1 è composto dai seguenti valutatori:

ID	Nome	Qualificazione
0028	Ferri Andrea	Qualified
0029	Favilli Andrea	Qualified
0038	LA Rocca Simone	Qualified

L'analisi è stata svolta nella mattina del 26 settembre 2003 dalle ore 9:00 fino alle ore 10:30.

Analisi campione denominato "CAMP.1"

Inserimento dati nel database:

Project: Piopp2

Bag: piopp26sett1a

Sample: piopp26sett1

Sacco utilizzato: Camp.1 1

Per partire è stato scelto il setting 8 in base ai risultati dell'analisi precedente.

Risultati

	ID	ITE
not used	0028	67,84
not used	0029	136,85
not used	0038	262,56
ok	0028	67,84
ok	0029	67,84
ok	0038	262,56
ok	0028	67,84
ok	0029	67,84
ok	0038	67,84
Media provvisoria		85,00

Analisi campione denominato "CAMP.2"

Inserimento dati nel database:

Project: Piopp2

Bag: piopp26sett2a

Sample: piopp26sett2

Sacco utilizzato: Camp.2 1

Per partire è stato scelto il setting 8.

Risultati

	ID	ITE
not used	0028	67,84
not used	0029	67,84
not used	0038	67,84
ok	0028	32,35
ok	0029	32,35
ok	0038	67,84
ok	0028	67,84
ok	0029	67,84
ok	0038	32,35
Media provvisoria		46,85

Analisi effettuate con il Panel n°2

Il panel n°2 è composto dai seguenti valutatori:

ID	Nome	Qualificazione
0011	Caniparoli Anna	Qualified
0022	Piredda Giusy	Qualified
0026	Lombardi Luigi	Qualified
0031	Biagioli Veronica	Qualified

L'analisi è stata svolta nel pomeriggio del 26 settembre 2003 dalle ore 13:30 fino alle ore ????.

Analisi campione denominato "CAMP.1"

Inserimento dati nel database:

Project: Piopp2
Bag: piopp26sett1b
Sample: piopp26sett1b

Sacco utilizzato: Camp.1 2

Per partire è stato scelto il setting 8.

Risultati

	ID	ITE
not used	0011	67,84
not used	0022	67,84
not used	0026	32,35
not used	0031	32,35
ok	0011	67,84
ok	0022	32,35
ok	0026	136,85
ok	0031	67,84
ok	0011	67,84
ok	0022	67,84
ok	0026	32,35
ok	0031	67,84
Media provvisoria		61,54

Analisi campione denominato "CAMP.2"

Inserimento dati nel database:

Project: Piopp2
Bag: piopp26sett2b
Sample: piopp26sett2b

Sacco utilizzato: Camp.2 2

Per partire è stato scelto il setting 8.

Risultati

	ID	ITE
--	----	-----

not used	0011	136,85
not used	0022	67,84
not used	0026	67,84
not used	0031	67,84
ok	0011	32,35
ok	0022	262,56
ok	0026	32,35
ok	0031	136,85
ok	0011	67,84
ok	0022	136,85
ok	0026	32,35
ok	0031	262,56
Media provvisoria		85,90

Elaborazione dei dati per il calcolo della concentrazione

Per il calcolo delle concentrazioni di odore totali sono state prese le soglie di percezione individuali (ITE) escludendo quelle relative al primo round di presentazioni di ogni campione. La concentrazione di odore è stata calcolata come la media geometrica delle soglie individuali dei 7 panelist.

Dopo aver trovato la media viene fatta un'analisi retrospettiva in base al criterio espresso nella normativa CEN

$$\Delta Z = \frac{Z_{ITE}}{\bar{Z}_{ITE}} \quad \text{se} \quad Z_{ITE} > \bar{Z}_{ITE}$$

$$\Delta Z = -\frac{\bar{Z}_{ITE}}{Z_{ITE}} \quad \text{se} \quad Z_{ITE} < \bar{Z}_{ITE}$$

$$-5 < \Delta Z < +5$$

Camp1		
ID	ITE	Analisi retrosp.
0028	67,84	-1,04
0029	67,84	-1,04
0038	262,56	3,71
0028	67,84	-1,04
0029	67,84	-1,04
0038	67,84	-1,04
0011	67,84	-1,04
0022	32,35	-2,18
0026	136,85	1,94
0031	67,84	-1,04
0011	67,84	-1,04

0022	67,84	-1,04
0026	32,35	-2,18
0031	67,84	-1,04
media	70,68	

Camp2		
ID	ITE	analisi retrosp.
0028	32,35	-2,05
0029	32,35	-2,05
0038	67,84	1,02
0028	67,84	1,02
0029	67,84	1,02
0038	32,35	-2,05
0011	32,35	-2,05
0022	262,56	3,96
0026	32,35	-2,05
0031	136,85	2,07
0011	67,84	1,02
0022	136,85	2,07
0026	32,35	-2,05
0031	262,56	3,96
media	66,24	

Dalle tabelle si nota che nessun panelist è stato escluso; dopo analisi retrospettiva infatti tutti i valutatori sono risultati idonei al criterio descritto sopra.

Riassumendo sono state trovate le seguenti concentrazioni:

Sito	Concentrazione (OU/mc)
Camp1	70,68
Camp2	66,24

Facendo una media tra le due concentrazioni troviamo il valore:

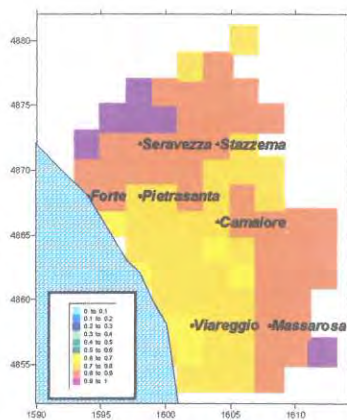
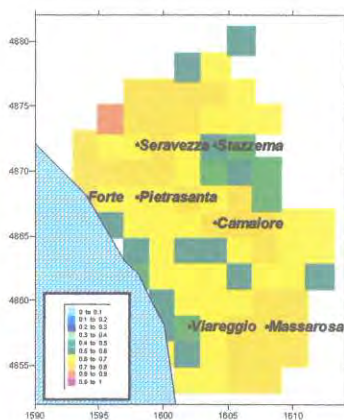
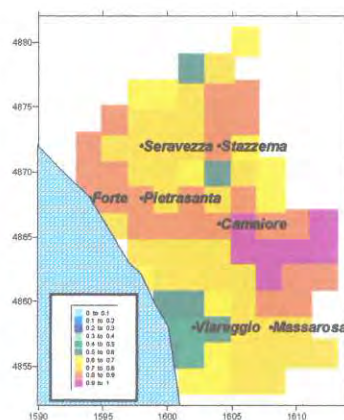
68,46 ou/m³



Dipartimento provinciale di Lucca

Biomonitoraggio dell'ozono in Versilia nell'estate 2003 e confronti con i rilevamenti 2000 e 2002

Relazione conclusiva

**LII 2000****LII 2002****LII 2003***Studio realizzato da*

ARPAT

Agenzia Regionale per la protezione ambientale della Toscana



Dipartimento provinciale di Lucca

Biomonitoraggio dell'ozono in Versilia nell'estate 2003 e confronti con i rilevamenti 2000 e 2002

Relazione conclusiva

Lucca e Firenze, 18 ottobre 2003

Studio realizzato da



ARPAT – Dipartimento di Lucca

LINNÆA ambiente srl



Autori dello studio

Coordinamento:

MARCO PELLEGRINI, ARPAT-Dipartimento Provinciale di Lucca

Responsabili rilevamenti dati indicatori biologici (in ordine alfabetico):

LETIZIA LEPRI, GIULIETTA LUCHETTI(*), PATRIZIA PAOLINELLI(*), MONICA PISANI

ARPAT-Dipartimento Provinciale di Lucca; (*) Servizio Locale Versilia, Pietrasanta

Responsabile dati delle centraline automatiche:

ANTONIO NATALE, ARPAT-Dipartimento Provinciale di Lucca

Responsabili progettazione, logistica della rete biologica, controlli di qualità ed elaborazione dati (in ordine alfabetico):

SARA ANDREI, ENRICO CENNI, ALBERTO COZZI, MARCO FERRETTI, RENZO NIBBI, CINZIA SARTI

LINNÆA ambiente Srl, Firenze

Rapporto finale preparato da (in ordine alfabetico):

SARA ANDREI, ENRICO CENNI, ALBERTO COZZI, MARCO FERRETTI, GIULIETTA LUCHETTI, MARCO PELLEGRINI

Autori per la corrispondenza:

MARCO PELLEGRINI m.pellegrini@arpat.toscana.it

MARCO FERRETTI m.ferretti@linnaea.org

INDICE

RIASSUNTO

3

INTRODUZIONE

4

METODI

5

Stazioni di rilevamento 2003, bioindicatori e periodo di rilevamento

5

Rilevamento dei sintomi

6

Procedure di assicurazione di qualità

8

RISULTATI

8

Distribuzione territoriale dei sintomi sui bioindicatori

8

Concentrazioni di ozono misurate dalle centraline automatiche e relazione con i sintomi fogliari

10

Stima dei livelli medi di ozono nella Versilia

12

Variazioni 2002-2003

14

Stato medio 2002-2003

17

Sintesi dei risultati delle tre campagne 2000 - 2002 - 2003

17

CONCLUSIONI

21

BIBLIOGRAFIA ED ULTERIORI LETTURE

22

ALLEGATI TECNICI

Riassunto

Nell'estate 2003 sui territori dei sette comuni (Seravezza, Stazzema, Forte dei Marmi, Pietrasanta, Camaiore, Massarosa, Viareggio) ricadenti nell'area geografica della Versilia è stata condotta una campagna di biomonitoraggio dell'ozono (O_3) con piante adulte di *Nicotiana tabacum* Bel W3. I risultati della valutazione dei sintomi e della loro diffusione sulle piante hanno evidenziato danni fogliari attribuibili ad O_3 in tutte le stazioni (sette stazioni) ed in tutte le settimane di durata di esposizione delle piantine all'aria ambiente (otto settimane). Tra le stazioni appartenenti al territorio versiliense, i valori di danno più elevati, espressi sia come media che come massimo assoluto, sono stati registrati nella stazione di Anticiana, ubicata alla quota maggiore delle altre, mentre i valori minori sono stati registrati a Viareggio, una delle stazioni a livello del mare. Questi dati sono stati elaborati in maniera integrata con i dati misurati dalle centraline ARPAT per poter stimare le concentrazioni medie di O_3 sul territorio provinciale. Le concentrazioni orarie medie massime settimanali stimate (M1) sono comprese tra i 130 e 140 $\mu g \cdot m^{-3}$ su gran parte del territorio versiliense, con l'eccezione di una area costiera attorno a Viareggio e di una fascia che, partendo da Seravezza, si allunga verso l'interno lungo il torrente Vezza dove le concentrazioni stimate sono tra 110 e 120 $\mu g \cdot m^{-3}$. Analoga distribuzione territoriale hanno la concentrazione media settimanale stimata sulle 24 ore (espressa come M24) con valori attorno ai 110-120 $\mu g \cdot m^{-3}$, e la media settimanale nelle ore calde tra le 9 e le 16 (espressa come M7), con concentrazioni stimate di 80-90 $\mu g \cdot m^{-3}$. Le stime delle concentrazioni di ozono per singolo comune evidenziano come i territori alle quote più elevate siano quelli con concentrazioni più elevate, sia in termini di massimi assoluti che di medie sulle 24 ore. L'indagine condotta nel 2003 si inserisce in una serie di iniziata nel 2000 e continuata nel 2002. Il confronto dei dati tra i tre anni ha permesso di individuare tre zone con caratteristiche di livelli di danno fogliare opposte: una costiera che si estende da Viareggio a Marina di Pietrasanta con i livelli di danno fogliare più bassi, mentre i livelli di danno più elevati sono stati registrati in due zone collinari-montane, una alle spalle di Seravezza al confine della provincia di Lucca e l'altra sulle colline comprese tra Camaiore e Massarosa al confine con la Val Freddana.

Introduzione

La Versilia è stata oggetto di ripetute campagne di biomonitoraggio. Una prima indagine è stata svolta nell'estate 2000 e mirava a fornire dati sulla condizione *ante-operam* in relazione agli impianti di smaltimento RSU di Falascaia e Pioppo Gatto attraverso l'utilizzo di diversi bioindicatori. In quell'occasione, i sintomi indotti dall'ozono (O_3) sulle foglie dei bioindicatori (piante adulte di *Nicotiana tabacum* Bel W3) risultarono diffusi in tutti i siti monitorati. La cosa non destò sorpresa: O_3 è unanimamente riconosciuto come il contaminante che, per la sua diffusione e tossicità, è potenzialmente il più dannoso per la vegetazione coltivata, seminaturale e naturale in Europa, America ed Asia (Heck *et al.*, 2003). Inoltre, le evidenze di elevate concentrazioni di O_3 sono particolarmente forti nella regione mediterranea, dove si verificano sia una forte emissione di precursori di O_3 (ossidi di azoto, idrocarburi non metanici), sia le condizioni meteo-climatiche favorevoli alla sua formazione (Butkovic *et al.*, 1990; Lorenzini, 1993; Millán *et al.*, 1997): i picchi orari possono superare 150-200 ppb (Allegrini e Brocco, 1995; Fowler *et al.*, 1995; Chaloulakou *et al.*, 1999), mentre la soglia di attenzione per la popolazione è fissata in circa 90 ppb (pari a $180 \mu g \cdot m^{-3}$; 1 ppb $\sim 2 \mu g \cdot m^{-3}$). Una successiva indagine svolta nel 2002 (Ferretti *et al.*, 2003) confermava i risultati del 2000 ed evidenziava come le concentrazioni massime settimanali stimate di ozono fossero 100-120 $\mu g \cdot m^{-3}$ per la zona costiera, 120-140 per l'entroterra, 140-160 per le zone a sud-est e nord-ovest del territorio. In particolare, vennero stimate valori di picco di 160-180 $\mu g \cdot m^{-3}$ sono stati stimati per le alture alle spalle di Viareggio. Le indagine condotte confermavano altre evidenze emerse sia da analoghe indagini di biomonitoraggio svolte in diverse aree della Toscana (cfr. Lorenzini *et al.*, 1986; 1988; 2000, 2003; Ferretti *et al.*, 1990; Ferretti e Pellegrini, 1998; http://www.comune.firenze.it/servizi_pubblici/ambiente/aria/allegatod.htm http://www.provincia.fi.it/Ufficio-inf-pr/comunicati-stampa/novembre2000/info24-11-00ag.htm#_Toc499284290), sia i dati di concentrazione di O_3 per la provincia di Lucca, riportati da ARPAT (Natale, 2002) e disponibili attraverso il sito internet (<http://www.arpat.toscana.it/aria/index.html>) per le tre stazioni di rilevamento localizzate a Carignano, Porcari Via Carrara e Viareggio Largo Risorgimento

Tuttavia, è riconosciuto che l'ozono ha una marcata dinamica temporale: le concentrazioni non solo variano con l'ora del giorno, ma anche con le stagioni e con gli anni. Se le variazioni circadiane e stagionali sono ben note (valori massimi nelle ore centrali della giornata e nel periodo estivo), le variazioni annuali sono assai meno regolari, e l'UN/ECE raccomanda infatti almeno 5 anni di dati per poter aver dati attendibili per un mappaggio affidabile. Conseguentemente, dopo le indagini svolte nel 2000 e nel 2002, nel periodo Luglio-Agosto 2003 il Dipartimento Provinciale di Lucca dell'ARPAT ha ritenuto opportuno effettuare una replica, implementando lo schema generale di

campionamento messo a punto nel 2002 e che dovrebbe consentire nell'arco di 4 anni una copertura dell'intero comprensorio della Versilia (comuni di Camaiore, Forte dei Marmi, Massarosa, Pietrasanta, Seravezza, Stazzema, Viareggio) tale da consentire una sempre maggiore attendibilità delle stime. Infatti, lo scopo dell'indagine è di stimare le concentrazioni di ozono nelle zone urbane, suburbane e remote della Versilia, anche e soprattutto dove non siano disponibili misure svolte da analizzatori automatici. Il presente rapporto riferisce sui risultati conseguiti.

Metodi

Concetto generale del sistema, natura dell'integrazione tra metodi di monitoraggio diversi (chimico-fisico per la calibrazione, biologico per la stima territoriale) e metodi di rilevamento sono rimasti invariati rispetto al 2002. Rimandiamo agli allegati tecnici dell'Annesso I dove vengono dettagliati i vari aspetti. Viceversa, coerentemente con l'impostazione originaria del lavoro, sono state spostate di 9 km tutte le stazioni di misura, ad eccezione delle tre stazioni di calibrazione localizzate forzatamente a Viareggio, Carignano, Porcari (queste ultime due fuori Versilia).

Stazioni di rilevamento 2003, bioindicatori e periodo di rilevamento

Nella Tab. 1 sono riportati i punti di campionamento estratti e le località dove è stato effettivamente installata la stazione di biomonitoraggio per la campagna 2003. Per ulteriori approfondimenti sulle stazioni si rimanda alle schede dettagliate in allegato. Come si vede le stazioni coprono tutta la Versilia, anche in senso altimetrico. La stazione di Monte Croce-Aleva è formalmente esterna alla Versilia in senso stretto, ma la sua presenza serve a definire le condizioni di contorno in modo da migliorare la mappatura.

Tab. 1 – Coordinate dei punti di riferimento ed effettiva localizzazione delle stazioni della rete 2003 in Versilia

codice	nome	Punto di riferimento			Localizzazione stazione		
		Coordinate		Altitudine	Coordinate		Altitudine
		x	y	m slm	x	y	m slm
7	Montaltissimo	1613000	4883000	600	1613790	4882523	585
15	Fiumetto	1595000	4865000	0	1595441	4865562	3
17	Anticiana	1613000	4865000	555	1612427	4864486	514
28	Basati	1599500	4874000	650	1599342	4872944	504
29	Monte Croce- Aleva	1608500	4874000	1100	1609459	4874450	919
35	Pieve - Nocchi	1608500	4865000	520	1607658	4864495	250
41	Piaggetta - Lago Massaciuccoli	1608500	4856000	2	1607722	4855720	0
A	Carignano	Stazione di calibrazione			1616746	4858249	102
B	Viareggio	Stazione di calibrazione			1601230	4858050	3
C	Porcari	Stazione di calibrazione			1630122	4855019	12

I bioindicatori utilizzati sono state piante di tabacco (*Nicotiana tabacum*) cv. Bel W3 allevate in serra climatizzata e lasciate in campo per otto settimane con una sostituzione avvenuta alla quinta settimana di esposizione.

Rilevamento dei sintomi

La campagna è stata condotta nel periodo 11 Giugno – 6 Agosto 2003. La cadenza dei rilevamenti è stata settimanale (ogni Mercoledì). Il rilevamento è stato curato dai tecnici ARPAT. Le stazioni sono state visitate settimanalmente per la valutazione del danno fogliare, effettuata secondo procedure operative standardizzate (Ferretti et al., 1996). Il danno tipico da O₃ (costituito da piccoli *spot* necrotici di colore dal bianco al nero) è stato valutato secondo categorie percentuali codificate da 0 (nessun danno) a 8 (>40 % della superficie della foglia coperta da necrosi) (Fig. 1).

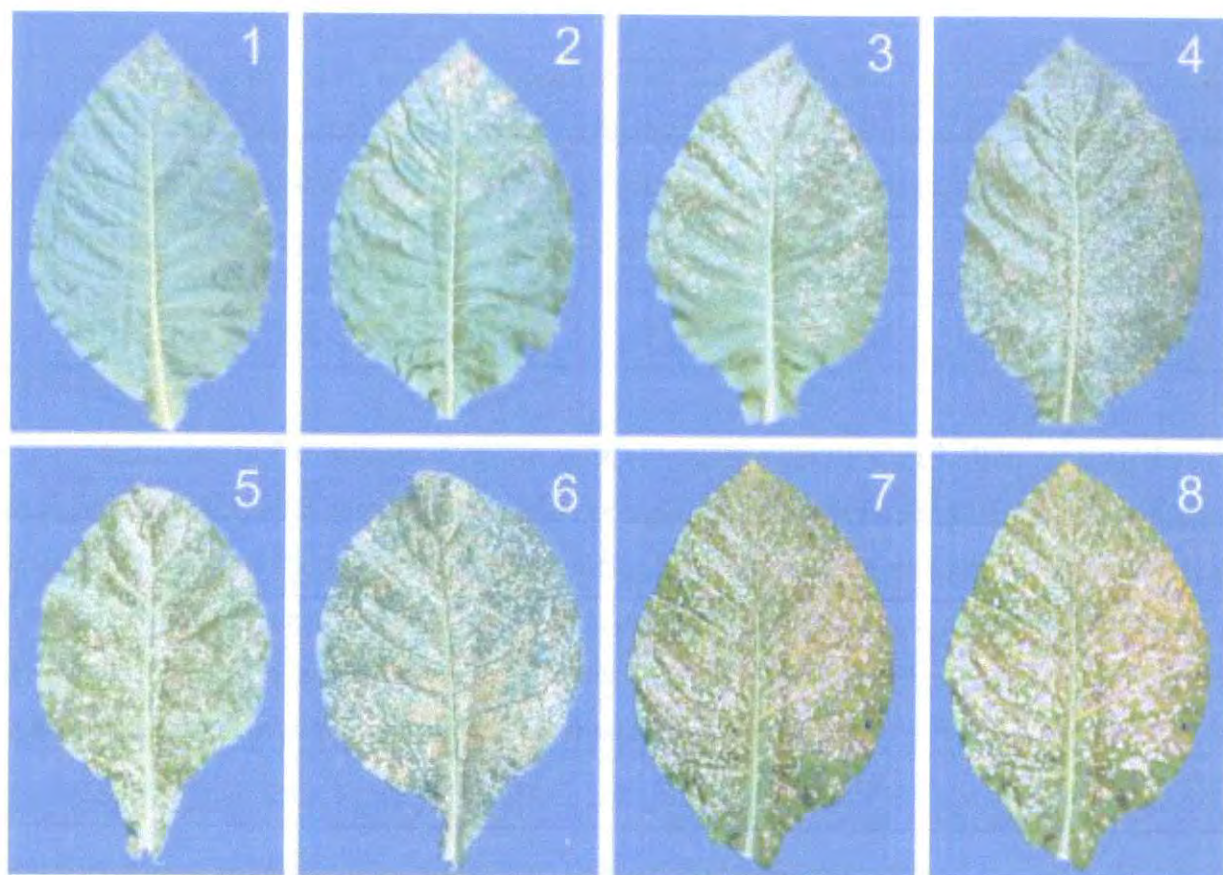


Fig. 1 – Esempio di sintomi fogliari e standard di valutazione.

Dai dati di danno fogliare è stato poi calcolato l'indice di danno fogliare (LII, *Leaf Injury Index*) secondo la formula:

$$LII = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \Delta_f$$

dove

LII = Indice di danno fogliare (*Leaf Injury Index*)

N = Numero di foglie valutato alla settimana n-1

Δ_f = Differenza tra le valutazioni effettuate alla settimana n e alla settimana n-1

Sono state escluse dal computo le foglie che alla settimana N avevano ricevuto una valutazione di superficie danneggiata >2 per evitare fenomeni di danneggiamento non esclusivamente connessi all'esposizione ad ozono, ma riconducibili a fenomeni endogeni di collassamento dei tessuti.

Procedure di assicurazione di qualità

Le diverse fasi operative sono state sviluppate in maniera armonizzata e standardizzata. I risultati dei controlli di campagna evidenziano come l'obiettivo di qualità prefissato (90% delle valutazioni entro ± 1 classe rispetto al controllo) è stato raggiunto per cui i dati sono da considerare coerenti ed affidabili. Per ulteriori approfondimenti vedere gli allegati tecnici.

Risultati

Lo scopo dell'indagine è di stimare, a partire dalla valutazione dei sintomi fogliari sui bioindicatori, le concentrazioni di O_3 nel comprensorio della Versilia ed effettuare un confronto con le situazioni 2000 e 2002. Le stime sono basate sulla verifica della relazione tra sintomi fogliari rilevati sui bioindicatori e concentrazioni di O_3 misurati dalle centraline e quindi sulla possibilità di prevedere i livelli di O_3 tramite le equazioni di regressione. Le fasi di mappaggio sintomi, correlazione, regressione per cui si ottengono le stime di O_3 sono descritte di seguito.

Distribuzione territoriale dei sintomi sui bioindicatori

I sintomi da O_3 sulle piante bioindicatrici vengono riportati in termini di Indice di Danno Fogliare (*Leaf Injury Index*, LII; vedi Metodi). I sintomi sono stati osservati in tutte le stazioni installate e a tutte le date. Nella stazione di Aleve, in conseguenza di un danneggiamento alle piante, nella terza e quarta settimana è mancata la lettura dei sintomi (Tab. 3; Fig. 3), ma tale fatto non ha compromesso la comparabilità dei dati. Infatti, uno studio effettuato comparando le medie calcolate sulle stesse settimane e le relazioni tra valori calcolati su 5 e su 7 settimane ha dimostrato che questa mancanza di dati non distorce la media stazionale. I sintomi più intensi sono stati registrati al 18 Giugno ed al 23 Luglio, ma le differenze tra le varie settimane sono in genere limitate. Se ne conclude che, nel periodo Giugno-Luglio 2003, l' O_3 è risultato in grado di causare sintomi visibili su tutti i bioindicatori ed in tutte le stazioni attivate in Versilia. I valori massimi assoluti sono stati registrati ad Aleve, nel comune di Vergemoli fuori dall'area Versilia, ma valori medi poco più bassi si sono registrati nelle stazioni dell'area versiliese di Pieve ed Anticiana, sempre nella zona montana. Viceversa, i valori medi più bassi sono stati registrati nella stazione di Viareggio (Fig. 2).

Tab. 3 -Valori medi di LII alle varie date e stazioni. NR: non rilevati (piante danneggiate).

N.	nome	18/06/	25/06/	02/07/	09/07/	16/07/	23/07/	30/07/	06/08/	Media	Max
7	Montaltissimo	0,95	0,35	1,06	1,11	1,41	1,87	1,08	1,05	1,11	1,87
15	Fiumetto	1,81	1,40	1,40	1,60	1,09	1,91	1,77	1,16	1,52	1,91
17	Anticiana	2,50	1,81	1,38	1,09	1,49	2,31	1,93	1,52	1,75	2,50
28	Basati	1,89	1,00	1,05	1,34	1,31	1,81	1,35	1,33	1,39	1,89
29	Aleva	1,94	1,30	NR	NR	2,87	2,11	1,81	1,83	1,98	2,87
35	Pieve	2,21	1,65	2,15	1,45	1,32	1,91	2,06	1,85	1,82	2,21
41	Piaggetta	1,43	1,38	1,42	1,11	1,04	1,15	1,38	1,27	1,27	1,43
A	Carignano	1,88	0,90	1,08	1,00	0,87	1,08	0,81	0,39	1,00	1,88
B	Viareggio	0,95	0,88	0,90	0,83	0,67	0,53	0,82	0,67	0,78	0,95
C	Porcari	0,76	0,62	1,21	0,56	0,26	0,59	1,10	0,38	0,68	1,21
	Media	1,71	1,22	1,34	1,22	1,40	1,70	1,53	1,34		
	Max	2,50	1,81	2,15	1,60	2,87	2,31	2,06	1,85		

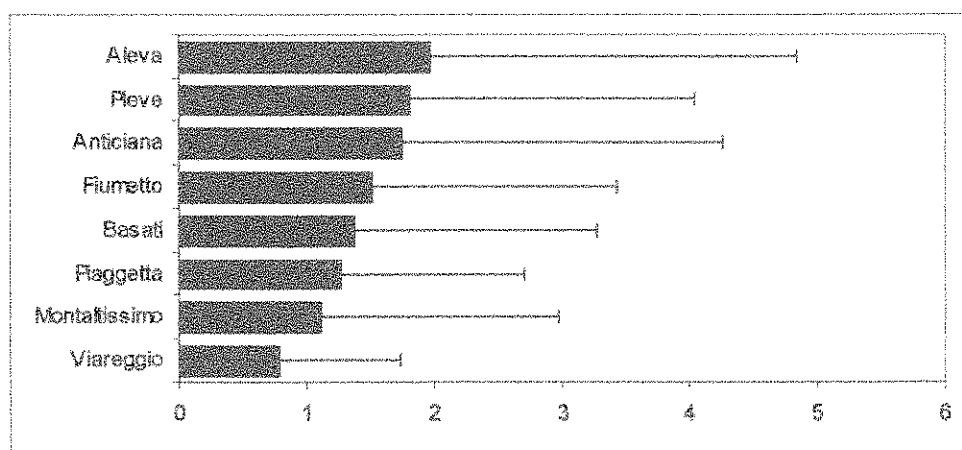


Fig. 2 -- Illustrazione dei valori di LII alle varie stazioni. L'istogramma rappresenta la media dei valori di LII, mentre la barra sottile rappresenta il valore massimo di LII nelle varie stazioni.

La Fig. 3 riporta la mappa dei valori di Indice di Danno Fogliare (Leaf Injury Index = LII) in termini di deviazione rispetto alle condizioni medie. Ogni classe, rappresentata da un colore diverso, equivale infatti ad una volta la deviazione standard della media delle n celle di 2x2 km in cui è stata suddivisa la Versilia. Le condizioni peggiori in termini di danni fogliari causati da O_3 (rappresentate nella mappa dai colori verde chiaro e scuro) sono state rilevate nella zona interna delle Alpi Apuane e, più estesamente, nell'area costiera ad est di Pietrasanta e nelle zone collinari di Camaiore e della val Freddana.

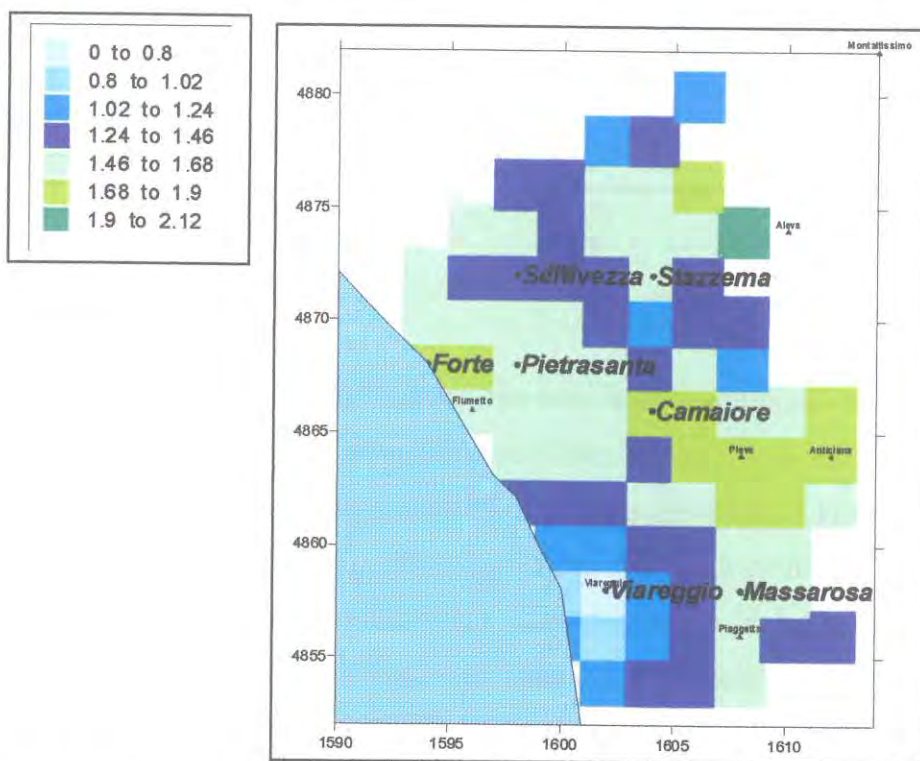


Fig. 3 - Distribuzione spaziale dei valori medi di Indice di Danno Fogliare. I colori dal blu scuro al blu chiaro indicano condizioni progressivamente migliori rispetto alla media; i colori dal verde chiaro al verde scuro indicano condizioni progressivamente peggiori della media.

Concentrazioni di ozono misurate dalle centraline automatiche e relazione con i sintomi fogliari

I dati delle concentrazioni di O_3 sono stati forniti da ARPAT-Dipartimento Provinciale di Lucca. La Tab. 4 riporta i valori della media settimanale sulle 24 ore (sigla M24), della media settimanale nelle ore calde tra le 9 e le 16 (M7), della media settimanale dei massimi orari (M1), rispettivamente descrittori di esposizione cronica (M24) ed acuta (M7 e M1). Occorre considerare che la disponibilità dei dati non è stata la stessa per le tre centraline e, soprattutto per Viareggio a causa del periodo molto breve di funzionamento della centralina, i dati vanno considerati come indicativi. I valori più elevati di M1 sono stati misurati nella stazione di Porcari, mentre quelli di M24 a Carignano (Tab. 4); l'andamento contrastante tra medie e massimi di ozono è un fatto sempre più ricorrente e riportato anche a livello internazionale.

Tab. 4 – Valori medi settimanali (M1, M7, M24; vedi testo per spiegazioni) per le varie stazioni nel periodo dal 18 luglio al 6 agosto 2003. Fra parentesi è indicato il numero di settimane utilizzate per il calcolo della media finale. I valori della concentrazione di O_3 sono espressi in $\mu g \cdot m^{-3}$.

Stazione	M1, media dei max. orari	M7, media tra le 9 e le 16	M24, media giornaliera
Carignano	109 (5)	96 (5)	77 (5)
Porcari	124 (8)	98 (8)	69 (8)
Viareggio	108 (1)	103 (2)	74 (1)

I valori di M24, M7, M1 misurati dalle centraline sono stati confrontati con i valori medi di LII relativi alle stesse settimane e nelle stesse stazioni (Tab. 5). Per avere più dati di confronto sono stati utilizzati anche i dati della stazione di Settignano della provincia di Firenze (cortesia ARPAT Dip.to Provinciale Firenze, Dr. Grechi), dove, nell'estate 2003, si è svolta una campagna analoga a quella di Lucca e pienamente confrontabile con essa in quanto i bioindicatori provenivano dalla stessa popolazione ed i rilevatori erano anch'essi sottoposti a controlli di qualità. Il confronto con la centralina di Viareggio non è stato possibile in quanto i dati utilizzabili si riferiscono solo a 1-2 settimane (Tab. 4). La Fig. 4 riporta le relazioni tra M1, M7, M24 e LII: all'aumentare dell'ozono aumenta anche il danno fogliare. In base a queste relazioni, e con la cautela dovuta all'esiguo numero di dati, è possibile stimare le concentrazioni di ozono per tutta la provincia.

Tab. 5 – Concentrazioni di O_3 e valori di LII nelle varie stazioni attive nell'estate 2003. Dati in $\mu g \cdot m^{-3}$.

Stazione	Periodo	M1	M7	M24	LII
Carignano	25/6-16/7, 6/8	109	96	77	0,85
Porcari	18/6-6/8	124	103	69	0,68
Settignano	19/6-10/7, 7/8	148	128	97	2,28

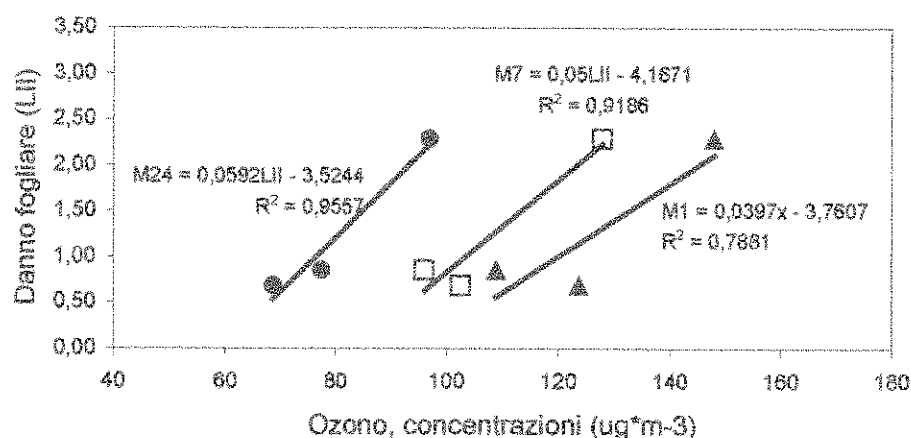


Fig. 4 – Relazioni tra O_3 e danno fogliare per i descrittori della concentrazione di ozono M1, M7 e M24.

Stima dei livelli medi di ozono nella Versilia

Le stime sono state effettuate utilizzando le equazioni di regressione ottenute dai dati delle stazioni di calibrazione (Carignano, Porcari). Da queste equazioni sono stati quindi calcolati i valori di M1, M7, M24 per tutte le stazioni dotate di analizzatore automatico. I valori così calcolati, definiti come O_3 stimato ($M1_{stim}$, $M7_{stim}$, $M24_{stim}$) sono stati confrontati con i valori rilevati, definiti come O_3 misurato ($M1_{mis}$, $M7_{mis}$, $M24_{mis}$) (Tab. 6). Le differenze tra valori misurati e valori stimati variano tra -7.3 e 9.2% (M1), -4.9 e 6.3% (M7) e -2.6 e 4.3% (M24). Sulla base di questi risultati è stata effettuata una mappatura dei vari descrittori di O_3 a livello provinciale (Fig. 6). Le mappe vanno considerate tenendo presente gli errori statistici (l'errore di stima del valore mappato e l'errore di stima della regressione). Le celle bianche individuano quote >1000 m slm, per le quali, in virtù della maggiore incertezza, non vengono fornite stime.

Tab 6 -Valore di O_3 misurato, stimato e rispettiva differenza percentuale sull'intero periodo.
Mis= valori misurati; stim=valori stimati; diff%=differenza percentuale. Dati in $\mu g \cdot m^{-3}$.

Stazioni	Coordinate		M1mis	M1stim	Diff%	M7mis	M7stim	Diff%	M24mis	M24stim	Diff%
Carignano	1616	4858	109	119	9,2	96	102	6,3	77	75	-2,6
Porcari	1630	4856	124	115	-7,3	103	98	-4,9	69	72	4,3

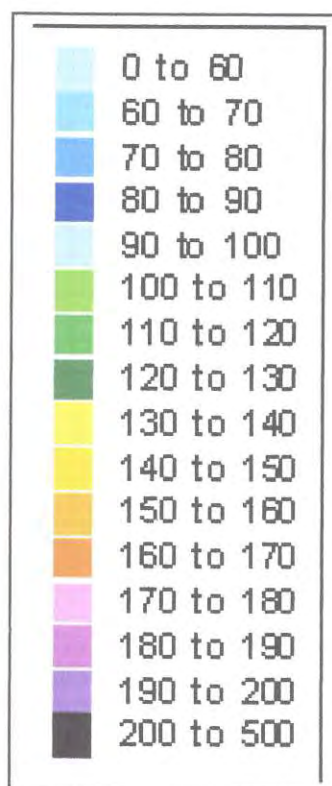
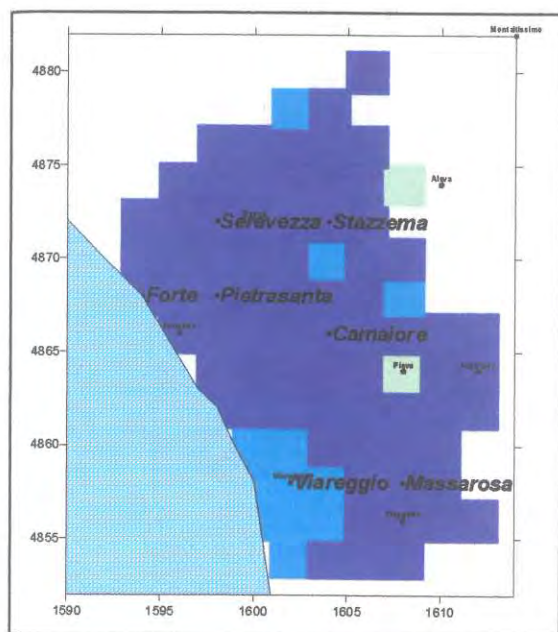
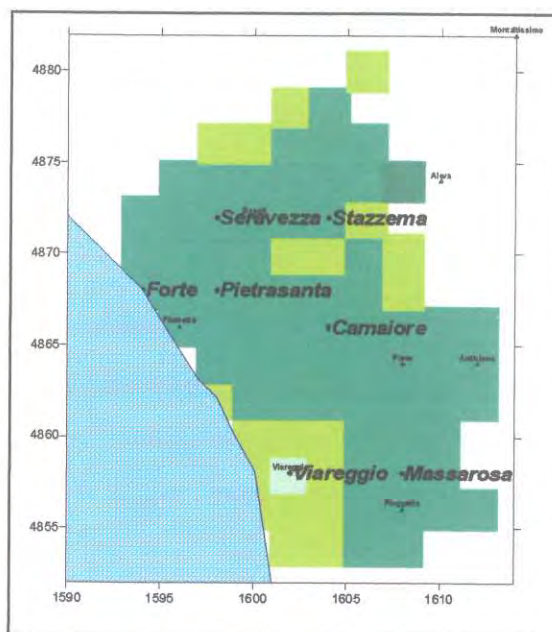
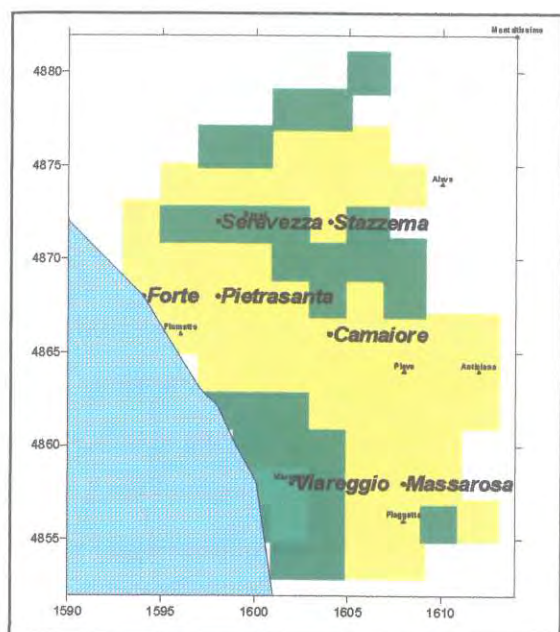


Fig. 6 - Stima dei valori medi massimi orari (M1) in alto a sx, valori medi delle ore più calde tra le 9 e le 16 (M7) in alto a destra e valori medi settimanali (M24) in basso, nel periodo 18 giugno-6 agosto 2003 per celle di 2x2 km. I valori sono espressi in $\mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$.

La distribuzione dei valori di O_3 evidenzia livelli stimati più elevati con direzione NO-SE. I massimi orari stimati passano da 110-130 $\mu g \cdot m^{-3}$ delle zone costiere sud occidentali e 120-130 nella parte collinare a NE del comprensorio, ai 130-140 lungo la direttrice NO-SE prima menzionata. Andamenti analoghi, seppur per livelli di O_3 ovviamente più bassi, sono evidenti per gli altri descrittori, M7 ed M24.

Variazioni 2002-2003

Il confronto fra la distribuzione spaziale dei sintomi (LII) mostra la tendenza nell'ultimo anno ad una zonizzazione dei sintomi in tre aree distinte: la zona costiera viareggina, la zona con direzione NO-SE e la parte collinare posta a nord est della Versilia. Al contrario, nel 2002 i sintomi hanno una distribuzione più diffusa e frastagliata, con sintomi più leggeri lungo quasi tutta la costa e nella parte centro orientale di tutto il comprensorio (Fig 7).

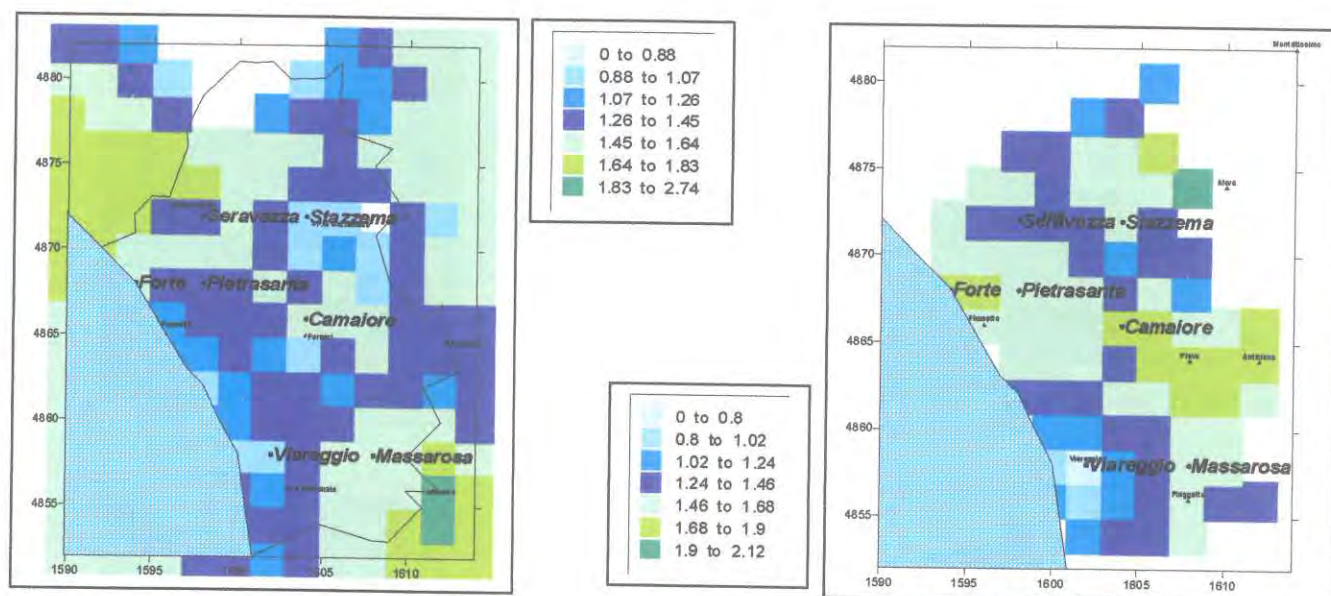
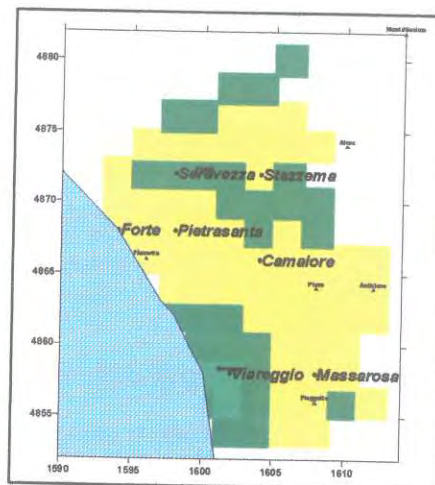
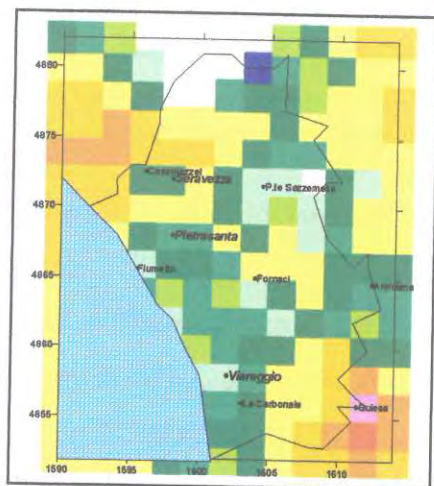


Fig. 7 – Distribuzione spaziale dei valori medi di LII nei periodi 10 luglio-4 settembre 2002 (sx), 18 giugno-6 agosto 2003(dx), per celle di 2x2 km.

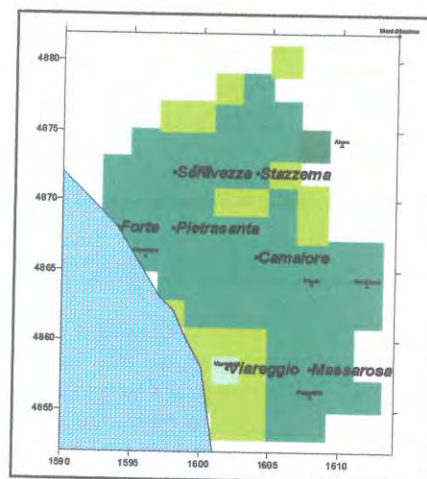
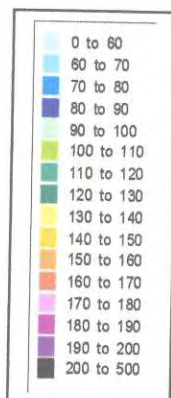
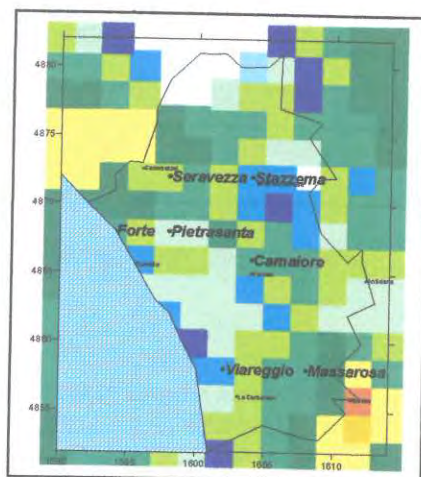
Il confronto della distribuzione dei valori di O_3 tra il 2002 e il 2003 mostra due elementi principali:

(i) nel 2003 le concentrazioni medie stimate sono superiori rispetto al 2002: (ii) nel 2003 è evidente una maggiore zonizzazione sia dei valori più alti, concentrati principalmente lungo una fascia che va da NO a SE della zona esaminata, sia medio-bassi, localizzati nelle colline NE e lungo la costa vicino a Viareggio. Tale andamento si ripete per tutti i descrittori, fatta eccezione per M24 che presenta una distribuzione più ampia dei valori più alti (Fig. 8).

M1



M7



M24

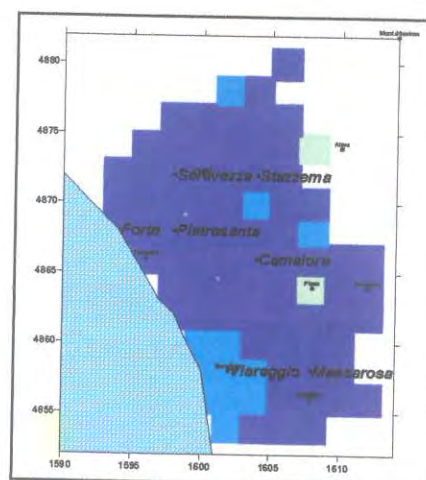
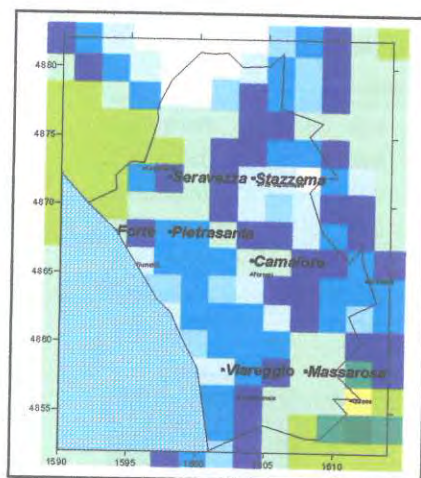


Fig. 8 - Stima dei valori medi massimi orari (M1) in cima, valori medi delle ore più calde tra le 9 e le 16 (M7) al centro e valori medi settimanali (M24) in basso, nei periodi 10 luglio-4

settembre 2002 (sx), 18 giugno-6 agosto 2003 (dx) per celle di 2x2 km. I valori sono espressi in $\mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$.

Le concentrazioni medie massime settimanali di O_3 a livello dei sette comuni dell'area versiliese sono state stimate secondo i principi già descritti, mediando successivamente i dati tra le celle di 2x2 km appartenenti allo stesso comune. Il giudizio di qualità - miglioramento o peggioramento - è stato espresso considerando due soglie di differenza tra i valori del 2002 e 2003: differenze comprese nell'intervallo 10%-20% e differenze >20% rispetto al valore del 2002. Differenze inferiori al 10% non sono state considerate.

Nel caso di M1_{med} tra il 2002 ed il 2003, si osserva un aumento nei territori dei comuni di Camaiore e Stazzema. Solo nel territorio comunale di Seravezza è stata stimata una diminuzione delle concentrazioni massime del 2003 rispetto al 2002, diminuzione comunque inferiore al 10%. Per quanto riguarda M24_{med} , analogamente ad M1 , nei comuni di Camaiore e Seravezza è osservabile un peggioramento, mentre un miglioramento (questa volta superiore al 10%) è riscontrabile per Seravezza. In generale si può osservare che i territori dove si registrano miglioramenti o peggioramenti di M1 si hanno variazioni nello stesso senso (miglioramenti o peggioramenti) anche per M24 .

Tab. 7 – Stima delle concentrazioni massime di O_3 (M1_{med}) e settimanali (M24_{med}) nei territori dei comuni della provincia di Lucca e loro variazioni tra il 2002 ed il 2003. Segno positivo e colori giallo e rosso: aumento; segno negativo e colori azzurro e verde: diminuzione. I dati sono espressi in $\mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$.

Comune	Altitudine media stimata m slm	M1_{med}			M24_{med}		
		2002	2003	Diff. %	2002	2003	Diff. %
Camaiore	405	120	133	10,8	78	86	10,3
Forte dei Marmi	266	135	135	0,0	93	88	-5,4
Massarosa	199	131	130	-0,8	89	84	-5,6
Pietrasanta	222	124	132	6,5	82	85	3,7
Seravezza	466	139	130	-6,5	97	84	-13,4
Stazzema	736	117	130	11,1	75	84	12,0
Viareggio	75	113	123	8,8	71	77	8,5

Legenda

	valori 2003 nettamente inferiori al 2002 (>20%)
	valori 2003 inferiori al 2002 (10-20%)
	valori 2003 superiori al 2002 (10-20%)
	valori 2003 nettamente superiori al 2002 (>20%)

Stato medio 2002-2003

Grazie al design di campionamento adottato e l'acquisizione dei dati nel secondo anno è possibile descrivere in maniera più precisa la qualità dell'aria dell'area versiliese in relazione all'inquinamento da ozono utilizzando congiuntamente i dati 2002-2003. Per quanto riguarda i massimi orari la maggior parte del territorio è compreso tra i $130\text{-}140\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$, con l'eccezione di una area attorno a Viareggio che mostra i livelli più bassi, stimati tra $110\text{-}120\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$, e di altre due zone, una attorno a Stazzema e l'altra all'estremità nord occidentale della area versiliese, con livelli tra $120\text{-}130\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$. Analoga distribuzione spaziale denotano gli altri due indicatori M7 e M24, con la particolarità di una sempre minore diversificazione dei livelli dell'inquinante su tutto il territorio e conseguente maggiore uniformità territoriale passando da M7 a M24.

Sintesi dei risultati delle tre campagne 2000 – 2002 - 2003

Come precedentemente accennato, per motivi diversi l'area versiliese è stata oggetto fin dal 2000 di indagini di biomonitoraggio finalizzate a conoscere la qualità dell'aria rispetto a diversi inquinanti tra i quali l'ozono. L'indagine di biomonitoraggio svolta del 2000 doveva fornire dati sulla condizione dell'inquinamento *ante-operam* in relazione agli impianti di smaltimento RSU di Falascaia e Poggio Gatto. Le indagini del 2002 e 2003 invece erano estese a tutto il territorio della Versilia, le stazioni erano localizzate secondo una griglia regolare di distribuzione e alcune stazioni di rilevamento in continuo affiancavano i biomonitori per tarare la risposta delle piante. Riteniamo interessante proporre una valutazione sul periodo 2000-2003. E' possibile effettuare un confronto dei risultati rappresentandoli in funzione dell'Indice di Danno Fogliare (*Leaf Injury Index* = LII) per le stazioni indicate in Tab. 8. Per eliminare il fattore di incertezza dovuto all'eventuale diversa sensibilità delle piante utilizzate ai vari anni, nella mappatura i valori di LII sono stati relativizzati, dividendoli per il massimo a ciascun anno; in questa maniera, tutti i valori risultano adimensionali e compresi nell'intervallo 0-1. Questo confronto è utile per visualizzare gli andamenti spaziali secondo una scala coerente.

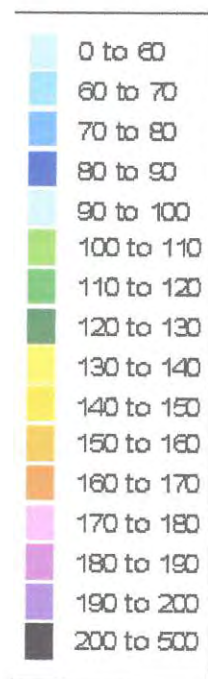
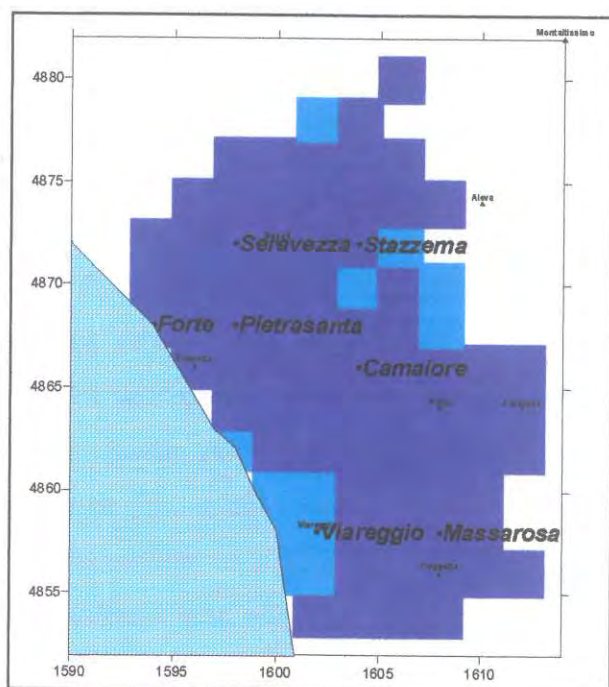
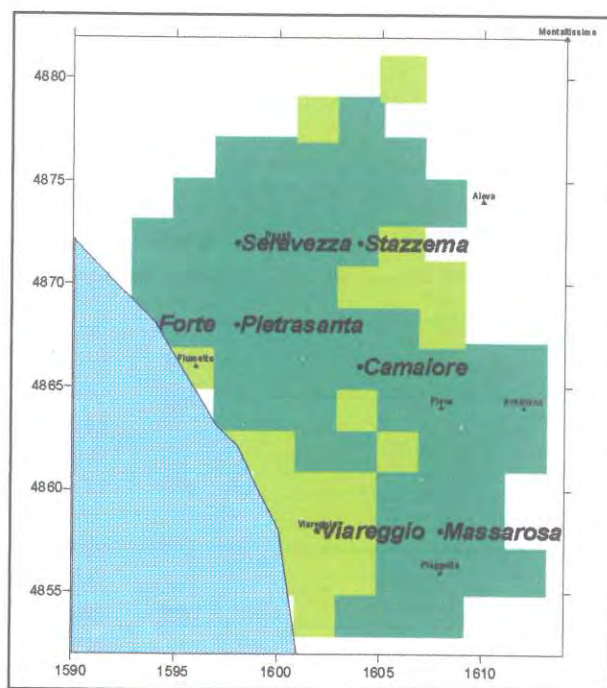
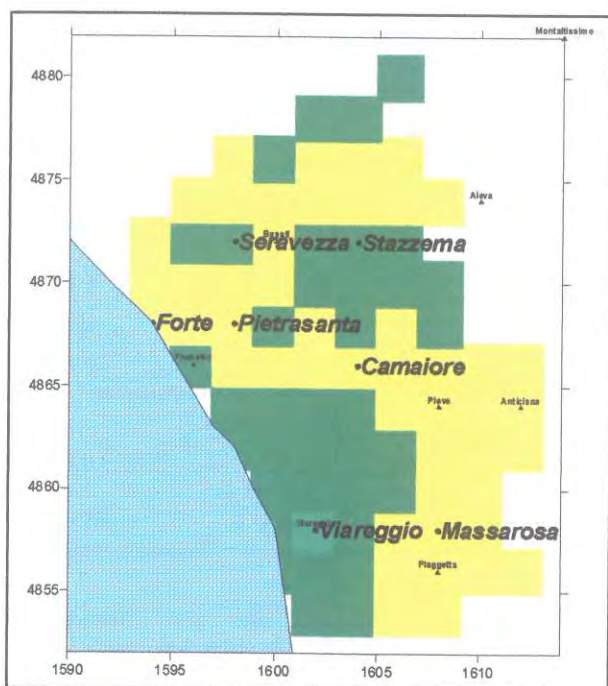
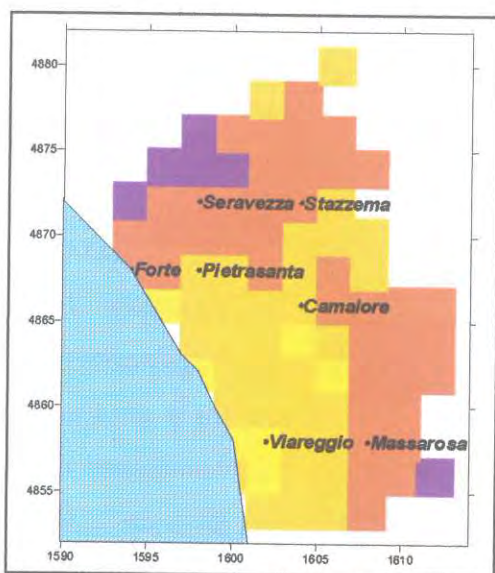


Fig. 9 - Stima dei valori medi massimi orari (M1) in alto a sx, valori medi delle ore più calde tra le 9 e le 16 (M7) in alto a destra e valori medi settimanali (M24) in basso, calcolati come media dei valori 2002-2003, per celle di 2x2 km. I valori sono espressi in $\mu\text{g m}^{-3}$

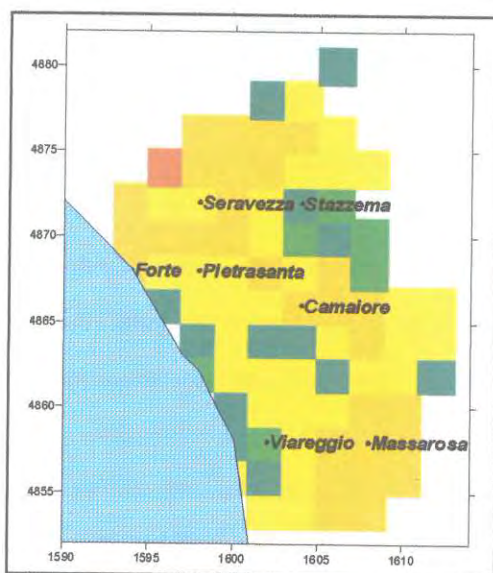
Tab. 8 – Stazione di biomonitoraggio dell'ozono attive negli anni 2000-2003 nell'area versiliese. E' indicato per ogni stazione l'Indice di Danno Fogliare (LII) medio misurato sul periodo di esposizione delle piante.

Nome stazione	Anno	Coordinate stazioni		Altitudine m slm	LII medio misurato		
		x	y		21/08 - 02/10/2000	10/07 - 04/09/2002	11/06 - 6/08/2003
Arginello	2000	1602980	4858620	4	1,25	-----	-----
Montaltissimo	2003	1613790	4882523	585	-----	-----	1,11
Casa Mazzei	2000, 2002	1596039	4872539	100	1,68	1,36	-----
Mulina - P.te Stazzemese	2000, 2002	1604396	4871567	225	1,24	1,06	-----
Fiumetto	2000, 2002, 2003	1595423	4865568	3	1,24	1,07	1,52
Camaiore - Fornaci	2000, 2002	1603956	4864970	75	0,97	1,05	-----
Anticiana	2000, 2002, 2003	1612334	4864632	514	1,30	1,62	1,75
Le carbonaie	2000, 2002	1603088	4856031	0	1,20	1,25	-----
Compignano - Quiesa	2000, 2002	1611318	4855919	275	1,60	2,09	-----
Basati	2003	1599342	4872944	504	-----	-----	1,39
Pieve - Nocchi	2003	1607658	4864495	250	-----	-----	1,82
Piaggetta - Lago Massaciuccoli	2003	1607722	4855720	0	-----	-----	1,27
Viareggio	2002, 2003	1601230	4858050	3	-----	0,99	0,78

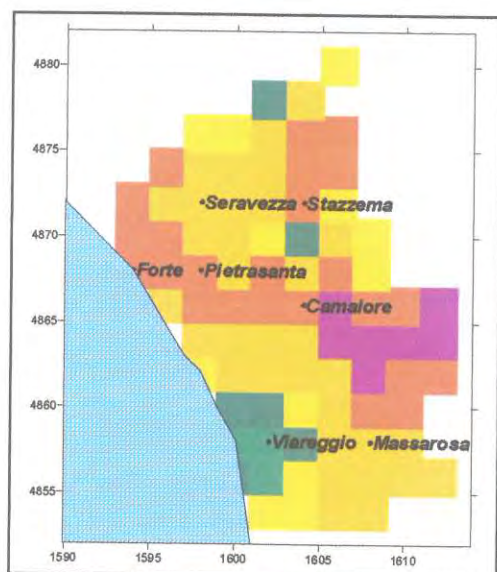
Solo le stazioni di Fiumetto ed Anticiana, localizzate ad altitudini differenti, sono rimaste attive nei tre anni. Il valore di LII più elevato è stato rilevato a Compignano nel 2002, mentre quello più basso a Viareggio, sia nel 2002 che nel 2003. Dalla mappatura a livello territoriale di LII relativizzato è possibile individuare tre zone dove LII nei tre anni ha avuto un andamento tipico: una zona costiera con centro Viareggio e che si estende a Nord fino a Marina di Pietrasanta con i livelli di danno più bassi; due zone, una zona montana a nord di Seravezza, al confine della provinci, ed una collinare attorno a Camaiore, con i livelli di danno più elevati. Secondo le relazioni verificate tra danno fogliare ed ozono, a queste zone corrispondono livelli di versi di ozono. I bassi valori stimati per la fascia costiera sono con ogni probabilità attribuibili alla rimozione fisica e chimica dell'ozono operata da un lato dai venti di mare e dall'altro dagli ossidi di azoto prodotti localmente dall'intenso traffico che si svolge lungo la direttrice tirrenica e nei centri abitati che vi si trovano dislocati.



LII relativizzato 2000



LII relativizzato 2002



LII relativizzato 2003

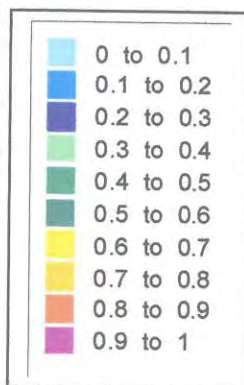


Fig. 10 – Mappatura dell'Indice di danno fogliare relativizzato per l'area versiliese nei tre anni 2000 (in alto), 2002(al centro) e 2003 (in basso). La legenda è unica per le tre figure

Conclusioni

La campagna di monitoraggio biologico svolta nell'estate 2003 ha evidenziato un impatto dell' O_3 su tutte le piante in tutti i siti della rete. La struttura della rete di biomonitoraggio allestita (design di campionamento ed affiancamento di alcune stazioni di biomonitoraggio a quelle di rilevamento in continuo), la continuità e la coerenza della raccolta dei dati nei due anni 2002 e 2003 hanno permesso l'estrapolazione di risultati su tutta la Versilia. La principale evidenza è che la maggior parte del territorio è interessato da concentrazioni stimate di ozono attorno ai $130-140 \mu g \cdot m^{-3}$ senza alcuna distinzione tra zone a differente morfologia e/o esposizione.

I dati sono stati elaborati anche per singolo comune ed evidenziano concentrazioni medie massime settimanali attorno ai $120-135 \mu g \cdot m^{-3}$, con valori più bassi a Viareggio. In genere, c'è un aumento tra il 2002 ed il 2003, più marcato nei comuni di Camaiore e Stazzema.

I risultati sono maggiormente avvalorati dal confronto tra i valori di danno fogliare nel periodo 2000-2003. Il confronto ha permesso di individuare e confermare alcune zone critiche (le aree montane a nord di Seravezza e quelle collinari alle spalle di Camaiore) con elevati livelli di danno alle piante che, in virtù delle relazioni tra sintomi e concentrazioni di ozono, sono interpretabili come zone con maggiore presenza di questo inquinante.

Un altro importante elemento costituito dalla rete allestita sul territorio versiliese è la possibilità di utilizzare le informazioni emerse da tali indagini come primo passo per avviare un sistema di gestione di qualità dell'ambiente (Fig. 11) a livello comprensoriale e comunale, con i vantaggi che ne derivano per un territorio a vocazione turistica (Tab. 9).



Fig. 11 – Schema del processo di gestione ambientale certificata.

Tab. 11 – Possibili benefici derivanti da un Sistema Certificato di Gestione Ambientale

Principali benefici derivanti dall'applicazione del Sistema di Gestione Ambientale		
Per gli Enti territoriali: Maggiore efficienza interna Miglioramento della qualità ambientale Nuove occasioni di dialogo con gli altri soggetti presenti nel territorio Coinvolgimento degli altri soggetti su obiettivi, dapprima limitati e poi sempre più forti Visibilità dei risultati	Per i "fornitori di qualità ambientale": Utilizzo trasparente del marchio di "fornitori di qualità ambientale" Utilizzo dei circuiti informativi per diffondere i propri prodotti e valorizzare l'immagine Possibilità di avvicinarsi ad altri strumenti di sviluppo sostenibile	Per amministratori, cittadini ed utenti del territorio: Miglioramento dei rapporti tra i vari soggetti del territorio e riduzione di possibili situazioni di conflittualità Condivisione di dati ed informazioni utili al miglioramento della qualità ambientale Possibilità per i consumatori di avere informazioni certe e sottoposte a controllo riguardo le prestazioni ambientali delle aziende qualificate

Bibliografia ed ulteriori letture

- Allegrini I., Brocco D., 1995 - The historical development of atmospheric pollution and its effects in Italy. In: G. Lorenzini and G.F. Soldatini (eds.): Responses of plants to air pollution, Agricoltura Mediterranea, s.v., 11-22.
- Bermejo V.; Gimeno B.S.; Granados I.; Santamaria J.; Irigoyen J.J.; Bermejo R.; Porcuna J.L.; Mills G., 2002 - Investigating indices to explain the impacts of ozone on the biomass of white clover (*Trifolium repens* L. cv. Regal) at inland and coastal sites in Spain. *New Phytologist*, 156 (1) : 43-55.
- Bini G., 1998. Firenze: il rischio ozono. *Net*: 36-39.
- Bussotti F., Ferretti M., 1998. Air Pollution, Forest Condition and Forest Declines in Southern Europe. An Overview. *Environmental Pollution*, 101: 49-65.
- Butkovic, V., Cvitas, T., Klasing, L., 1990 - Photochemical ozone in the Mediterranean. *Science of the Total Environment* 99, 145-151.
- Chaloulakou A., Assimacopoulos D., Lekkas T., 1999 - Forecasting daily maximum ozone concentrations in the Athens basin. *Environ. Monitor. Assess.* 56, 97-112.
- Dollard, G., Fowler, D., Smith, R.I., Hjellbrekke, A.-G., Uhse, K., Wallasch, M.: 1995, 'Ozone measurements in Europe'. *Water, Air, Soil Pollution*, 85: 1949-1954.
- European Environment Agency, 1999, *Environment in the European Union at the turn of the century*, Luxembourg: Office for the Official Publications of the European Communities (Dobris report No 2).
- Ferretti M., 2000. "Design e procedure di assicurazione di qualità dei dati per una rete nazionale per il rilevamento della qualità dell'aria mediante l'indice di biodiversità lichenica". Unpublished report prepared for the National Environmental Protection Agency (ANPA), Rome, Italy, Contract Prot. N. 19420, Pos. AUG Z, 00/AMB/58-3050-75.
- Ferretti M., Cenni E., Pisani B., Righini F., Gambicorti D., De Santis P., Bussotti F., 1992 - Biomonitoraggio di inquinanti atmosferici - un'esperienza integrata nella Toscana costiera. *Acqua-Aria*, 8, 747-758.
- Ferretti M., Mansuino S., Pallicca P., 1996 - Progetto pilota europeo sull'uso di bioindicatori di inquinamento atmosferico in aree urbane - Manuale di Campagna. Non pubblicato.
- Ferretti M., Pellegrini M. (a cura di), 1998. I vegetali come bioindicatori di inquinamento atmosferico

- in città italiane. Risultati, Problemi, Prospettive. Pubblicato congiuntamente da: Comune di Bologna, META spa Modena e Provincia di Firenze.
- Ferretti M., Gavilli G., Grossoni P., Lorenzini G., Pellegrini M., 1998a. Biomonitoraggio di ozono, metalli in traccia, zolfo e cloro a Firenze nel 1996. In: Ferretti M. e Pellegrini M. (a cura di), 1998. I vegetali come bioindicatori di inquinamento atmosferico in città italiane. Risultati, Problemi, Prospettive. Pubblicato congiuntamente da: Comune di Bologna, META spa Modena e Provincia di Firenze.
- Ferretti M., Caldini G., Lorenzini G., Nali C., Cenni E., 1998b - *Monitoraggio biologico di ozono nella provincia di Firenze nell'estate 1998. Progetto "Qualità dell'aria nella provincia di Firenze valutata mediante monitoraggio biologico."* Project package 1. Provincia di Firenze, Settore Ambiente, 24 pp.
- Ferretti M., Mazzali C., Sarti C., 2000° - Sviluppo di un Sistema Permanente Integrato Chimico-fisico e Biologico per il Monitoraggio della Qualità dell'Aria nella Provincia di Firenze. Provincia di Firenze, Settore Ambiente, 31 pp.
- Ferretti M., Caldini G., Galanti E., Grechi D., Lazzaroni F., Mazzali C., Sarti C., 2000b - *Il Sistema Permanente Integrato per il Monitoraggio della Qualità dell'Aria nella Provincia di Firenze. Risultati della Campagna 2000.* Progetto "Qualità dell'aria nella provincia di Firenze valutata mediante monitoraggio biologico." Project package 1. Provincia di Firenze, Settore Ambiente, 34 pp.
- Ferretti M., Caldini G., Grechi D., Lazzaroni F., Mazzali C., Sarti C., 2002 - *Il Sistema Permanente Integrato per il Monitoraggio della Qualità dell'Aria nella Provincia di Firenze. Risultati della Campagna 2001.* Progetto "Qualità dell'aria nella provincia di Firenze valutata mediante monitoraggio biologico." Project package 1. Provincia di Firenze, Settore Ambiente, 36 pp.
- Ferretti M., Caldini G., Grechi D., Andrei S., Sarti C., Mazzali C., 2003° - *Il Sistema Permanente Integrato per il Monitoraggio della Qualità dell'Aria nella Provincia di Firenze. Risultati della Campagna 2001.* Progetto "Qualità dell'aria nella provincia di Firenze valutata mediante monitoraggio biologico." Project package 1. Provincia di Firenze, Settore Ambiente, 35 pp.
- Ferretti M., Andrei S., Mazzali C., Giordano P., 2003b - *Il Sistema Permanente Integrato per il Monitoraggio della Qualità dell'Aria nella Provincia di Firenze. Sintesi dei risultati 2000-2002 e prospettive.* Progetto "Qualità dell'aria nella provincia di Firenze valutata mediante monitoraggio biologico." Project package 1. Provincia di Firenze, Settore Ambiente.
- Ferretti M., Andrei S., Sarti C., Cenni E., Cozzi A., 2003c - *Monitoraggio biologico dell'ozono (O₃) in provincia di Lucca. Risultati della campagna 2002.* 23 pp. ARPAT Dipartimento provinciale di Lucca.
- Fumagalli I., Gimeno B.S., Velissariou D., De Temmerman L., Mills G., 2001 - Evidence of ozone induced adverse effects on crops in the Mediterranean region. *Atmospheric Environment* 35(14): 2583-2587.
- Grechi D., Bruni M., 1998 - Misure di ozono nell'area metropolitana di Firenze. In: Ferretti M. e Pellegrini M. (a cura di), 1998. I vegetali come bioindicatori di inquinamento atmosferico in città italiane. Risultati, Problemi, Prospettive. Pubblicato congiuntamente da: Comune di Bologna, META spa Modena e Provincia di Firenze.
- Heck W.H., Chappelka A., Hunt W.F., Innes J.L., Unsworth M. (eds.), 2003 - Future Directions in Air Quality Research: Ecological, Atmospheric, Regulatory/Policy/Economic, and Educational Issues. *Environmental International* 29, 2-3: 123-413.
- Heggstad H. E., 1991 - Origin of Bel-W3, Bel-C and Bel-B tobacco varieties and their use as indicator of ozone. *Environmental Pollution* 74: 264-291.
- Lorenzini G., Landi U., Loppi S., Nali C., 2003 - Lichen distribution and bioindicator tobacco plants give discordant response: A case study from Italy. *Environmental Monitoring and Assessment*, 82(3): 243-264
- Lorenzini G., Panattoni A. & Guidi L., 1987 - Rilevamento biologico di ozono, fluoruri e metalli pesanti a Firenze, Arezzo e Pisa nell'estate 1986 con l'impiego di piante indicatrici e accumulatrici. In: *Qualità dell'Aria-Indicatori Biologici-Api e Piante*, AICS: 46-57.
- Lorenzini G., Guidi L. & Panattoni A., 1988 - Valutazione dei livelli e degli effetti di inquinanti atmosferici con l'impiego di indicatori biologici. Risultati di un'esperienza su scala regionale. *Acqua Aria*, 3, 289-302.
- Lorenzini, G., 1993 - Towards an ozone climatology over the Mediterranean basin: environmental aspects. *Medit*, 4, 53-59.
- Lorenzini, G., 1995 - 'Why biomonitoring of air pollutants with plants has difficulty in taking off', in: Lorenzini, G. & Soldatini, G.F. (Eds), *Responses of plants to air pollution*, Pacini, Pisa: 170-173.
- Matheron G., 1963 - Principles of geostatistics. *Econ. Geol.*, 58: 1246-1266.
- Matheron G., 1971 - The theory of regionalized variables and its applications. *Les Cahiers du Centre de Morphologie Mathématique de Fontainebleau* no. 5, 208 pp.
- Mignanego L., Biondi F., Schenone G., 1990 - *Biomonitoraggio dell'ozono nel Nord Italia.*

- Contributi ENEL alla conoscenza di problematiche ambientali, Documento 21: pp. 27 + annessi.
- Millán M., Salvador R., Mantilla E., Artifano B., 1996 - Meteorology and photochemical air pollution in southern Europe: experimental results from EC research projects. *Atmospheric Environment* Vol. 30, No. 12, pp. 1909-1924.
- Nali C., Ferretti M., Pellegrini M., Lorenzini G., 2001 - Monitoring and biomonitring of surface ozone in Florence, Italy. *Environmental Monitoring and Assessment* 69 (2) : 159-174.
- Nali C., Pucciariello C., Lorenzini G., 2002 - Mapping ozone critical levels for vegetation in Central Italy. *Water Air Soil Pollution* 141 (1-4) : 337-347.
- Nali C., Pucciariello C., Lorenzini G., 2002 - Ozone distribution in central Italy and its effect on crop productivity. *Agriculture Ecosystems Environment* 90 (3) : 277-289.
- Natale G., 2002 - Sistema provinciale di rilevamento della qualità dell'aria della provincia di Lucca. Risultati dei rilevamenti periodo Gennaio 1995-Giugno 2002.
- Piccini C., Salvati S., (a cura di): 1999 Atti del Workshop Biomonitoraggio della qualità dell'aria sul territorio nazionale. Serie: Atti 2/1999, Agenzia Nazionale per la Protezione dell'Ambiente: 337 pp.
- Vorne V, Ojanpera K; De Temmerman L; Bindi M; Hög P; Jones MB; Lawson T; Persson K, 2002 - Effects of elevated carbon dioxide and ozone on potato tuber quality in the European multiple-site experiment 'CHIP-project'. *European J. Agronomy*, 17 (4) : 369-381.

Allegati tecnici

Allegati tecnici	1
Metodi	2
Base concettuale.....	2
Strategia e tattica di campionamento	2
Le stazioni di rilevamento nell'estate 2003	2
Bioindicatori utilizzati e periodo di rilevamento	2
Rilevamento dei Sintomi.....	3
Calibrazione bioindicatori-analizzatori automatici	3
Quality Assurance	3
Adozione di procedure operative standard (SOPs) e Limiti di Qualità dei Dati (DQLs)	3
Controlli di campagna	3
Trattamento e presentazione dei dati	4
Elaborazioni statistiche	4
Mappaggio	4
Schede di descrizione delle stazioni.....	6

Metodi

Base concettuale

Gli elementi caratterizzanti la campagna di monitoraggio sono stati:

- la rete di rilevamento mediante analizzatori chimico-fisici, dedicata alla *misura* di determinati inquinanti su un numero limitato di punti del territorio provinciale distribuiti secondo i criteri definiti dalla legislazione vigente. Questa rete fornisce i dati in ottemperanza alle leggi vigenti, permette la valutazione dei trend temporali di brevissimo, breve, medio e lungo periodo e fornisce i dati di riferimento per la calibrazione dei bioindicatori. Nel 2003, il rilevamento di O₃ con metodi strumentali è stato effettuato nelle stazioni di Carignano (zona collinare nei dintorni di Lucca), Viareggio (centro urbano, zona ad elevato traffico), Porcari (zona urbana). Per ulteriori approfondimenti consultare il sito <http://www.arpat.toscana.it/aria/index.html>
- la rete di monitoraggio biologico, dedicata alla *stima* dei livelli di O₃ su un numero elevato di punti distribuiti sistematicamente sul territorio provinciale. Questa rete dovrebbe fornire la possibilità di estendere al territorio provinciale le misure effettuate dalle reti di analizzatori chimico-fisici. Per la strategia e la tattica di campionamento (disegno complessivo e dimensionamento della rete) si rimanda a Ferretti et al., 2003c; per le caratteristiche delle stazioni formanti la rete 2003 si rimanda alle schede descrittive.

I partner che hanno cooperato al progetto sono stati ARPAT dipartimento di Lucca (coordinamento, rilevamento sintomi, raccolta ed elaborazione dei dati O₃ forniti dalle centraline automatiche, revisione dei rapporti) e LINNÆA ambiente Srl, Firenze (progettazione, fornitura bioindicatori, Quality Assurance, operazioni di campagna, attrezzamento della rete, elaborazione dati e reporting).

Strategia e tattica di campionamento

LE STAZIONI DI RILEVAMENTO NELL'ESTATE 2003

Nei giorni 25 febbraio e 29 febbraio sono stati effettuati i sopralluoghi per l'individuazione delle località dove installare le stazioni facenti parti della griglia integrate con 3 di calibrazione (nella tabella indicate con "A", "B" e "C"), da utilizzare nella campagna di rilevamento 2003. All'atto della installazione è stato deciso di calibrare la rete su 6 stazioni, eliminando la n. 34 (Capezzano – Inceneritore) data la vicinanza ad altre stazioni aventi le medesime caratteristiche di quota ed esposizione. Per ulteriori approfondimenti sulle stazioni si rimanda alle schede dettagliate in allegato.

BIOINDICATORI UTILIZZATI E PERIODO DI RILEVAMENTO

I bioindicatori utilizzati sono state piante di tabacco (*Nicotiana tabacum*) cv. Bel W3 prodotte a cura di ARPA Emilia Romagna in condizioni controllate, ma non in aria filtrata, fino alla loro esposizione all'aria ambiente (vedi Lorenzini, 1999). Ogni *set* di piante è rimasto in campo per 4 settimane e poi sostituito con uno nuovo. In base agli obiettivi dell'indagine, e per contenere i costi, è stato deciso di concentrarsi su un periodo di due mesi, tra Giugno e Agosto.

Rilevamento dei Sintomi

La campagna è stata condotta nel periodo 11 Giugno – 6 Agosto 2003. La cadenza dei rilevamenti è stata settimanale (ogni Mercoledì). Il rilevamento è stato curato dai tecnici ARPAT. Le stazioni sono state visitate settimanalmente per la valutazione del danno fogliare, effettuata secondo procedure operative standardizzate (Ferretti et al., 1996). Il danno tipico da O₃ (costituito da piccoli *spot* necrotici di colore dal bianco al nero) è stato valutato secondo categorie percentuali codificate da 0 (nessun danno) a 8 (> 40 % della superficie della foglia coperta da necrosi). Ogni squadra ha sempre rilevato le stesse stazioni e – essendo il dato di base derivato dal confronto tra settimane successive – questo accorgimento dovrebbe limitare il peso della soggettività di valutazione.

Dai dati di danno fogliare è stato poi calcolato l'indice di danno fogliare (LII, *Leaf Injury Index*):

(1)

$$LII = \frac{\sum_0^N (C_n - C_{n-1})}{N}$$

dove:

LII = Indice di danno fogliare

N = numero di foglie valutato alla settimana n-1

C_n = punteggio della foglia alla settimana n

C_{n-1} = punteggio della foglia alla settimana n-1

Calibrazione bioindicatori-analizzatori automatici

Tre stazioni di bioindicatori sono state poste “fuori griglia” in vicinanza degli analizzatori automatici in modo da permettere uno studio correlativo tra concentrazione e/o dose di O₃ medio e sintomi fogliari medi rispetto all'intero periodo di biomonitoraggio. Le stazioni in parallelo sono state Carignano, Viareggio e Porcari.

Quality Assurance

ADOZIONE DI PROCEDURE OPERATIVE STANDARD (SOPs) E LIMITI DI QUALITÀ DEI DATI (DQLs)

Le diverse fasi operative, dalla comune provenienza dei semi dei bioindicatori alla fase di rilievo con l'imposizione di procedure operative standard (SOPs) e successivamente alla fase di archiviazione ed elaborazione dei dati, sono state sviluppate in maniera armonizzata e standardizzata.

CONTROLLI DI CAMPAGNA

Quest'anno in mancanza del corso di intercalibrazione, è stato dato particolare rilievo ai controlli di campagna, effettuati in due momenti volte: uno all'inizio della campagna di rilievo (giorno 18 Giugno) per aggiustare eventuali distorsioni, il successivo al termine della campagna per verificare il mantenimento degli standard (giorno 6 Agosto).

Limitatamente ai danni da ozono, tenendo presente che gli obbiettivi di qualità imposti espressi come DQLs erano del 90 % @ ± 1 classe, dalla tabella 2 si evidenzia che per singolo rilevatore il livello di riproducibilità è stato raggiunto da due rilevatori (il terzo si è attestato sul 75,6%), mentre tale obiettivo è stato raggiunto sul totale delle osservazioni (91,2%).

Tab. 2 - Frequenza e percentuale di accordo a vari livelli di precisione nei controlli di campagna. In grassetto i valori accettabili.

Deviazioni rilevatore- controllo classi	Rilevatore A Frequenza (n)	Rilevatore B Frequenza (n)	Rilevatore C Frequenza (n)	Totale osservazioni %
-4			8	3,2
-3			3	1,2
-2	1		10	4,4
-1	4		7	4,4
0	33	117	54	81,6
1	1	8	4	5,2
Totale osservatore	97,4	100	75,6	

Trattamento e presentazione dei dati

ELABORAZIONI STATISTICHE

La statistica descrittiva è stata calcolata per i valori di LII ai vari siti e date. L'andamento temporale è stato verificato calcolando la media dei valori medi per sito a ciascuna data. La relazione tra O_3 misurato e sintomi fogliari è stata investigata attraverso un'analisi correlativa che ha utilizzato 4 descrittori dell'esposizione ad O_3 : M24 (media sulle 24 ore), M7 (media sulle ore dalle 9 alle 16), M1 (media dei valori orari massimi).

MAPPAGGIO

Data la morfologia del territorio provinciale in cui i gradienti altimetrici sono importanti (Fig. 2), i dati sono stati corretti con una funzione che tiene conto della dipendenza dei valori di LII dalla quota, così come risultata dall'analisi dei dati. L'andamento spaziale dei valori di LII viene presentato mediante un'interpolazione spaziale utilizzando l'inverso della distanza al quadrato come algoritmo (Surfer 5.02, Golden Software Inc.). Ai fini della mappatura, sono state utilizzate celle di 2x2 km, evitando il classico *contouring* che avrebbe potuto ingenerare l'idea di una precisione delle stime superiore alla realtà.

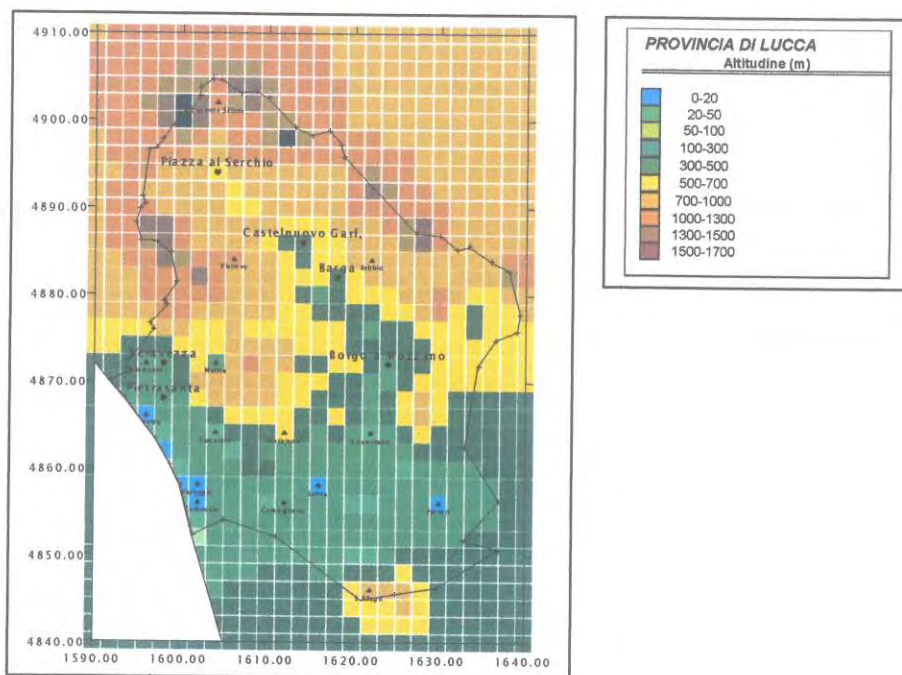


Fig. 2 – Quote nella provincia di Lucca ottenute interpolando i valori di 92 punti.

Schede di descrizione delle stazioni



LINNÆA
ambiente s.r.l.

ARPAT

Agenzia Regionale per la protezione ambientale della Toscana
Dipartimento provinciale di Lucca



Progetto
Monitoraggio biologico dell'ozono (O₃) zona Versilia

Campagna rilevamenti 2003 –
Scheda descrizione delle stazioni

Nome stazione

Piaggetta - Lago di Massaciuccoli

Coordinate di riferimento

X = 1608500

Y = 4856000

Coordinate della stazione

X = 1608100

Y = 4855720

Descrizione accesso alla stazione

Dall'abitato di Quiesa imboccare via del Molinaccio (cartello per Massaciuccoli - Oasi -). Dopo circa 700m deviare a DX in via della Piaggetta (presenza anche di cartello segnalatorio con indicazione "Piaggetta") (casa rossa all'angolo con lapide in pietra).
Percorrere la strada fino al suo termine di fronte a villa ottocentesca.
La stazione è nel giardino della Villa proprio al margine del lago.

Proprietario

Sig. Gaddo Gaddi Pepoli
Loc La Piaggetta - 55050 Quiesa
Tel 0584 - 975449

Altre note

Disponibilità acqua: presso la casa.
Suonare prima di entrare anche se il cancello è sempre aperto.
Il cane sembra feroce ma non lo è.



LINNEA
ambiente s.r.l.

ARPAT

Agenzia Regionale per la protezione ambientale della Toscana
Dipartimento provinciale di Lucca



Progetto

Monitoraggio biologico dell'ozono (O₃) zona Versilia

Campagna rilevamenti 2003 – Scheda descrizione delle stazioni

Nome stazione

Monte Croce

Coordinate di riferimento

X = 1608500

Y = 4874000

Coordinate della stazione

X = 1609600

Y = 4874620

Descrizione accesso alla stazione

Da Galliciano arrivare a Forno Volasco.

Da qui seguire le indicazioni per S. Pellegrinetto.

Dopo circa 1,5Km prendere per "Aleva" (**ATTENZIONE: Cartello in legno poco visibile!!!**) lasciando la strada asfaltata per strada bianca. Arrivare al gruppo di case.

La stazione è posta su un colletto sulla destra del gruppo di case

Proprietario

Giampaolo Piaceri
Camaione
Tel. 0584 - 989076

Altre note

Disponibilità acqua: alcuni punti sorgente lungo la strada bianca. E' comunque meglio portarsi una tanica.



LINNÆA
ambiente s.r.l.

ARPAT

Agenzia Regionale per la protezione ambientale della Toscana
Dipartimento provinciale di Lucca



Progetto Monitoraggio biologico dell'ozono (O₃) zona Versilia

Campagna rilevamenti 2003 – Scheda descrizione delle stazioni

Nome stazione

Nocchi- Buchignano

Coordinate di riferimento

X = 1608500

Y = 4865000

Coordinate della stazione

X = 1608240

Y = 4864680

Descrizione accesso alla stazione

Poco dopo l'abitato di Camaiore in direzione della strada della Val Freddana, prendere Via Gattarella per Pieve. Arrivati alla chiesa Romanica girare attorno e seguire le indicazioni per Buchignano (**l'indicazione è scritta in vernice bianca in basso su un muretto!!!**).

Prima dell'ultimo tornante in vista del paese, svoltare a DX in una strada cementata in forte discesa (**Non prendere la strada sterrata in piano!!**) passando di fronte ad abitazione con numero civico 349.

Proseguire lungo questa strada in discesa fare i due tornanti e, dopo una rete metallica sorretta da traversine dei binari, prendere a SN strada con fondo di terra.

Oltrepassare un impianto nuovo di peschi ed arrivare ad un grosso ciliegio.

La stazione è sulla prima balza a monte della strada 10 m prima del grosso ciliegio.

Proprietario

Maria Daiano e Mauro Barzanti
Loc. Colli - Pieve
Camaiore
Tel. 0584 - 951273

Altre note

Disponibilità acqua: in una cisterna vicino alla pieve di Buchignano (si trova circa 50m dopo l'ultimo tornante dove si imbecca la strada in discesa).

L'accesso alla stazione è libero



LINNEA
ambiente s.r.l.

ARPAT

Agenzia Regionale per la protezione ambientale della Toscana
Dipartimento provinciale di Lucca



Progetto

Monitoraggio biologico dell'ozono (O₃) zona Versilia

Campagna rilevamenti 2003 – Scheda descrizione delle stazioni

Nome stazione

Basati

Coordinate di riferimento

X = 1599500

Y = 4874000

Coordinate della stazione

X = 1599300

Y = 4873480

Descrizione accesso alla stazione

Dall'abitato di Seravezza prendere strada per Fabbiano e Basati **che passa** da Giustagnana (**non l'altra!!!**).

Poco oltre l'abitato di Giustagnana prendere sulla DX deviazione per Minazzana (ATTENZIONE: Deviazione poco visibile; c'è il cartello ma è in legno e poco visibile!!).

Lungo questa strada imboccare la Via Div. Tridentina (strada a fondo sterrato) e percorrerla fino al campo sportivo.

La stazione si trova su un poggetto su delle balze con giovani ulivi dietro la porta DX del campo.

Proprietario

Iacopi Clara
Via Voltola, 92
55040 Azzano (LU)
Tel 0584 - 773040 (ore cena 19.00 - 20.00)
tel 0584 - 773148 (ore pranzo 13.00)

Altre note

Disponibilità acqua: Non c'è acqua nelle vicinanze.
PORTARSI TANICA PIENA.
Vicino alla stazione **se** ci sono i proprietari **c'è** anche un cane lupo tenuto alla catena.
Nel qual caso farsi vedere dai proprietari che calmano il cane



LINNAEA
ambiente s.r.l.

ARPAT

Agenzia Regionale per la protezione ambientale della Toscana
Dipartimento provinciale di Lucca



Progetto

Monitoraggio biologico dell'ozono (O₃) zona Versilia

Campagna rilevamenti 2003 – Scheda descrizione delle stazioni

Nome stazione

Fiumetto - n.15

Coordinate di riferimento

X = 1595000

Y = 4865000

Coordinate della stazione

X = 1595423

Y = 4865568

Descrizione accesso alla stazione

Stazione posizionata in un giardino chiuso sabbioso del Bagno Coluccini, Viale a mare, loc. Fiumetto di Marina di Pietrasanta

Proprietario

Bagno Coluccini
Viale a mare loc. Fiumetto di Marina di Pietrasanta
0584 21138

Altre note



LINNEA
ambiente s.r.l.

ARPAT

Agenzia Regionale per la protezione ambientale della Toscana
Dipartimento provinciale di Lucca



Progetto

Monitoraggio biologico dell'ozono (O₃) zona Versilia

Campagna rilevamenti 2003 – Scheda descrizione delle stazioni

Nome stazione

Anticiana n. 17

Coordinate di riferimento

X = 1613000

Y = 4865000

Coordinate della stazione

X = 1612334

Y = 4864632

Descrizione accesso alla stazione

Da Lucca prendere direzione per Monte S. Quirico. Imboccare Via per Camaiore; dopo circa 10Km si trova il bivio per Anticiana. Seguendo le indicazioni arrivare al paese.
La stazione si trova dietro il paese

Proprietario

S. Felice Valeria Sawicki
Tel. 0584 971903

Altre note



LINNEA
ambiente s.r.l.

ARPAT

Agenzia Regionale per la protezione ambientale della Toscana
Dipartimento provinciale di Lucca



Progetto

Monitoraggio biologico dell'ozono (O₃) zona Versilia

Campagna rilevamenti 2003 – Scheda descrizione delle stazioni

Nome stazione

Montaltissimo - N. 7

Coordinate di riferimento

X = 1613000

Y = 4883000

Coordinate della stazione

X = 1613810

Y = 4882600

Descrizione accesso alla stazione

Sulla strada che collega gli abitati di Montaltissimo e Monte Perpoli (raggiungibile sia da Castelnuovo Garfagnana che da Galliciano e poi Molazzana) raggiungere la freccia indicatrice bianca per loc. Eremita.

Andando in direzione dell'abitato di Montaltissimo, dopo circa 20m sul bordo SN della strada si trova la stazione in un prato recintato da steccato con a fianco una costruzione in muratura.

Proprietario

Cassettari Mario
loc. Cascio Eremita
Montaltissimo
tel 0583 74187 oppure 0583 730180 (n. tel Cassettari Mariangela -figlia)

Altre note

Disponibilità acqua: alla casa dei proprietari cannella di libero accesso.
La casa è raggiungibile con sterrata seguendo l'indicazione loc. Eremita.
E' la prima casa che si incontra.
La stazione è di libero accesso



ARPAT

DIPARTIMENTO PROVINCIALE DI LUCCA



Dipartimento di Ingegneria Chimica,
Chimica Industriale e Scienza dei Materiali

Monitoraggio
Termovalorizzatore di
FALASCAIA

INDICE

1	Introduzione.....	2
2	Riferimenti di letteratura scientifica.....	2
2.1	Metalli pesanti	2
2.2	Tecniche campionamento	4
3	Metodo d'indagine.....	11
3.1	Modello concettuale.....	11
4	Individuazione punti di massima ricaduta	14
5	Campionamento.....	18
5.1	Aria	18
5.2	Suolo	19
6	Analisi.....	25
6.1	Aria	25
6.2	Suolo	25
6.3	Elaborazione risultati	27
7	Risultati.....	28
7.1	Aria	28
7.2	Suolo	33
7.2.1	Riproducibilità del campionamento.....	33
7.2.2	Riproducibilità analitica.....	33
7.2.3	Verifica campione medio.....	34
7.2.4	Risultati.....	34
8	Conclusioni.....	39
9	Appendice.....	40
9.1	Identificazione punti campionamento suolo.....	40
9.2	Verifica di riproducibilità del campionamento, riproducibilità analitica e validità del campione medio.....	41
9.3	Risultati dettagliati analisi suoli.....	42
9.4	Mappe dei risultati del monitoraggio dei suoli	43



ARPAT

DIPARTIMENTO PROVINCIALE DI LUCCA



UNIVERSITÀ DI PISA

Dipartimento di Ingegneria Chimica,
Chimica Industriale e Scienza dei Materiali

1 Introduzione

Il lavoro di indagine e ricerca svolto ha come scopo il monitoraggio dell'impianto di termovalorizzazione di rifiuti sito in località Falascaia, Comune di Pietrasanta. Il monitoraggio è stato sviluppato andando ad indagare tutti i comparti ambientali per valutarne le condizioni e poter verificare, negli anni, l'effettivo impatto dell'impianto in questione.

2 Riferimenti di letteratura scientifica

2.1 Metalli pesanti

I metalli pesanti presenti nell'ambiente derivano da fonti sia naturali che antropiche, come il substrato pedogenetico e le attività industriali, civili ed agrarie. Tali metalli sono presenti nel terreno in soluzione acquosa, sull'interfaccia liquido-solido o in fase solida.

I metalli associati alla fase acquosa del suolo sono soggetti a movimenti con l'acqua del suolo stesso e possono essere trasportati attraverso la zona vadosa fino all'acquifero. A differenza dei composti organici, i metalli non sono soggetti a degradazione, quindi permangono nel terreno per lungo tempo. Alcuni tuttavia, come Cr, As, Hg, possono passare dalla forma ossidata a quella ridotta e viceversa; di conseguenza possono variare le loro mobilità e tossicità. L'immobilizzazione attraverso il meccanismo dell'assorbimento e della precipitazione, può impedirne il movimento nell'acqua presente nel suolo. Una volta che il metallo viene introdotto nel terreno, il suo trasporto attraverso di esso non avviene in misura significativa, a meno che la capacità di ritenzione del suolo non venga superata o che l'interazione della matrice con il metallo non ne favorisca la mobilità. I cambiamenti delle condizioni del suolo nel tempo, come la degradazione della materia organica, le variazioni di pH, di potenziale redox o della composizione della soluzione, derivano sia dall'attività antropica che da processi naturali e possono aumentare la mobilità dei metalli. L'entità della contaminazione verticale è strettamente legata alla componente in soluzione ed alla chimica superficiale del suolo, in relazione naturalmente al tipo di metallo.

Nel suolo i metalli si trovano in una o più delle seguenti forme:

- 1) disciolti nella componente in soluzione del suolo;
- 2) nei siti di scambio dei costituenti inorganici del suolo;
- 3) assorbiti sui costituenti inorganici del suolo;
- 4) associati con la materia organica insolubile;



ARPAT

DIPARTIMENTO PROVINCIALE DI LUCCA



**Dipartimento di Ingegneria Chimica,
Chimica Industriale e Scienza dei Materiali**

- 5) come precipitati;
- 6) nelle strutture di minerali.

Nel caso in cui i metalli siano stati introdotti nell'ambiente attraverso l'attività dell'uomo, li ritrova in genere in una o più delle prime cinque forme. I metalli nativi possono invece trovarsi in qualsiasi forma tra le 6, a seconda della storia geologica dell'area in esame. La frazione acquosa è di importanza fondamentale quando consideriamo il potenziale di migrazione di un metallo associato alla matrice del terreno. I metalli nel suolo sono soggetti a trasferimenti di massa al di fuori del sistema per lisciviazione da parte dell'acqua, assorbimento da parte delle piante, volatilizzazione. La loro concentrazione in soluzione è regolata in ogni momento da un grande numero di processi tra i quali la complessazione con sostanze organiche ed inorganiche, le reazioni di ossidoriduzione, di dissoluzione-precipitazione e di assorbimento-desorbimento. La capacità di prevedere la concentrazione di un certo metallo dipende dall'accuratezza con cui possono essere calcolati questi equilibri multifase.

I metalli esistono in soluzione come ioni liberi, sotto forma di complessi con leganti organici ed inorganici, associati con componenti inorganici o con colloidali organici. Un complesso è definito come un'unità nella quale uno ione metallico centrale è legato da un certo numero di atomi o molecole (chiamati "leganti") secondo un modello geometrico ben preciso. I più comuni leganti inorganici sono: SO_4^{2-} , Cl^- , OH^- , PO_4^{3-} , NO_3^- e CO_3^{2-} . I leganti organici comprendono sostanze a basso peso molecolare come composti alifatici, aromatici, aminoacidi e costituenti solubili degli acidi fulvici. La presenza di complessi in soluzione, può influire in modo significativo sul trasporto del metallo attraverso la matrice del suolo. In seguito alla complessazione si può formare una specie carica positivamente o negativamente, o neutra: il complesso potrà quindi essere assorbito in modo più meno forte nel suolo rispetto allo ione metallico libero. Questo processo non influisce solo sull'assorbimento, ma anche sulla tossicità e biodisponibilità del metallo: lo ione libero in genere è maggiormente tossico e biodisponibile.

I metalli possono precipitare come solidi puri o misti, ossia formati da vari elementi che coprecipitano. Esistono numerosi tipi di coprecipitazione, inclusione, assorbimento che si distinguono in base al tipo di associazione che si instaura tra l'elemento in tracce e della fase o minerale ospite. L'assorbimento si distingue dalla precipitazione poiché il metallo non forma una fase solida nuova, ma si associa alla superficie di fasi solide esistenti.

Nella tabella seguente sono riportati i risultati di una serie di ricerche sull'assorbimento dei metalli e la loro affinità rispetto a diversi suoli e componenti di suoli. Benché si noti una maggiore affinità di Pb e Cu rispetto a Zn e Cd, l'ordine specifico di assorbimento dipende dalle proprietà del metallo, dal tipo di superficie e dalle condizioni sperimentali.



ARPAT

DIPARTIMENTO PROVINCIALE DI LUCCA



UNIVERSITÀ DI PISA

Dipartimento di Ingegneria Chimica,
Chimica Industriale e Scienza dei Materiali

Suolo o Costituenti del suolo	Ordine relativo di assorbimento	Riferimenti
Goethite	Cu>Pb>Zn>Co>Cd	Forbes et al., 1976
Ossidi di Fe	Pb>Cu>Zn>Cd	Benjamin and Leckie, 1981
Montmorillonite	Cd=Zn>Ni	Puls and Bohn, 1988
Kaolinite	Cd>Zn>Ni	Puls and Bohn, 1988
Suoli	Pb>Cu>Zn>Cd>Ni	Biddappa et al., 1981
Suoli	Zn>Ni>Cd	Tiller et al., 1984
Suoli minerali	Pb>Cu>Zn>Cd	Elliott et al., 1986
Suoli organici	Pb>Cu>Cd>Zn	Elliott et al., 1986
Suoli	Pb>Cu>Zn>Ni	

Tabella 1 Affinità dei metalli per suoli o costituenti di suoli. (adattato da McLean e Bledsoe, 1992)

La capacità di assorbimento di un suolo (sia di scambio che specifica) è determinata dal numero e dal tipo di siti disponibili. L'assorbimento di cationi metallici è stato correlato con proprietà del suolo come pH, potenziale redox, contenuto in argilla, materia organica, ossidi di Fe e Mn, CaCO_3 ; quello di anioni metallici al contenuto in ossidi di Fe e Mn, pH, potenziale redox. I processi di assorbimento sono influenzati dai citati fattori del suolo, dalla forma del metallo, dal tipo di solvente con il quale è introdotto il metallo. La risultante di tutte queste interazioni può portare ad un aumento o ad una diminuzione del movimento dei metalli nel suolo.

2.2 Tecniche campionamento

Sono state acquisite e rielaborate le più recenti tecniche e conoscenze riscontrate dai ricercatori nella progettazione e nello svolgimento del monitoraggio dei suoli, con specifico riguardo ai metalli pesanti provenienti da termovalorizzatori di rifiuti. Una volta in possesso di queste informazioni è stato possibile progettare la campagna di campionamento ed analisi. Un punto di cruciale importanza è stato la scelta della profondità di campionamento del suolo, ossia a quanti centimetri sotto al livello del terreno spingersi con i carotaggi. Dai lavori presi in esame sono state ottenute le informazioni riportate in tabella 2. Per una più completa informazione è stato inoltre studiato il comportamento dei metalli pesanti nel suolo. Tale studio, riportato in allegato A, è stato focalizzato sugli otto metalli pesanti di interesse per questo lavoro, ossia cadmio, arsenico, cromo, rame, mercurio, piombo, zinco e tallio. Da esso si evidenzia come i metalli in questione siano generalmente poco mobili lungo il profilo del suolo e si concentrino nei primi decimetri di profondità anche in seguito a massiccia contaminazione superficiale.



ARPAT

DIPARTIMENTO PROVINCIALE DI LUCCA



UNIVERSITÀ DI PISA

Dipartimento di Ingegneria Chimica,

Chimica Industriale e Scienza dei Materiali

Dall'analisi di queste informazioni, unite a quelle derivanti dagli studi riportati in tabella 2, è stato deciso di spingersi con il prelievo fino a 20 cm di profondità, ritenendo un campionamento di questo tipo significativo e rappresentativo della concentrazione dei metalli presenti.

Nel nostro caso i campionamenti sono stati effettuati su un argine, ossia su un terreno di riporto e non su un suolo. Sarebbe auspicabile conoscere la composizione di tale terreno, per verificare che siano valide le assunzioni fatte per quanto concerne il comportamento dei metalli pesanti nel suolo. Purtroppo queste informazioni non sono state reperibili presso il Comune di Pietrasanta; le uniche affermazioni che si possono fare sono che l'argine è stato costruito nel 1999 e che il terreno di riporto appartiene al gruppo A6 della classificazione UNI 10006. Fanno parte di questo gruppo le argille a limitata compressibilità e le argille limose contenenti sabbia e ghiaia in quantità minore del 65%.

REFERENCES	TIPO DI CAMPIONAMENTO
Menses et al. (1999)	Suolo: primi 3 cm, conservato in sacchetti da campionamento in polietilene.
Morselli et al. (2002)	Suolo: primi 5 cm, conservato in sacchetti da campionamento in polietilene.
Morselli et al. (2002)	Suolo: campioni di 1 Kg, conservati in buste di polietilene.
Morselli et al. (1992)	9 carote di suolo profonde 15 cm. per ogni sito di campionamento. Per ogni sito si costruisce una griglia di 10x10 m. ed i campioni vengono presi negli angoli dei quadrati di 5m. di lato. Ogni campione suddiviso in parte superficiale (primi 7 cm) e parte profonda (da 9 a 15 cm).
Collett et al. (1998)	Suolo: primi 10 cm; 4 campioni per quadrato presi in modo casuale.
Hutton et al. (1988)	5 carote di suolo (0-20 cm) combinate insieme a dare il campione per ciascun sito.
Morselli et al. (1999)	9 carote di suolo profonde 15 cm. per ogni sito di campionamento. Ogni campione suddiviso in parte superficiale (primi 7 cm) e parte profonda (da 9 a 15 cm).

Tabella 2 Schema riassuntivo del tipo di campionamento di suolo in alcuni studi presi in esame.

Nel caso in studio, il sito di campionamento presentava una vegetazione di tipo erbaceo. Essendo interessati all'analisi del solo terreno, prima di effettuare il carotaggio, la vegetazione è stata estirpata, eliminando dal terreno anche l'apparato radicale. Una volta estratta la carota di terreno, è stata posta in sacchetti di polietilene, appositamente numerati per l'identificazione del campione una volta in laboratorio. La creazione del campione medio è avvenuta mescolando in un 5° sacchetto circa metà del campione di ognuno dei 4 punti della campagna.

Esistono fondamentalmente quattro tipi di possibilità nel decidere dove e quando effettuare un campionamento:

- 1) campionamento "casuale non probabilistico";
- 2) campionamento con valutazione;



ARPAT

DIPARTIMENTO PROVINCIALE DI LUCCA



**Dipartimento di Ingegneria Chimica,
Chimica Industriale e Scienza dei Materiali**

- 3) campionamento di tipo probabilistico con conoscenza a priori della variabilità spazio-temporale e di altre informazioni;
- 4) campionamento di indagine;

Campionamento "casuale non probabilistico"

Il campionamento "casuale non probabilistico" incarna la filosofia che *"ogni localizzazione del campionamento sarà adatta"*. Questo atteggiamento spinge a prendere campioni in ogni sito e tempo utili e può portare a stime della media o di altre caratteristiche della popolazione dei dati affette da bias.

Il campionamento in questione è adatto se i dati in studio sono completamente omogenei, nel senso che la variabilità e la media del livello dell'inquinante non cambiano sistematicamente nella popolazione in esame. Questa affermazione risulta particolarmente stringente nella maggior parte degli studi di inquinamento ambientale.

Campionamento con valutazione

"Campionamento con valutazione" significa selezione soggettiva delle unità di popolazione. Per esempio, si può usare questo tipo di campionamento in popolazioni studio nelle quali è possibile controllare e vedere tutte le unità e selezionare quelle che sembrano essere rappresentative delle condizioni medie. In ogni caso, il soggetto può selezionare unità i cui valori sono sistematicamente troppo grandi o troppo piccoli rispetto alle effettive condizioni medie.

Se il soggetto è sufficientemente informato sulle caratteristiche della popolazione in esame, il campionamento con valutazione può dare stime accurate dei parametri della popolazione anche se non tutte le unità possono essere valutate visivamente. Tuttavia è difficile misurare l'accuratezza dei parametri stimati, per cui, benché il campionamento sia accurato, è difficile quantificarne il grado di accuratezza.

Campionamento di tipo probabilistico

Il campionamento di tipo probabilistico fa riferimento all'uso di uno specifico metodo di selezione random. Nella figura seguente (fig. 1) sono mostrati diversi disegni per questo tipo di campionamento per variabili spazialmente distribuite. Questi disegni possono essere applicati anche a campionamenti lungo una linea, sia spaziale che temporale, come illustrato di seguito.



ARPAT

DIPARTIMENTO PROVINCIALE DI LUCCA



UNIVERSITÀ DI PISA

Dipartimento di Ingegneria Chimica,
Chimica Industriale e Scienza dei Materiali

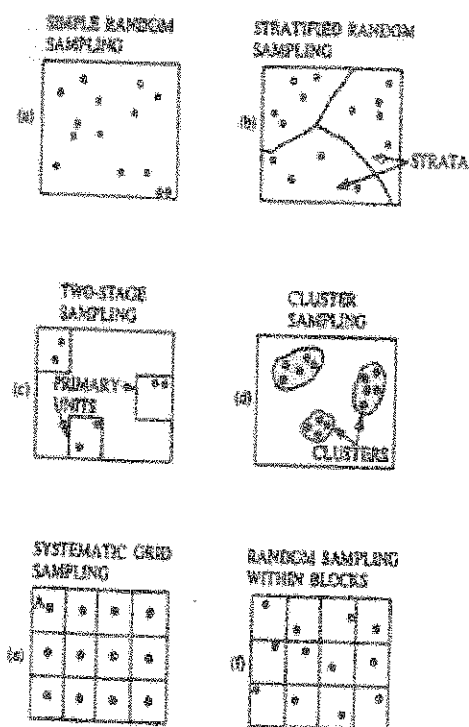


Fig. 1.1. Campionamento nello spazio

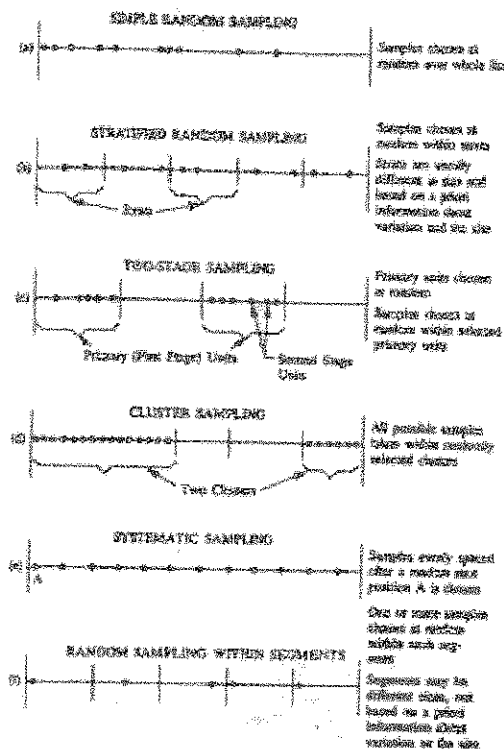


Fig. 1.2. Campionamento lungo una linea

Figura 1 Schemi di campionamento (Gilbert, 1987).

Il metodo di base del campionamento è il “campionamento casuale semplice”, figura 1.1 a), nel quale ognuna delle N unità di popolazione ha la stessa probabilità di essere selezionata per far parte delle n unità che saranno poi usate per le misure; la scelta di una unità non influenza la scelta della successiva. Il campionamento casuale semplice è appropriato per stimare i parametri di una popolazione quando la popolazione non contiene trends, cicli o ben precisi modelli di contaminazione.

Il “campionamento casuale stratificato” figura 1.1b 1.2b è un tipo di disegno nel quale la popolazione in studio viene divisa in L parti o sub-regioni non sovrapposte, chiamate strati, con lo scopo di ottenere una migliore stima dei parametri della popolazione. Le localizzazioni dei punti di campionamento sono selezionate in ciascuno strato col metodo del campionamento casuale semplice.

Il “campionamento a due stadi” invece (fig. 1.1c e 1.2c) è quello nel quale la popolazione viene inizialmente divisa in unità primarie. Quindi un set di unità primarie viene scelto usando il campionamento casuale semplice e ciascuna unità primaria viene ricampionata al suo interno in modo random.

Un esempio di questo tipo di campionamento è raccogliere campioni di acqua (unità primarie) all'interno delle quali selezionare poi una o più aliquote in modo random.



ARPAT

DIPARTIMENTO PROVINCIALE DI LUCCA

Dipartimento di Ingegneria Chimica,

Chimica Industriale e Scienza dei Materiali

Nel "campionamento a cluster" (fig. 1.1d e 1.2d) dei clusters (gruppi) di unità individuali sono scelte in modo random e all'interno del cluster selezionato sono esaminate tutte le unità. Questo metodo può essere necessario laddove fosse difficile o impossibile selezionare le singole unità ma ogni unità nel cluster fosse misurabile (per esempio nel caso di studio di organismi o piante può essere difficile ottenere un campionamento random, poiché sarebbe necessario numerare tutti gli organismi e selezionarne poi n).

Il "campionamento sistematico" (fig. 1.1e e 1.2e) consiste nell'effettuare le misurazioni in luoghi e tempi in accordo con un modello spaziale o temporale, per esempio ad intervalli equidistanti lungo una linea o su una griglia. Questo tipo di campionamento è in genere facile da implementare sul campo e studi statistici indicano che sia da preferire rispetto agli altri disegni per stimare media, numero totale e modelli di contaminazione. Nonostante ciò in questo caso è più difficile stimare la varianza delle medie ed altre grandezze statistiche rispetto al caso del campionamento random. Inoltre si potrebbe arrivare a conclusioni errate se il disegno di campionamento ricalcasse un non sospettato modello di contaminazione nello spazio o nel tempo.

Nella seguente figura sono rappresentati alcuni tipi di campionamento sistematico nello spazio.

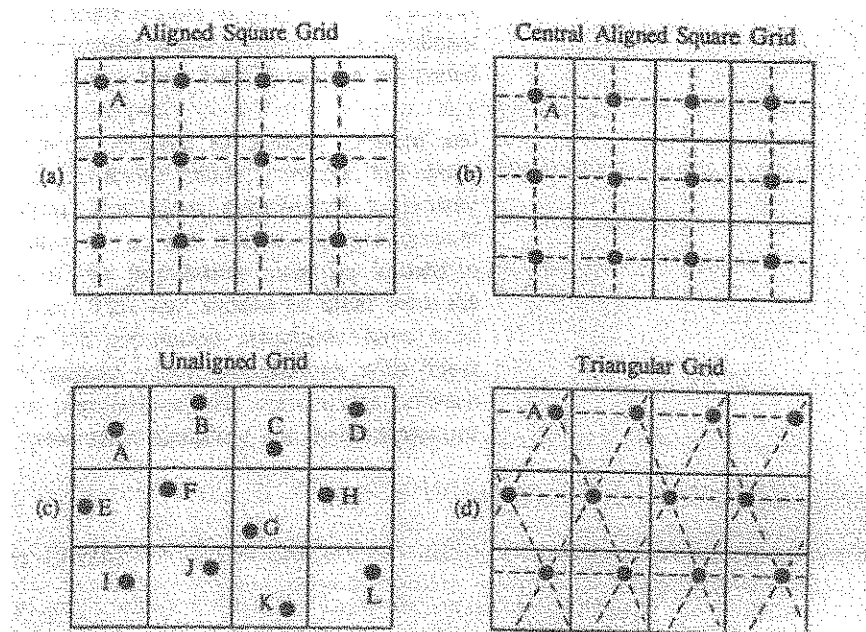


Figura 2 Esempi di campionamento sistematico (Gilbert 1987).

I disegni più semplici per campionare una certa area sono quelli allineati a griglia quadrata. Nel caso in cui venga scelto come punto di campionamento il centro del quadrato, parliamo di disegno allineato centrale a griglia quadrata (fig. 2a e 2b). Per determinare quali unità di popolazione devono essere campionate nel caso di campionamento allineato semplice a griglia quadrata, per prima cosa si fissa la



ARPAT

DIPARTIMENTO PROVINCIALE DI LUCCA



UNIVERSITÀ DI PISA

Dipartimento di Ingegneria Chimica,

Chimica Industriale e Scienza dei Materiali

distanza tra le linee della griglia, ossia si fissa n , quindi si estraggono due numeri random che corrispondono alle coordinate del primo punto (A in figura). I rimanenti punti si determinano partendo dal primo, fissando un nuovo punto ad ogni multiplo della larghezza di una maglia, fino a ricoprire tutta l'area di interesse. Nel caso di allineamento centrato, il punto A viene deliberatamente piazzato al centro della prima maglia.

Per evitare errori nella stima della media dovuti a non sospettate periodicità nello spazio, è consigliabile usare il disegno di campionamento non allineato (fig. 2c) che combina gli aspetti più utili del campionamento casuale semplice e di quello sistematico. La posizione dei punti di campionamento viene determinata nel modo seguente. Il primo punto (A) viene selezionato in modo random. La coordinata x di A viene poi usata con tre nuove coordinate random y per determinare i punti B, C e D. La coordinata y di A viene usata con due nuove coordinate random x per determinare i punti E ed I. La coordinata x di E e la y di B determinano il punto F, come E e C determinano G e così via fino al completo ricoprimento dell'area.

Il campionamento sistematico a griglia triangolare è una variazione di quello a griglia quadrata. Dopo aver scelto in modo random il punto A, gli altri punti si determinano mediante l'applicazione di una griglia triangolare.

Gli esempi in figura 1.1f e 1.2f combinano insieme il campionamento sistematico e quello casuale. Il sito (o la linea) è suddiviso in settori di taglia uguale (o segmenti) e uno o più campioni vengono presi all'interno di ciascun blocco (segmento) in modo casuale. Un approccio di questo tipo assicura una più uniforme copertura rispetto al campionamento casuale semplice.

Campionamento di indagine

Il campionamento di indagine viene effettuato per localizzare una fonte di inquinamento o un punto di elevata contaminazione (hot spot). La validità della procedura dipende dalla quantità e dalla qualità dell'informazione preliminare circa il "dove" e il "quando" cercare e dall'accuratezza delle misure effettuate nel tempo e nello spazio per guidare lo studio. L'indagine completa prevedrebbe la misurazione di tutte le unità della popolazione in osservazione, ossia di condurre un completo censimento. In pratica questo risulta molto oneroso e complesso e raramente messo in pratica.



ARPAT

DIPARTIMENTO PROVINCIALE DI LUCCA



UNIVERSITÀ DI PISA

Dipartimento di Ingegneria Chimica,

Chimica Industriale e Scienza dei Materiali

Type of Sampling Design	Conditions When the Sampling Design Is Useful
Haphazard sampling	A very homogeneous population over time and space is essential if unbiased estimates of population parameters are needed. This method of selection is not recommended due to difficulty in verifying this assumption.
Judgment sampling	The target population should be clearly defined, homogeneous, and completely assessable so that sample selection bias is not a problem. Or specific environmental samples are selected for their unique value and interest rather than for making inferences to a wider population.
Probability sampling	
simple random sampling	The simplest random sampling design. Other designs below will frequently give more accurate estimates of means if the population contains trends or patterns of contamination. (Chapter 4)
stratified random sampling	Useful when a heterogeneous population can be broken down into parts that are internally homogeneous. (Chapter 5)
multistage sampling	Needed when measurements are made on subsamples or aliquots of the field sample. (Chapters 6 and 7)
cluster sampling	Useful when population units cluster together (schools of fish, clumps of plants, etc.) and every unit in each randomly selected cluster can be measured.
systematic sampling	Usually the method of choice when estimating trends or patterns of contamination over space. Also useful for estimating the mean when trends and patterns in concentrations are not present or they are known a priori or when strictly random methods are impractical. (Chapter 8)
double sampling	Useful when there is a strong linear relationship between the variable of interest and a less expensive or more easily measured variable. (Chapter 9)
Search sampling	Useful when historical information, site knowledge, or prior samples indicate where the object of the search may be found.

Tabella 3 Schema riassuntivo dei disegni di campionamento (Gilbert, 1987).

Conclusioni

Disegni di campionamento di tipo probabilistico basati sulla selezione casuale o sistematica delle unità della popolazione sono raccomandati rispetto a quelli casuali non probabilistici e con valutazione.

Il campionamento casuale semplice è utile per stimare media e totale se la popolazione è omogenea, cioè non ha trends di contaminazione. Il campionamento sistematico con inizio casuale è da preferire al campionamento casuale semplice se l'obiettivo dello studio è monitorare la variabile nello spazio e nel tempo. Può anche essere usato per stimare media a totale purché gli intervalli di campionamento non coincidano con un modello ricorrente di contaminazione della popolazione. Il campionamento casuale stratificato è utile per stimare media ed altri parametri se gli strati stessi sono di interesse o se è richiesta una stima dei parametri della popolazione totale al di sopra degli strati. Il campionamento a due o più stadi è frequentemente necessario perché di solito non è possibile esaminare in intero l'area interessata al campionamento. Il campionamento multistadi può anche essere combinato con altri tipi di disegno. Il campionamento a cluster viene usato per stimare la media se è difficile selezionare in modo random le unità individuali e se tutte le unità nel cluster sono misurabili. Per il campionamento di indagine, l'efficacia dipende dall'informazione preliminare disponibile riguardante la localizzazione dell'oggetto da indagare.



ARPAT

DIPARTIMENTO PROVINCIALE DI LUCCA



UNIVERSITÀ DI PISA

**Dipartimento di Ingegneria Chimica,
Chimica Industriale e Scienza dei Materiali**

3 Metodo d'indagine

Non essendo disponibile un riferimento univoco alle procedure di monitoraggio ed analisi per la realtà in questione, è indispensabile sviluppare un metodo d'indagine, per integrare le politiche ambientali. Il metodo utilizzato per l'indagine oggetto della presente relazione è stato sviluppato appositamente per lo studio di una realtà particolare come quella determinata da un impianto di termovalorizzazione dei rifiuti che per tipologia e caratteristiche operative si differenzia notevolmente dai tradizionali impianti industriali. Pertanto, la messa a punto di un metodo di valutazione degli effetti delle ricadute ha come scopo quello di stabilire una procedura di investigazione integrata per più comparti ambientali. Tale metodo permette sia di valutare la qualità dell'aria, e la presenza di inquinanti nel suolo e nella vegetazione, inoltre permette di individuare le correlazioni tra i comparti ambientali ed infine consente il monitoraggio negli anni di tali comparti per valutare l'effettiva influenza delle emissioni dell'impianto.

3.1 Modello concettuale

Attraverso un'attenta analisi della conoscenze oggi disponibili è stato possibile sviluppare un modello concettuale per la valutazione delle ricadute di inquinanti da termovalorizzatori. Il modello proposto è organico e flessibile per essere adattato a situazioni ed esigenze differenti a seconda del tipo di indagine che si vuole effettuare.



ARPAT

DIPARTIMENTO PROVINCIALE DI LUCCA



Dipartimento di Ingegneria Chimica,
Chimica Industriale e Scienza dei Materiali

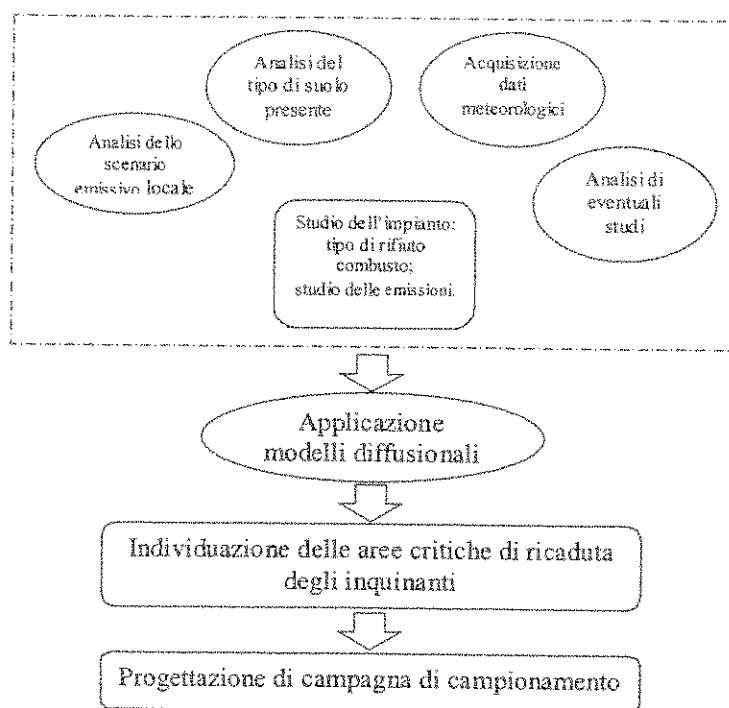


Figura 3 Schema metodologico studio scenario emissivo e valutazione aree di massima ricaduta

In figura 4 si mostrano lo schema metodologico utilizzato per lo studio preventivo dell'impatto ambientale di un impianto di termovalorizzazione.

In seguito alla progettazione della campagna di monitoraggio è prevista una fase successiva di campionamento, analisi e valutazione dei risultati, figura 5.

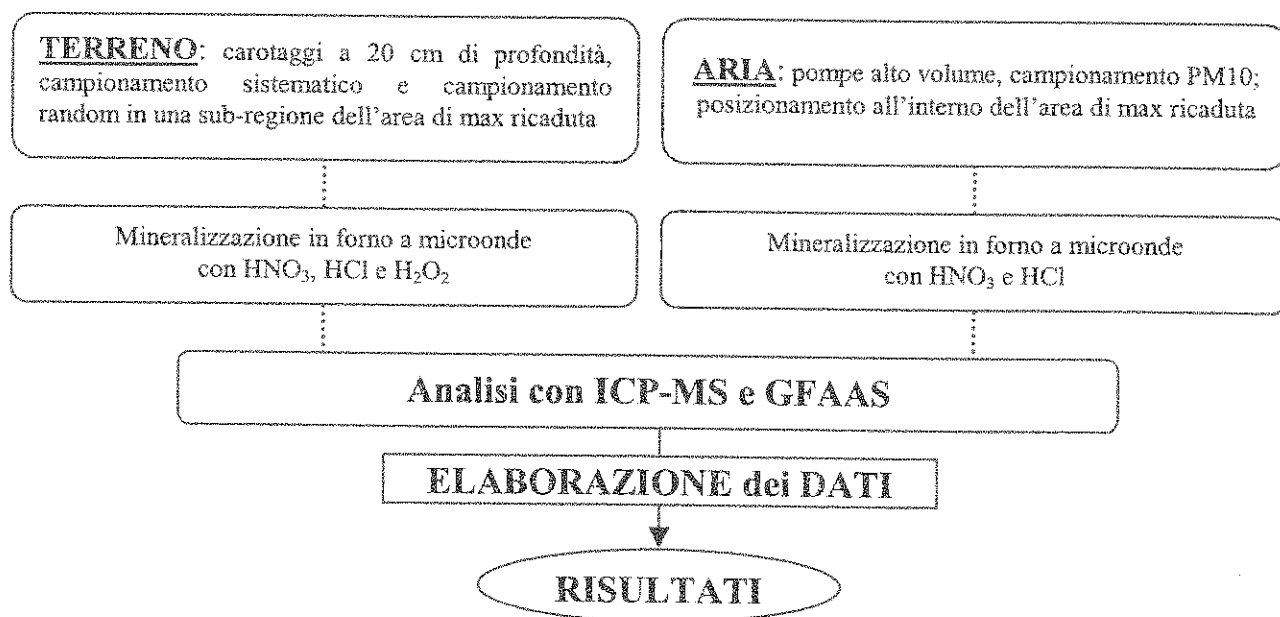


Figura 4 Schema di



ARPAT

DIPARTIMENTO PROVINCIALE DI LUCCA



UNIVERSITÀ DI PISA

**Dipartimento di Ingegneria Chimica,
Chimica Industriale e Scienza dei Materiali**

L'aver sviluppato un metodo organico e riproducibile è un punto focale nell'approccio a questo tipo di valutazioni sia da un punto di vista scientifico che di gestione. Infatti la possibilità di avere a disposizione dati omogenei e caratterizzati, nonché accompagnati da parametri indispensabili per la loro valutazione risulta determinante. In particolare si evidenzia come un lavoro di questo tipo necessiti di poter essere valutato da persone differenti e nel medio/lungo periodo con la necessità di poter effettuare confronti e valutazioni sui risultati ottenuti.



ARPAT

DIPARTIMENTO PROVINCIALE DI LUCCA



UNIVERSITÀ DI PISA

Dipartimento di Ingegneria Chimica,
Chimica Industriale e Scienza dei Materiali

4 Individuazione punti di massima ricaduta

Per lo studio dei punti di massima ricaduta sono stati utilizzati i risultati di uno studio effettuato nel 2000 al fine di valutare, con i dati di progetto, le ricadute dei principali inquinanti emessi a camino. Sono stati usati dei modelli di calcolo avanzati, CALMET per quanto riguarda la creazione dei campi di vento e CALPUFF per lo sviluppo degli andamenti di concentrazione. Il modello fa riferimento all'intera durata dell'anno 1994. Nella tabella seguente si riportano le caratteristiche principali dell'emissione:

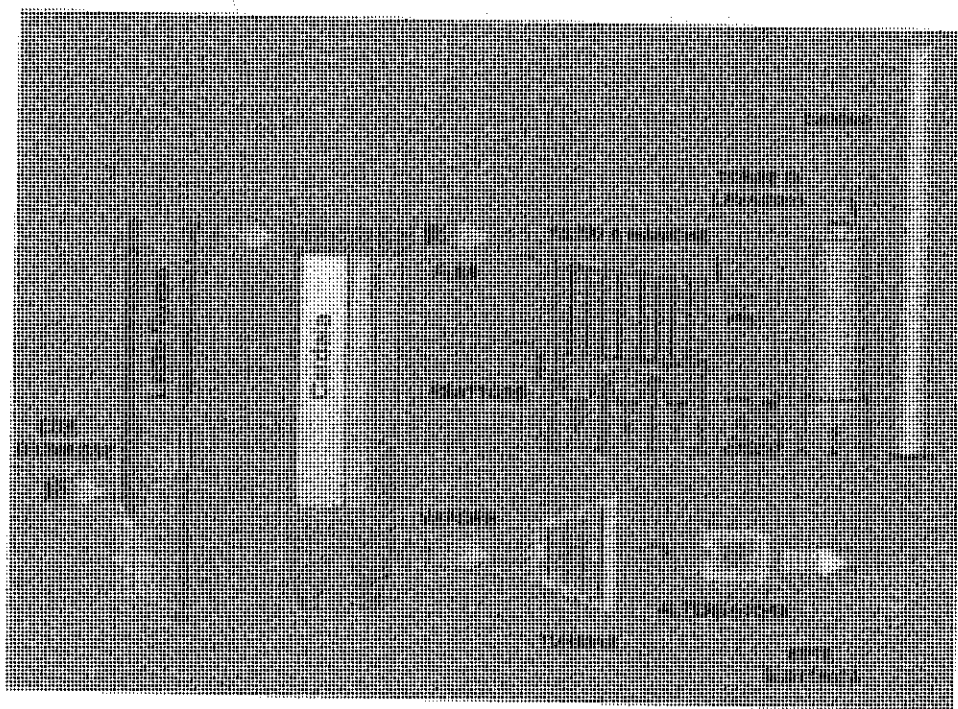


Figura 5 Schema del moderno impianto di termovalorizzazione dei rifiuti.

Portata fumi	Temperatura di emissione	Altezza camino	Diametro camino	Velocità di emissione	Polveri	SO _x	NO _x	PCDD+PCDF
54000 Nmc/hr	120 °C	50 m	1.1 m	7.9 m/s	5 mg/Nmc	10 mg/Nmc	300 mg/Nmc	0.1 ng/Nmc

Tabella 4 Specifiche di progetto dell'emissione dell'impianto.

In figura 6 si mostra l'identificazione e le localizzazioni delle principali sorgenti emissive identificate nella zona di interesse del presente lavoro di ricerca. In particolare si sono evidenziate le potenziali sorgenti lineari (strade, autostrade), diffuse (centri urbani) e puntuali (termoutilizzatore) nell'area della Versilia. Non sono state identificate significative sorgenti puntuali (camini industriali) nell'area in questione da dover essere tenute in considerazione per questo studio.



ARPAT

DIPARTIMENTO PROVINCIALE DI LUCCA



UNIVERSITÀ DI PISA

**Dipartimento di Ingegneria Chimica,
Chimica Industriale e Scienza dei Materiali**

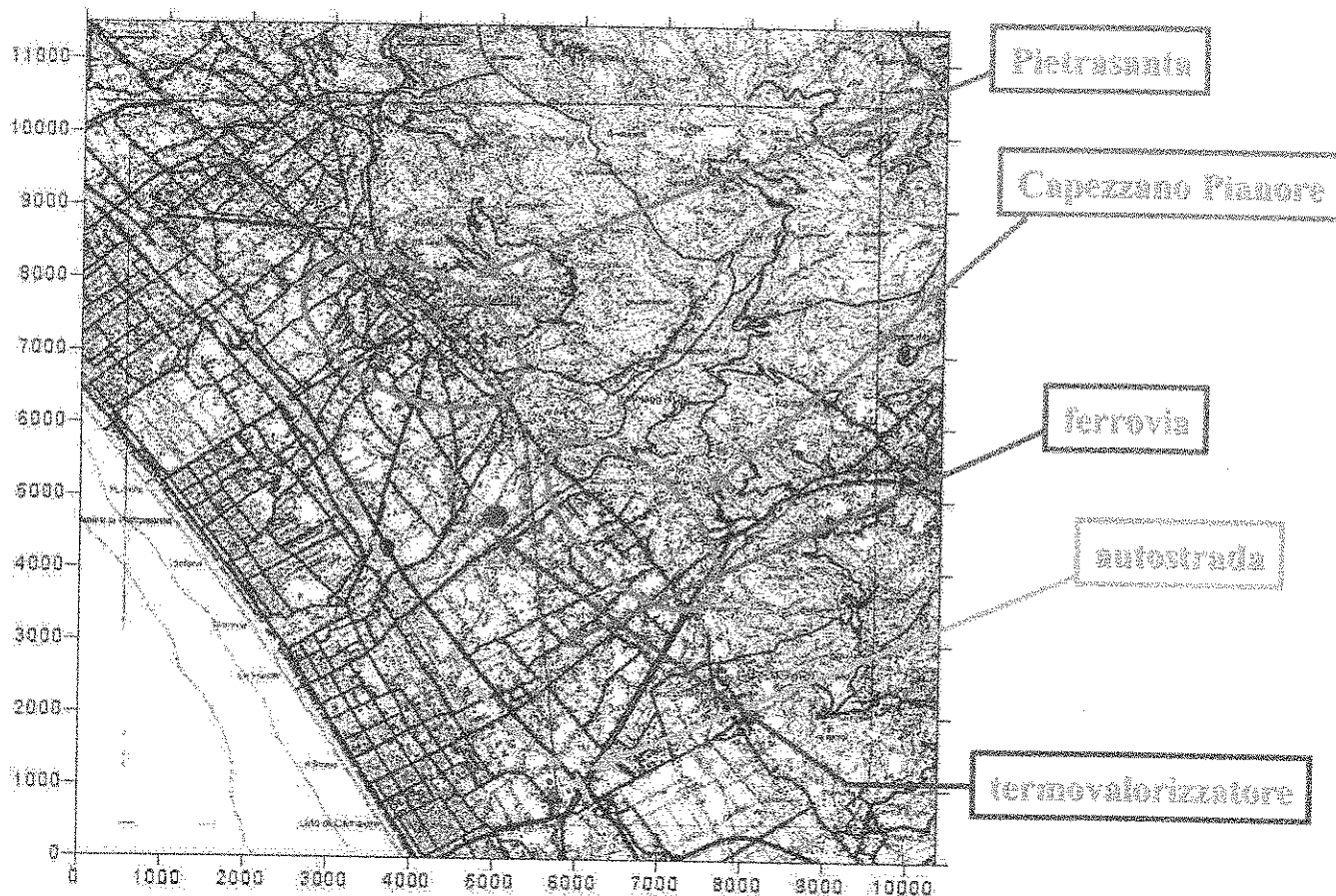


Figura 6

I risultati di tale studio sono riferiti alle distribuzioni di concentrazione di NO_x , SO_x , POLVERI, PCDD e PCDF su media oraria, giornaliera ed annuale.

Per l'individuazione delle zone di massima ricaduta si sono utilizzati due tipi di informazioni. In primo luogo le carte ottenute dalle simulazioni effettuate con il codice CALPUFF per le polveri. In secondo luogo sono state realizzate delle mappe di isoconcentrazione con i dati relativi ai cinquanta punti dove si misuravano i valori massimi di concentrazione per le varie specie di inquinanti su media oraria, giornaliera ed annuale riscontrati nelle simulazioni.



ARPAT

DIPARTIMENTO PROVINCIALE DI LUCCA



UNIVERSITÀ DI PISA

**Dipartimento di Ingegneria Chimica,
Chimica Industriale e Scienza dei Materiali**

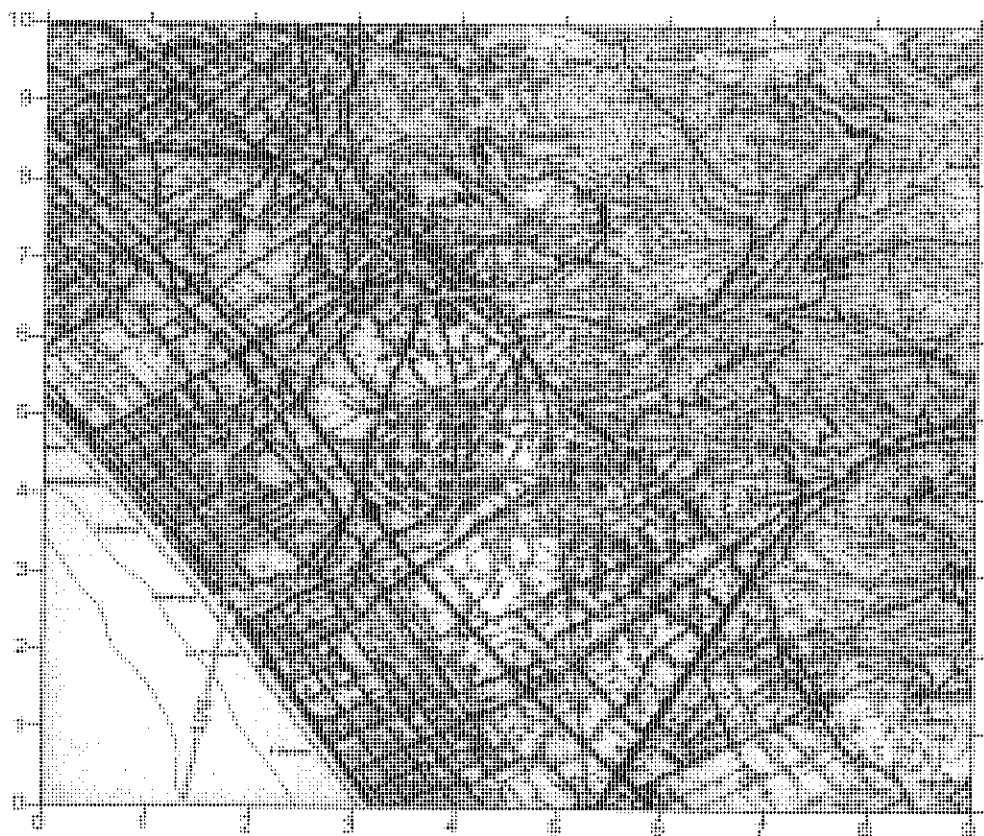


Figura 7 Localizzazione dei cinquanta punti di massima ricaduta per le polveri e relativo delle concentrazioni.



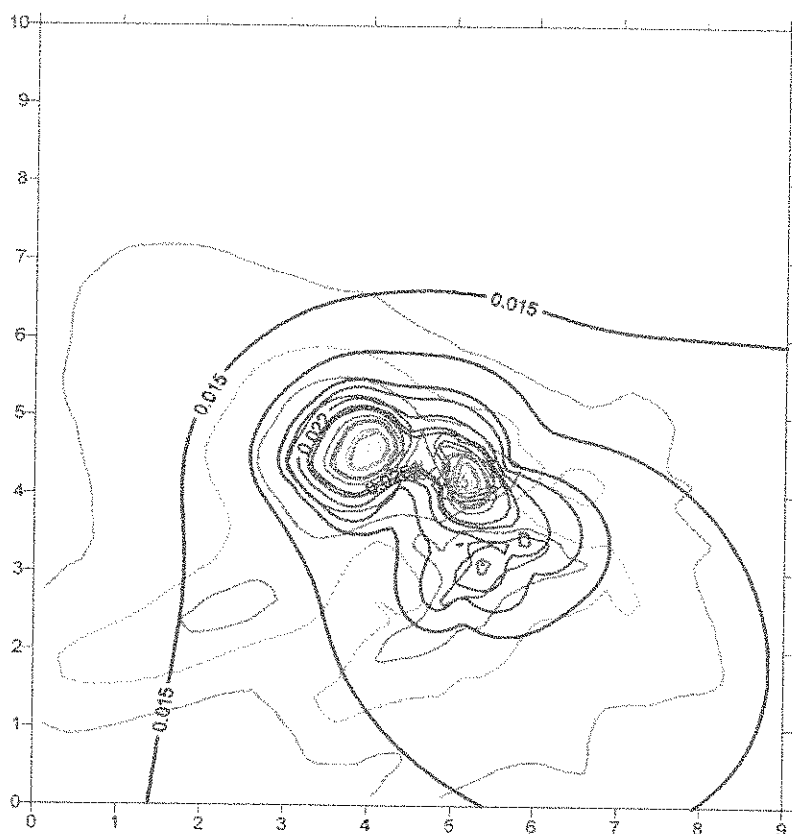
ARPAT

DIPARTIMENTO PROVINCIALE DI LUCCA



UNIVERSITÀ DI PISA

Dipartimento di Ingegneria Chimica,
Chimica Industriale e Scienza dei Materiali



Confronto tra gli andamenti ottenuti direttamente dalla simulazione
e quelli derivante dai 50 punti di massima caduta

LEGENDA
0.005 ug/Nm³
0.01 ug/Nm³
0.015 ug/Nm³
0.02 ug/Nm³
0.025 ug/Nm³
0.03 ug/Nm³
0.035 ug/Nm³
0.04 ug/Nm³

Figura 8 Confronto tra medie annuali e cinquanta maggiori valori di concentrazione.



ARPAT

DIPARTIMENTO PROVINCIALE DI LUCCA



UNIVERSITÀ DI PISA

Dipartimento di Ingegneria Chimica,
Chimica Industriale e Scienza dei Materiali

5 Campionamento

Il monitoraggio dei siti prescelti, nell'intorno del termovalorizzatore è stato effettuato seguendo un progetto ben specifico e di seguito dettagliato per i diversi comparti ambientali. Si è proceduto alla individuazione dei siti sia per il campionamento del suolo che dell'aria e si sono effettuati successivi prelievi per un periodo di dieci giorni dal 20 gennaio al 20 febbraio 2003.

5.1 Aria

Nelle due zone di massima ricaduta sono state effettuate misure di PM10 con campionatori Andersen ad alto volume, con lo scopo di effettuare valutazioni sia quantitativa (concentrazione massiva) che qualitativa (componenti chimiche del particolato atmosferico). La conoscenza della composizione del particolato è utile per identificarne eventuali variazioni in seguito all'entrata in funzione del termovalorizzatore, permettendo di ottenere informazioni importanti sull'origine degli inquinanti.

Il funzionamento dei campionatori ad alto volume si basa sul principio della separazione inerziale. Il flusso necessario per mantenere una separazione efficiente è di $1,13 \pm 10\% \text{ m}^3/\text{min}$. Il peso delle polveri si ottiene facendo la differenza tra il peso del filtro dopo il campionamento ed il peso del filtro bianco entrambi valutati dopo un periodo di 24 ore di condizionamento a temperatura e umidità controllate (20°C e $50\%\text{UR}$). Dal rapporto tra peso delle polveri e volume campionato si ottiene la concentrazione delle polveri, espressa in $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$.

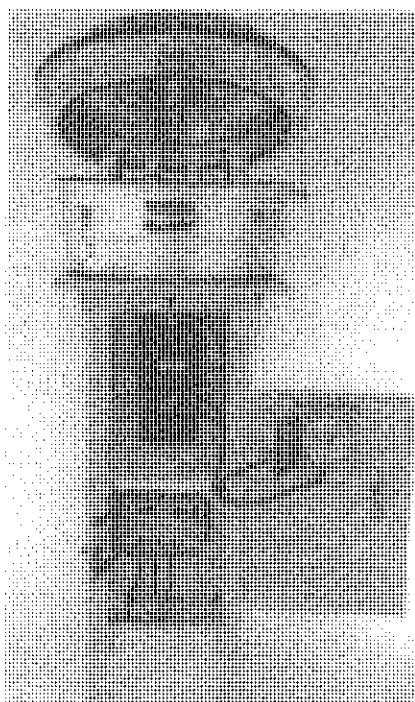
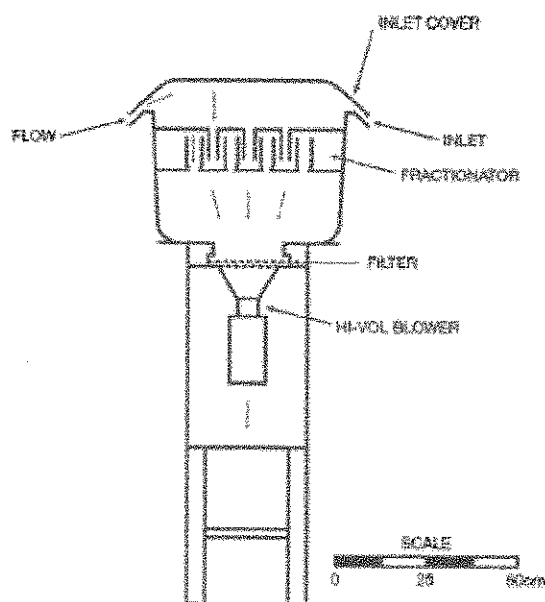


Figura 9 Campionatore ad alto volume Andersen, sezione e foto.



ARPAT

DIPARTIMENTO PROVINCIALE DI LUCCA



UNIVERSITÀ DI PISA

**Dipartimento di Ingegneria Chimica,
Chimica Industriale e Scienza dei Materiali**

I criteri da seguire nel posizionamento del campionatore sono tali da evitare fenomeni legati alla turbolenza, come le perturbazioni del flusso d'aria in ingresso che ha come conseguenza variazioni della velocità e quindi una eventuale non efficiente separazione delle particelle:

- posizionare il campionatore ad almeno 20 m di distanza da alberi, edifici e grandi ostacoli. (la regola generale è che il posizionamento dovrebbe avvenire ad una distanza dall'ostacolo pari almeno a due volte la sua altezza);
- la zona di aspirazione aria deve trovarsi ad un'altezza dal suolo compresa tra i 2 ed i 7 metri, distante almeno 4 m. da altri campionatori di questo tipo;
- il flusso di aria nel campionatore non deve essere soggetto a restrizioni;
- il campionatore non deve essere posizionato direttamente sul suolo;
- il campionatore non deve essere posizionato vicino a flussi esausti.

Nel nostro caso si è cercato un compromesso tra i principi elencati e l'effettiva possibilità di posizionare i due campionatori, trovandosi a fronteggiare problemi quali la disponibilità di terreno o l'approvvigionamento di energia elettrica. L'ubicazione è avvenuta in località Capezzano Pianore presso la scuola elementare, ed in località Pietrasanta presso il n° civico 96 di via Ponte Nuovo.

Nel campionamento delle polveri sono stati raccolti 10 filtri per ognuno dei due siti. Una volta estratti dal campionatore, i filtri sono stati avvolti in fogli di alluminio. In seguito al condizionamento ed alla pesata per la determinazione delle polveri, sono stati conservati in frigo per le successive analisi di tipo qualitativo.

5.2 Suolo

Nelle aree di massima ricaduta sono state evidenziate due aree, una nella zona nord ovest e l'altra nella zona sud-est, rispettivamente a 0,45 km NO e 0,6 km SE dall'impianto, come evidenziato nella seguente cartina. Per ogni area di massima ricaduta è stata selezionata una sub-regione di forma rettangolare con dimensioni in metri di 3x24, nella quale si è effettuato il monitoraggio.

L'area della sub-regione è stata a sua volta suddivisa in 4 maglie di dimensioni 3x6 metri, all'interno delle quali è avvenuto il prelievo dei campioni per il monitoraggio. Ogni maglia sarà un riferimento spaziale per i campionamenti per un periodo di tre anni, periodo durante il quale si protrarrà il monitoraggio del sito. E' importante sottolineare che ogni sub-regione verrà isolata e protetta da qualsiasi attività che possa portare all'accumulo di inquinanti. In questo modo nelle prossime campagne sarà possibile valutare l'accumulo di metalli pesanti causato esclusivamente da fenomeni di deposizione secca e umida. Per l'allocazione dei singoli punti di campionamento si sono seguite indicazioni dal campionamento sistematico e dal campionamento casuale, modificandole per adattarle alla situazione in esame. Per ragioni di tipo economico e logistico è stato deciso di stabilire nel numero di 4 i campioni da prelevare per ogni sub-regione all'interno della zona di massima ricaduta. In particolare, chiamati A, B,



ARPAT

DIPARTIMENTO PROVINCIALE DI LUCCA



Dipartimento di Ingegneria Chimica,

Chimica Industriale e Scienza dei Materiali

C, D i punti di campionamento, si rappresentano in figura le posizioni relative seguendo lo schema di seguito riportato.

- Le coordinate di A si determinano in modo random;
- la x di A dà la x di B la cui y viene determinata in modo random;
- la y di A dà la y di C la cui x viene determinata in modo random;
- la x di C e la y di B danno le coordinate del punto D.

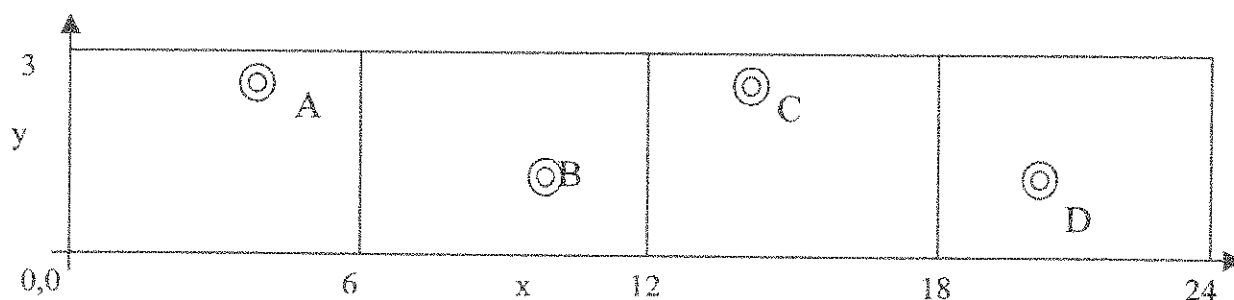


Figura 10 Esempio di posizionamento di punti di campionamento nell'area individuata.

Esempio:

per ogni punto si riportano le coordinate relative al punto di riferimento fissato W (x,y):

Maglie: rettangoli 10x5

A (7,4)

B (17,2)

C (24,4)

D (34,2)

Con lo stesso metodo si determinano le coordinate di tutti i punti di campionamento. Per il primo anno sono stati effettuati tre campionamenti per ogni maglia, per un totale di 12 campioni, con lo scopo di verificare la riproducibilità del campionamento. Per gli anni successivi sarà effettuato un solo campionamento, per un totale di 4 campioni. Per ogni campagna di campionamento è stato inoltre creato un campione medio derivante dall'omogeneizzazione dei 4.

In particolare per la prima campagna, i dati ottenuti dall'analisi dei campioni sono stati elaborati statisticamente allo scopo di valutare le seguenti ipotesi. In primo luogo, la triplice ripetizione del prelievo vuole verificare la ripetibilità del campionamento, ossia se il metodo applicato presenti degli errori che non permettono il confronto dei risultati con analisi successive. In secondo, il confronto tra i risultati ottenuti sui singoli 4 campioni e sul campione medio, permetterà di valutare la possibilità di analizzare solo quest'ultimo in studi futuri. In appendice A, sono riportate le indicazioni dettagliate per i



ARPAT

DIPARTIMENTO PROVINCIALE DI LUCCA



UNIVERSITÀ DI PISA

Dipartimento di Ingegneria Chimica,

Chimica Industriale e Scienza dei Materiali

Più interessante è l'analisi dell'influenza del vento. Infatti, quando la direzione del vento è NE, le concentrazioni più alte di PM10 si riscontrano nella centralina in via Ponte Nuovo, per qualsiasi velocità del vento. Si può spiegare questo andamento ipotizzando che il maggiore contributo alla concentrazione di PM10 provenga dall'agglomerato urbano di Pietrasanta, osservando che si trova a Nord-Est della zona di studio, figura 1. Per vento con direzione E, le maggiori concentrazioni risultano invece nella centralina di Capezzano Pianore e sono probabilmente imputabili all'influenza del vicino centro abitato di Capezzano Pianore, ad Est della centralina e comunque non del tutto identificabili con i dati a disposizione. Il contributo del termovalorizzatore alla concentrazione di PM10, valutata nella zona di massima ricaduta con la centralina di via Ponte Nuovo, non fa registrare concentrazioni significative, tanto da non poterlo individuare come sorgente primaria.

Durante i 10 giorni di campionamento delle PM10 si è verificato un solo evento di vento proveniente da Ovest: in questo caso la maggiore concentrazione si ritrova nella centralina di Via Ponte Nuovo. La spiegazione può essere il contributo alle polveri da parte dell'autostrada A12 Genova-Livorno. Nel caso di vento da Ovest, la centralina di Capezzano Pianore si trova esattamente sottovento rispetto al termovalorizzatore di Falascaia. In una situazione del genere ci si aspetterebbe un massiccio aumento della concentrazione di polveri: al contrario questo fenomeno non si verifica. Come risultato dello studio degli episodi osservati e citati in precedenza, unitamente ai risultati dello studio di simulazione delle ricadute citato nel paragrafo 5.2.1, possiamo ipotizzare che attualmente il termovalorizzatore non contribuisca significativamente alla concentrazione di PM10 nell'area di influenza dell'impianto.

ARSIA - LIDO CAMAIORE		Direz Proven		Medie PM10			
		NE		E		O	
VMed	Data	Capezzano PM 10 µg/m3	Ponte Nuovo PM 10 µg/m3	Capezzano PM 10 µg/m3	Ponte Nuovo PM 10 µg/m3	Capezzano PM 10 µg/m3	Ponte Nuovo PM 10 µg/m3
0-0.5	20/1/03			30,1	24,2		
	27/1/03	69,2	99,6				
	28/1/03	64,3	78,7				
	29/1/03	48,7	64,3				
Totale 0-0.5		60,7	80,9	30,1	24,2		
0.5-1	22/1/03			26,8	22,5		
	23/1/03			46,2	42,5		
	30/1/03			58,6	45,8		
	19/2/03					63,0	83,3
	20/2/03	63,6	83,8				
Totale 0.5-1		63,6	83,8	43,9	37,0	63,0	83,3
1-1.5	21/1/03			18,0	14,7		
Totale 1-1.5				18,0	14,7		

Figura 15

Considerando l'analisi dei metalli pesanti sul PM10 si può evidenziare come gli unici due metalli che possono essere analizzati con i dati a nostra disposizione ed attraverso i quali si possono fare elaborazioni



ARPAT

DIPARTIMENTO PROVINCIALE DI LUCCA



UNIVERSITÀ DI PISA

Dipartimento di Ingegneria Chimica,

Chimica Industriale e Scienza dei Materiali

sono piombo e rame. Infatti le analisi effettuate in laboratorio per la speciazione del PM10 non si sono rivelate sufficientemente sensibili per le basse concentrazioni presenti nei campioni.

La concentrazione di piombo e rame risultano più elevata nella centralina di via Ponte Nuovo tranne in tre casi con vento da Est, nei quali assume maggiore importanza la concentrazione nella centralina di Capezzano Pianore. Non si è giunti ad una spiegazione di questo particolare comportamento, ma è importante osservare che il vento da Est non provoca una marcata differenza tra le concentrazioni delle due centraline né un maggiore accumulo di metalli nell'area di via Ponte Nuovo causata dal termovalorizzatore. Questa osservazione, data la complessità delle potenziali sorgenti di emissione di metalli pesanti e PM10 e delle loro trasformazioni, rafforza la tesi che attualmente l'impianto di Falascaia abbia un ruolo marginale nel contribuire all'immissione di inquinanti aerotrasportati rispetto a sorgenti come i centri abitati o l'autostrada.

ARSIA - LIDO CAMAIORE

Data	Direz Proven		Dati Pb $\mu\text{g}/\text{m}^3$			
	NE		E		O	
	CP	PN	CP	PN	CP	PN
20/1/03			0,016391391	0,01312004		
21/1/03			0,008558559	0,007001346		
22/1/03			0,006499036	0,007242063		
23/1/03			0,014816148	0,017460317		
27/1/03	0,015965966	0,021949405				
28/1/03	0,013213213	0,019642857				
29/1/03	0,01031031	0,017162698				
30/1/03			0,015115115	0,018402778		
19/2/03					0,020395395	0,020634921
20/2/03	0,01524024	0,025843254				
Totale complessivo	0,013682432	0,021149554	0,01227585	0,012645309	0,020395395	0,020634921

ARSIA - LIDO CAMAIORE

Data	Direz Proven		Dati Cu $\mu\text{g}/\text{m}^3$			
	NE		E		O	
	CP	PN	CP	PN	CP	PN
20/1/03			0,01041041	0,007911706		
21/1/03			0,003653654	0,00467581		
22/1/03			0,009188293	0,006423611		
23/1/03			0,012591627	0,01624504		
27/1/03	0,021496496	0,02953669				
28/1/03	0,014339339	0,025099206				
29/1/03	0,011061061	0,018080357				
30/1/03			0,00980981	0,013690476		
19/2/03					0,017367367	0,023859127
20/2/03	0,030605506	0,034771825				
Totale complessivo	0,019350601	0,02687252	0,009130759	0,009789329	0,017367367	0,023859127



ARPAT

DIPARTIMENTO PROVINCIALE DI LUCCA



UNIVERSITÀ DI PISA

**Dipartimento di Ingegneria Chimica,
Chimica Industriale e Scienza dei Materiali**

7.2 Suolo

7.2.1 Riproducibilità del campionamento

L'ipotesi che il campionamento sia riproducibile afferma che la procedura di campionamento non influenza la concentrazione degli analiti in esame. Per verificare tale ipotesi è stato effettuato un triplice campionamento all'interno della stessa sub-regione, per un totale di 12 campioni. Moltiplicando il numero di campioni per i metalli analizzati che hanno dato valori di concentrazione al di sopra del limite di rilevabilità strumentale, ossia 6 metalli, si ottengono 72 valori sui quali effettuare l'analisi statistica.

Di questi 72 valori, 11 risultano outlier, ossia il 15,3%. Da questo risultato possiamo affermare che risulta accettabile l'ipotesi di riproducibilità del campionamento.

7.2.2 Riproducibilità analitica

La verifica dell'ipotesi che la procedura analitica sia riproducibile, è necessaria per affermare che la fase di analisi strumentale non porta alla creazione di artefatti, sopra o sotto-stime del valore vero. Per verificare tale ipotesi è stato selezionato un campione dei 12, in modo casuale e su di esso sono state ripetute le procedure di mineralizzazione e di analisi per 9 volte. Considerando i 6 metalli che hanno dato valori di concentrazioni rilevabili strumentalmente otteniamo un totale di 54 valori per l'analisi statistica. Per valutare i risultati ottenuti si prende in esame la media e la deviazione e l'errore standard associati alle misure dei singoli metalli, riportate in tabella seguente.

Metallo	Media [mg/l]	Deviazione standard	Deviazione standard %
Arsenico	0.028243	0.00258	9.13
Cadmio	0.001043	0.00098	9.39
Cromo	0.182714	0.012352	6,76
Rame	0.093029	0.002421	2,60
Piombo	0.0754	0.003567	4,73
Zinco	0.183714	0.017395	9.46

Tabella 9

I valori delle deviazioni standard per ogni metallo come mostrato in tabella non sono mai maggiori del dieci per cento e quindi risulta verificata la ripetibilità della procedura analitica per i fini che si prefigge un'analisi di questo tipo.



ARPAT

DIPARTIMENTO PROVINCIALE DI LUCCA



UNIVERSITÀ DI PISA

**Dipartimento di Ingegneria Chimica,
Chimica Industriale e Scienza dei Materiali**

7.2.3 Verifica campione medio

Durante le tre campagne del primo anno di campionamento, dai quattro campioni ottenuti in ogni campagna, è stato creato un campione medio, sul quale sono stati analizzati i metalli pesanti. Lo scopo della creazione del campione medio è verificare se analizzare esso al posto dei 4 singoli campioni, dia una misura rappresentativa della sub-regione, o se invece sia necessario analizzare tutti i campioni. Nei prossimi due anni di monitoraggio, se questa verifica darà esito positivo, saranno analizzati solo i campioni medi di ogni sub-regione. Moltiplicando il numero dei metalli in concentrazione rilevabile sei (6) per il numero di campagne effettuate tre (3), otteniamo 18 campioni per l'analisi statistica. Di questi 18, 12 risultano ricadere all'interno del range di variabilità dei campioni dai quali derivano. Quindi nel 66% dei casi il campione medio può essere analizzato in sostituzione ai campioni dai quali deriva.

7.2.4 Risultati

La procedura seguita per ottenere la caratterizzazione del terreno viene brevemente riproposta. Una volta individuate le due aree di massima ricaduta, per ognuna è stata selezionata una sub-regione, a sua volta suddivisa in 4 maglie, nella quale effettuare il campionamento. Sono state realizzate tre campagne di campionamento, le campagne A, B, C, tutte e tre ripetute per ogni sub-regione. I campioni sono stati prelevati con un carotatore manuale, sono stati raccolti in sacchetti di polietilene. Dai 4 campioni è stato ricavato un campione medio, uno per ogni campagna. In laboratorio i campioni sono stati seccati all'aria, setacciati prima a 2mm poi a 0,2 mm, mineralizzati in forno a microonde ed analizzati con ICP-MS e GFAAS.

L'analisi delle componenti principali applicata ai risultati appena citati, evidenzia un raggruppamento di Zn, Pb, Cu e Cd, molto marcato rispetto alla posizione di As e Cr. Le ipotesi che si possono fare circa il fattore che giustifica un tale comportamento si concentrano sull'origine di tali metalli. Non è noto nella zona di interesse nessun processo industriale (per esempio la produzione di metalli non ferrosi) che generi gli elementi in questione in concentrazioni tali da originare un simile comportamento nell'origine dei metalli. Il traffico veicolare della vicina autostrada provocherebbe concentrazioni di piombo più elevate di quelle di Zn e Cu. La spiegazione più plausibile probabilmente è da ricercare nella composizione stessa del terreno. In recenti pubblicazioni scientifiche, Adriano et al. (2000), si afferma infatti che il Cd è strettamente legato allo Zn e si ritrova principalmente in minerali di Zn, Pb-Zn, Pb-Cu-Zn determinandone l'origine naturale.



ARPAT

DIPARTIMENTO PROVINCIALE DI LUCCA



UNIVERSITÀ DI PISA

Dipartimento di Ingegneria Chimica,
Chimica Industriale e Scienza dei Materiali

Pesi Fattoriali, Fattore4 , Fattore2 , Fattore1

Rotazione: Varimax normalizz.

Estrazione: Compon. principali

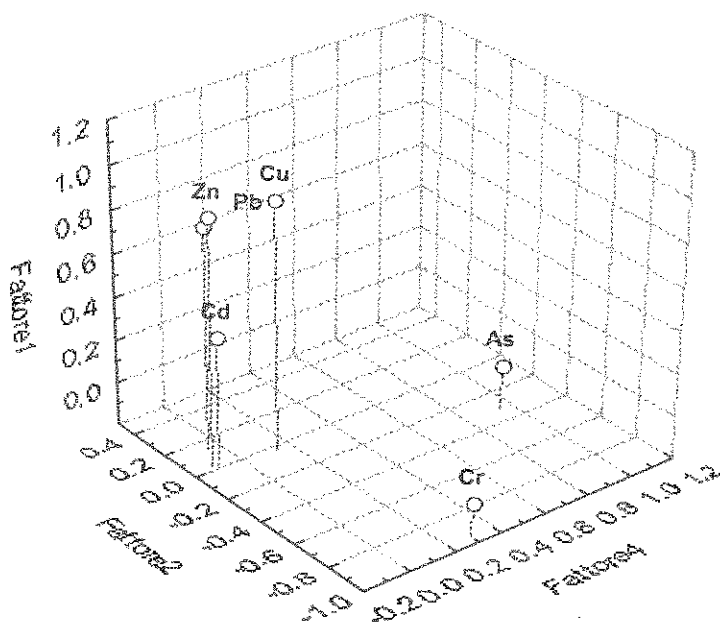


Figura 16

Pesi Fattoriali, Fattore1 , Fattore4

Rotazione: Varimax normalizz.

Estrazione: Compon. principali

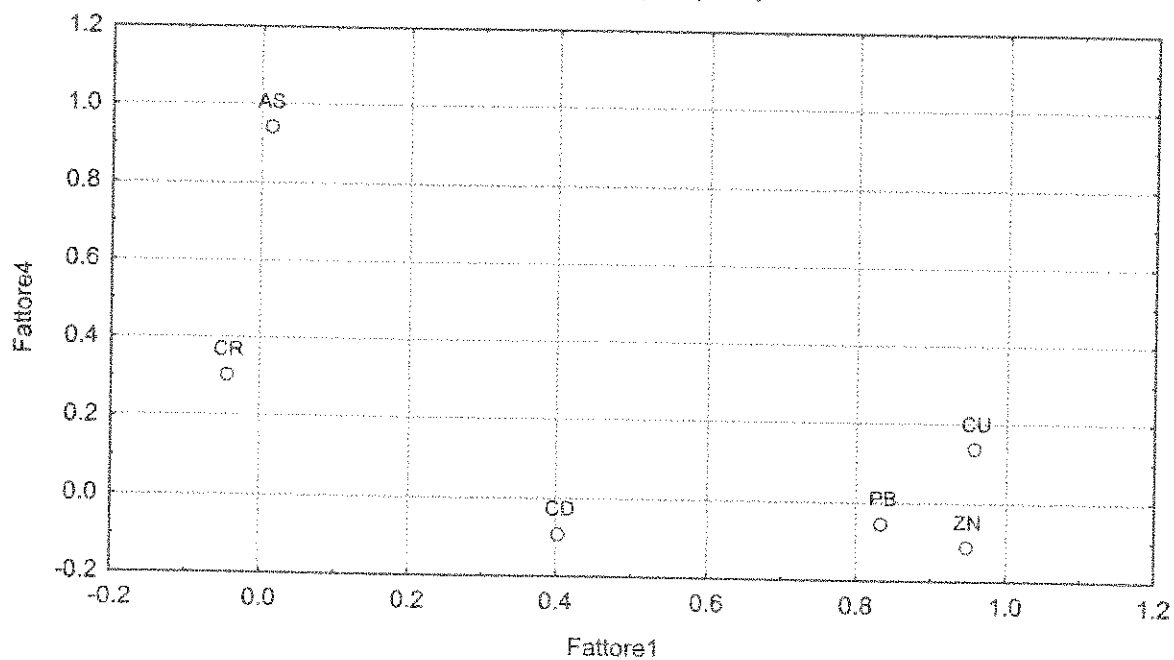


Figura 17



ARPAT

DIPARTIMENTO PROVINCIALE DI LUCCA



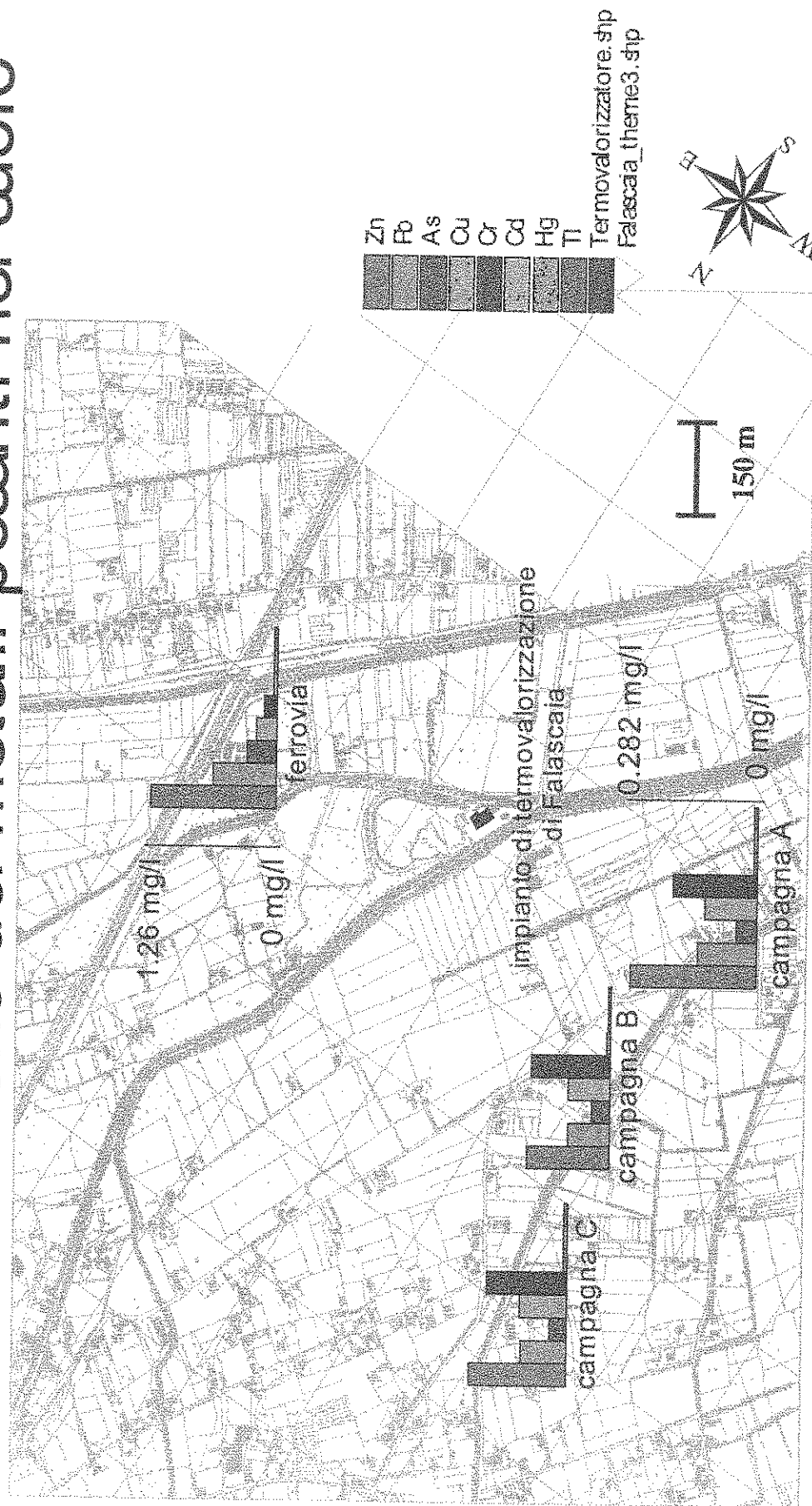
UNIVERSITÀ DI PISA

**Dipartimento di Ingegneria Chimica,
Chimica Industriale e Scienza dei Materiali**

Nella cartina seguente è rappresentata la concentrazione dei metalli nei campioni medi nei siti via Ponte Nuovo e adiacente alla ferrovia. Nelle tabelle delle pagine seguenti sono schematizzati i risultati dell'analisi dei metalli pesanti nel suolo. Le concentrazioni dei metalli sono proporzionali alla dimensione dell'indicatore e sono riportate in scala le posizioni dei singoli campionamenti.



Concentrazione dei metalli pesanti nel suolo





ARPAT

DIPARTIMENTO PROVINCIALE DI LUCCA



UNIVERSITÀ DI PISA

**Dipartimento di Ingegneria Chimica,
Chimica Industriale e Scienza dei Materiali**

8 Conclusioni

In relazione ai risultati ottenuti da questa campagna di monitoraggio si può concludere come l'influenza dell'impianto di termovalorizzazione dei rifiuti sito in località Falascaia non possa essere in nessun modo correlata con i parametri ambientali monitorati.

In particolare per quanto riguarda la concentrazione massiva delle polveri non è stata riscontrata una diretta relazione tra direzione del vento, zone di massima ricaduta e concentrazioni misurate. Questo sta a significare che tra tutte le sorgenti di particolato prese in considerazione, l'inceneritore non ha influenza rilevabile.

In relazione ai metalli pesanti, e quindi alla composizione delle polveri aerodisperse, la correlazione con la presenza delle emissioni dell'inceneritore non è ancora una volta rilevabile, sia per quanto riguarda la presenza dei singoli microinquinanti che per il loro rapporto percentuale. Infatti il riscontro tra valori all'emissione e valori nelle ricadute sarebbe indice di diretta correlazione tra la sorgente e il dato misurato. Con i dati a disposizione i rapporti relativi tra i metalli traccianti come Pb e Cu non verificano questa ipotesi. E' pertanto da ricercare in altre tipologie di sorgenti la causa principale dell'inquinamento atmosferico rilevato (peraltro al di sotto dei limiti di legge).

I risultati ottenuti dalle analisi dei suoli saranno utilizzati nelle campagne future. Infatti, i dati a disposizione oltre che per il monitoraggio ambientale saranno utilizzati come dati di partenza (punto di grigio) per le successive campagne di monitoraggio dell'impianto.

I risultati analitici della prossima campagna saranno confrontati con la distribuzione dei risultati della campagna 2003: poiché è stato verificato che campionamento e procedura di analisi non creano artefatti nei risultati finali, per un valore futuro che si classifichi come outlier sarà necessario ipotizzare cause diverse da variabilità del campionamento e variabilità della procedura analitica.

Per quanto riguarda la metodologia di indagine e di analisi si è sviluppato un metodo riproducibile e completo per affrontare l'analisi di tali realtà con riferimento a molteplici comparti ambientali. E' auspicabile, per arricchire la base di dati, effettuare campagne di monitoraggio diretto all'emissione dal camino sia per gli inquinanti gassosi che per il particolato, con dettaglio per il PM10. Inoltre l'utilizzo di tecniche analitiche moderne, standard di riferimento e supporti appropriati per il campionamento è una esigenza sempre più stringente in relazione alle crescenti esigenze di conoscenza in questa direzione.



ARPAT

DIPARTIMENTO PROVINCIALE DI LUCCA



UNIVERSITÀ DI PISA

**Dipartimento di Ingegneria Chimica,
Chimica Industriale e Scienza dei Materiali**

9 Appendice

9.1 Identificazione punti campionamento suolo

Area Sud-Ovest		Coordinate punti (x;y)			
		1	2	3	4
I anno	Camp.A	(5,1 ; 1,8)	(11,1 ; 2,3)	(15,6 ; 1,8)	(21,6 ; 2,3)
	Camp.B	(3,6 ; 1,7)	(9,6 ; 1,1)	(16,7 ; 1,7)	(22,7 ; 1,1)
	Camp.C	(2,9 ; 1,5)	(8,9 ; 0,5)	(12,9 ; 1,5)	(18,9 ; 0,5)
II anno		(0,8 ; 1,4)	(6,8 ; 2,6)	(14,6 ; 1,4)	(20,6 ; 2,6)
III anno		(4,6 ; 0,9)	(10,6 ; 1,8)	(13,2 ; 0,9)	(19,2 ; 1,8)

Area Nord-Est		Coordinate punti (x;y)			
		1	2	3	4
I anno	Camp.A	(3,1 ; 1,1)	(9,1 ; 2,0)	(12,6 ; 1,1)	(18,6 ; 2,0)
	Camp.B	(4,6 ; 1,6)	(10,6 ; 0,4)	(13,7 ; 1,6)	(19,7 ; 0,4)
	Camp.C	(5,1 ; 2,7)	(11,1 ; 1,4)	(15,9 ; 2,7)	(21,9 ; 1,4)
II anno		(2,3 ; 1,2)	(8,3 ; 0,7)	(16,0 ; 1,2)	(22,0 ; 0,7)
III anno		(5,3 ; 1,6)	(11,3 ; 0,5)	(14,1 ; 1,6)	(20,1 ; 0,5)

Area Nord-Est adiacente ferrovia		Coordinate punti (x;y)			
		1	2	3	4
I anno		(4,4 ; 1,6)	(10,4 ; 2,6)	(17,2 ; 1,6)	(23,2 ; 2,6)



ARPAT

DIPARTIMENTO PROVINCIALE DI LUCCA



UNIVERSITÀ DI PISA

**Dipartimento di Ingegneria Chimica,
Chimica Industriale e Scienza dei Materiali**

9.2 Verifica di riproducibilità del campionamento, riproducibilità analitica e validità del campione medio.

Il monitoraggio del terreno al fine di verificare l'eventuale accumulo di metalli pesanti, si protrarrà, come precedentemente affermato, per un periodo di tre anni. Nel corso della campagna di questo primo anno, oltre alla concentrazione dei metalli presenti, si sono svolte analisi per verificare tre ipotesi fatte in sede di progettazione del lavoro. Di seguito vengono analizzate individualmente le tre ipotesi.

Le elaborazioni statistiche effettuate per la verifica dei risultati fanno parte della statistica descrittiva. Dopo aver calcolato il punto medio della nostra distribuzione, sono stati individuati la deviazione standard e l'errore standard. Inoltre, per un'analisi più accurata, sono stati calcolati anche i valori estremi e gli outlier, ossia i valori che sono "lontani" dal punto medio della distribuzione, secondo le seguenti formule:

Outlier: un punto è un outlier se valgono le condizioni seguenti:

$$\text{valore del punto} > UBV + c.o. * (UBV - LBV)$$

o

$$\text{valore del punto} < LBV + c.o. * (UBV - LBV)$$

Estremo: un punto è un estremo se valgono le condizioni seguenti:

$$\text{valore del punto} > UBV + 2 * c.o. * (UBV - LBV)$$

o

$$\text{valore del punto} < LBV + 2 * c.o. * (UBV - LBV)$$

dove:

UBV è il valore superiore del box nel box plot (per es. media + err.std.)

LBV è il valore inferiore del box nel box plot (per es. media - err.std.)

c.o. è il coefficiente di outlier, nel nostro caso 1,5



ARPAT

DIPARTIMENTO PROVINCIALE DI LUCCA



UNIVERSITÀ DI PISA

**Dipartimento di Ingegneria Chimica,
Chimica Industriale e Scienza dei Materiali**

9.3 Risultati dettagliati analisi suoli

	ARSENICO	CADMIO	PIOMBO	CROMO	ZINCO	RAME	MERCURIO	TALLIO
N Validi	24	24	24	24	24	24	24	24
Media	14.33	0.75	42.58	50.38	144.04	51.46	0.70	0
Conf. -95%	10.87	0.54	32.00	43.63	98.74	37.40	0.39	
Conf. +95%	17.79	0.97	53.17	57.12	189.34	65.52	1.00	
Mediana	13	0.75	41	48.5	142	50.5	0.6	0
Somma	344	18.1	1022	1209	3457	1235	16.7	0
Minimo	5	0.2	15	29	31	16	0	0
Massimo	24	1.4	76	73	278	95	1.7	0
Quartile	6	0.25	18.5	35	38	18.5	0	0
Quartile	22.5	1.25	66.5	66.5	254	84	1.3	0
Int.Var.	19	1.2	61	44	247	79	1.7	0
Interv.	16.5	1	48	31.5	216	65.5	1.3	0
Varianza	67.19	0.27	628.25	255.38	11509.61	1109.13	0.53	0
Dev.Std.	8.20	0.52	25.06	15.98	107.28	33.30	0.73	0
Err Std.	1.67	0.11	5.12	3.26	21.90	6.80	0.15	0

Tabella 10 elaborazione parametri statistici metalli pesanti.



ARPAT

DIPARTIMENTO PROVINCIALE DI LUCCA

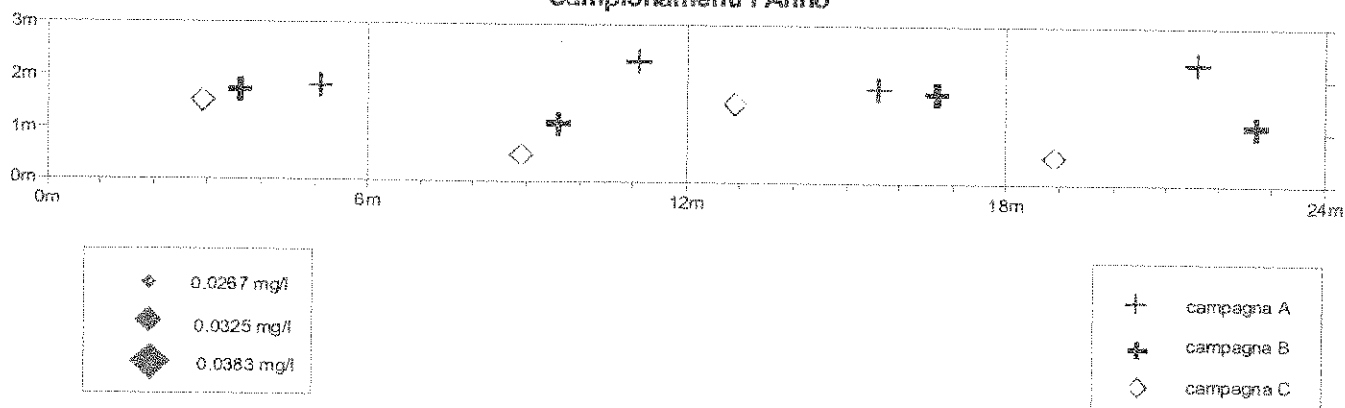


UNIVERSITÀ DI PISA

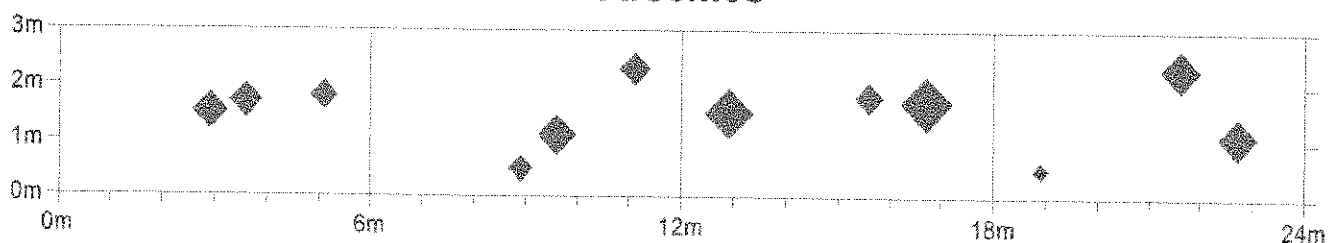
Dipartimento di Ingegneria Chimica,
Chimica Industriale e Scienza dei Materiali

9.4 Mappe dei risultati del monitoraggio dei suoli

Campionamenti l Anno



Arsenico





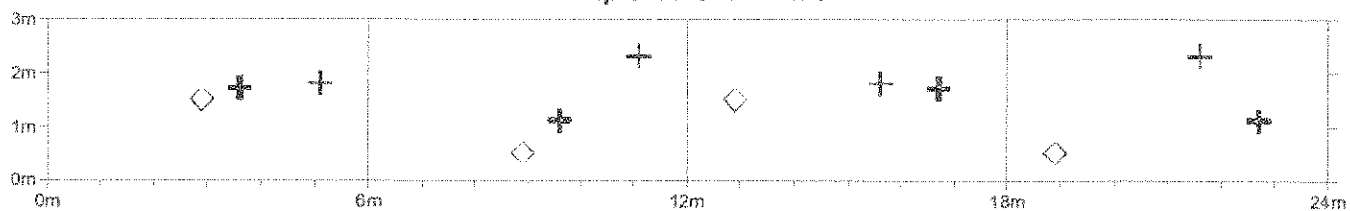
UNIVERSITÀ DI PISA

ARPAT

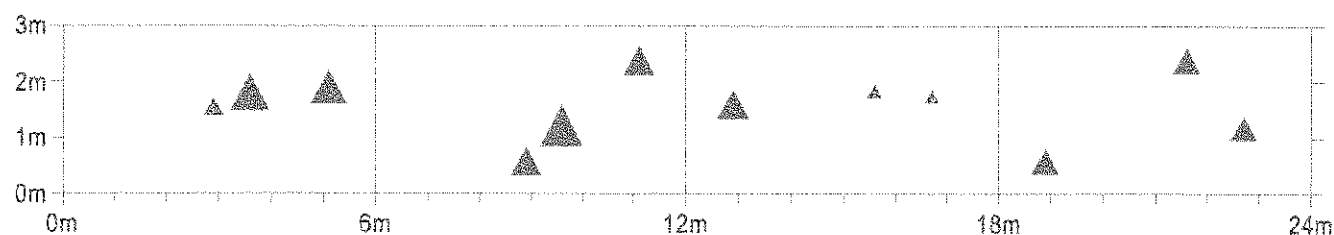
DIPARTIMENTO PROVINCIALE DI LUCCA

Dipartimento di Ingegneria Chimica,
Chimica Industriale e Scienza dei Materiali

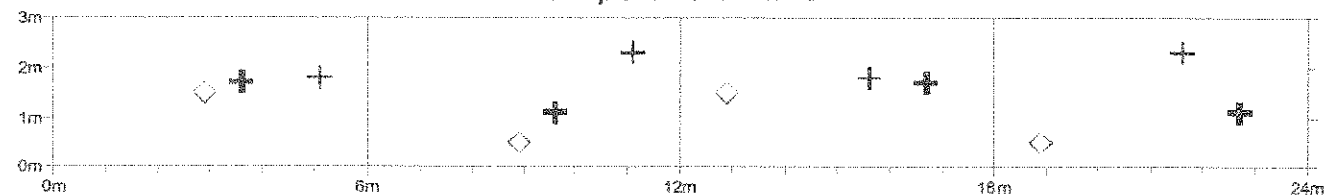
Campionamenti l'Anno



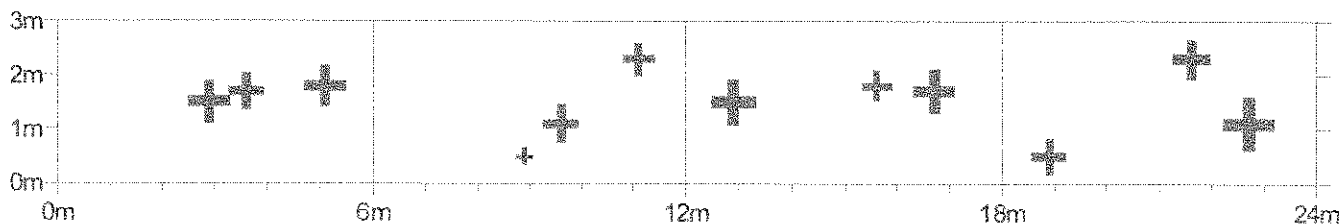
Cadmio



Campionamenti l'Anno



Cromo





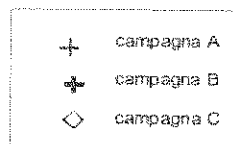
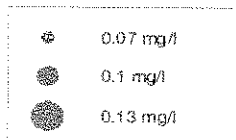
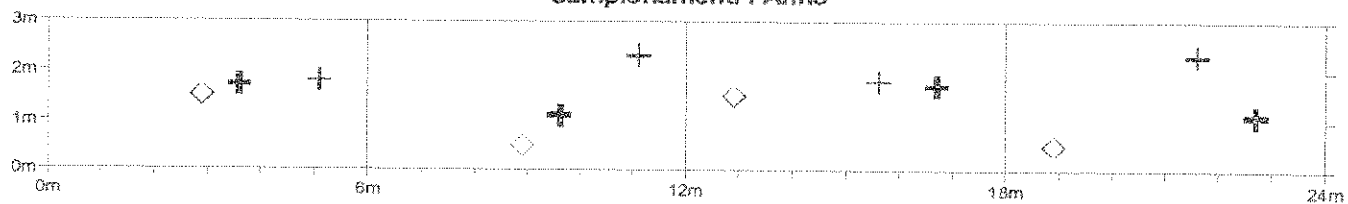
UNIVERSITÀ DI PISA

ARPAT

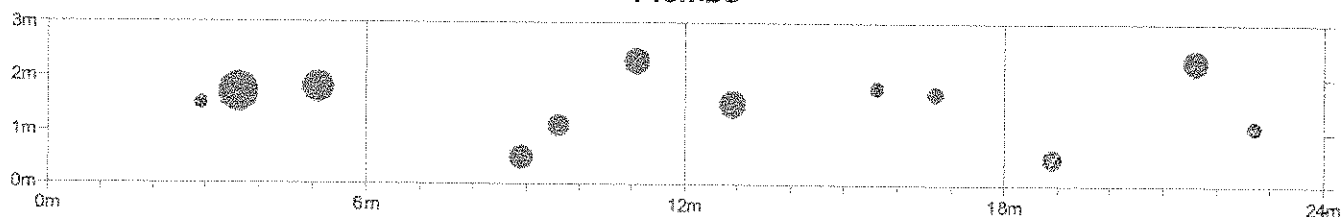
DIPARTIMENTO PROVINCIALE DI LUCCA

Dipartimento di Ingegneria Chimica,
Chimica Industriale e Scienza dei Materiali

Campionamenti l'Anno

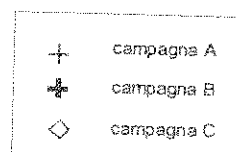
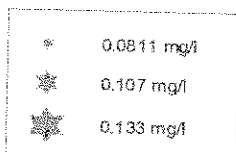
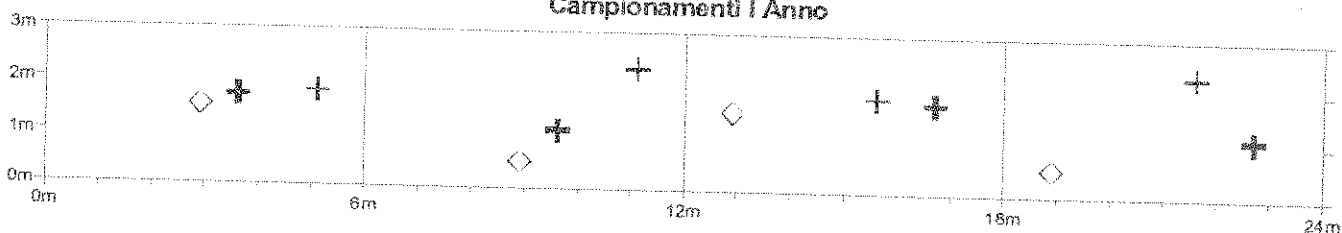


Piombo

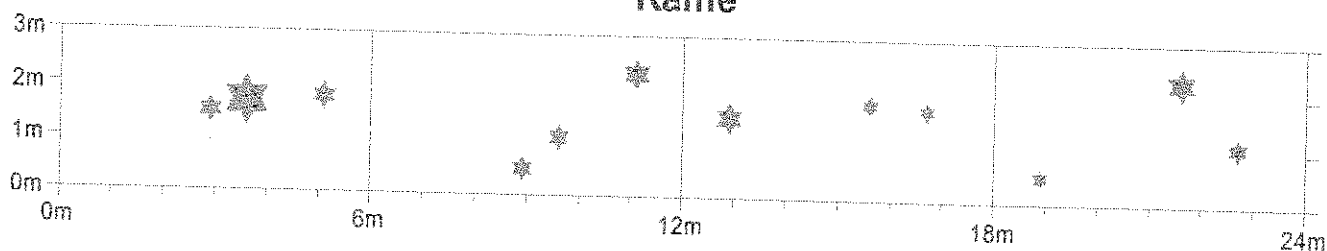




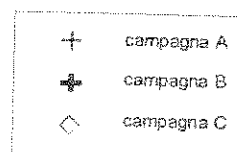
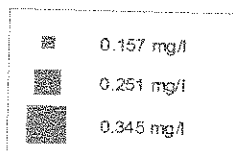
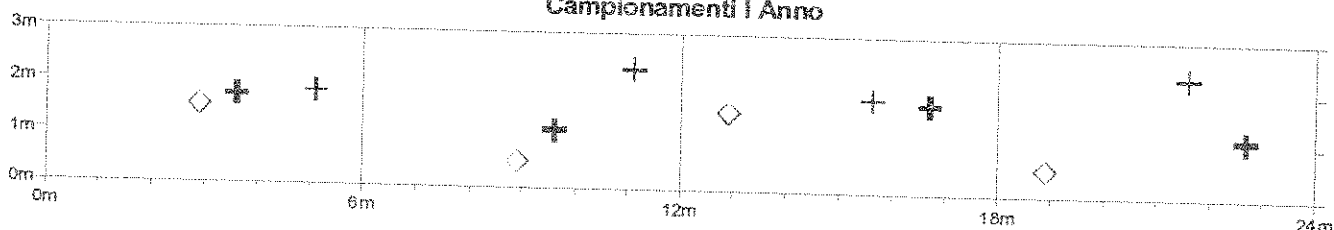
Campionamenti l'Anno



Rame



Campionamenti l'Anno



Zinco

