

“Epidemiologia Rifiuti Ambiente Salute nel Lazio - ERAS Lazio”

Monitoraggio della qualità dell'aria nelle zone
interessate dagli impianti di smaltimento dei rifiuti
(periodo 2011-2012)

Roma, Febbraio 2013

INDICE

| | |
|---|-----------|
| Introduzione | 3 |
| 1 Campagna di monitoraggio presso la discarica di Viterbo | 4 |
| 1.1 Inquadramento territoriale..... | 5 |
| 1.2 Inquinanti gassosi e particolato fine..... | 5 |
| 1.3 Diossine..... | 10 |
| 1.4 Policlorobifenili (PCB) | 12 |
| 1.5 Metalli | 13 |
| 1.6 Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA) | 14 |
| 1.7 Aldeidi e Sostanze Organiche Volatili..... | 15 |
| 2 Campagna di monitoraggio presso il complesso impiantistico di Malagrotta | 17 |
| 2.1 Inquadramento territoriale..... | 17 |
| 2.2 Inquinanti gassosi e particolato fine..... | 18 |
| 2.3 Diossine..... | 21 |
| 2.4 Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA) | 22 |
| 2.5 Policlorobifenili (PCB) | 22 |
| 2.6 Metalli | 24 |
| 3 Campagna di monitoraggio presso la discarica di Guidonia | 25 |
| 3.1 Inquadramento territoriale..... | 25 |
| 3.2 Inquinanti gassosi e particolato fine..... | 27 |
| 3.3 Diossine..... | 29 |
| 3.4 Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA) | 30 |
| 3.5 Policlorobifenili (PCB) | 31 |
| 3.6 Sostanze Organiche Volatili, Aldeidi e Idrogeno Solforato | 32 |
| 3.7 Metalli | 35 |
| 4 Campagna di monitoraggio presso la discarica di Borgo Montello | 36 |
| 4.1 Inquadramento territoriale..... | 36 |
| 4.2 Inquinanti gassosi e particolato fine..... | 38 |
| 4.3 Diossine..... | 40 |
| 4.4 Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA) | 41 |
| 4.5 Policlorobifenili (PCB) | 42 |
| 4.6 Sostanze Organiche Volatili, Aldeidi e Idrogeno Solforato | 44 |
| 4.7 Metalli | 46 |
| 5 Campagna di monitoraggio presso il termovalorizzatore di San Vittore del Lazio | 47 |
| 5.1 Inquadramento territoriale..... | 47 |
| 5.2 Inquinanti gassosi e particolato fine..... | 49 |
| 5.3 Metalli | 51 |
| 5.4 Diossine..... | 52 |
| 5.5 Policlorobifenili (PCB) | 53 |

Introduzione

L'ARPA Lazio nel corso del 2011-2012 ha condotto, nell'ambito delle attività a supporto dell'indagine epidemiologica del programma ERAS, differenti campagne sperimentali le quali, insieme alla rete regionale di monitoraggio di inquinanti atmosferici costituiscono un elemento fondamentale per comprendere e valutare il potenziale livello di esposizione della popolazione nel periodo oggetto dello studio attraverso l'utilizzo di specifiche metodologie e di valutazioni comparative. Le campagne sono state realizzate attraverso il laboratorio mobile dell'ARPA Lazio e ognuna di essa ha avuto una durata di circa un mese. Gli inquinanti monitorati sono: il biossido di zolfo (SO₂), l'ossido di azoto (NO₂), il monossido di carbonio (CO), il particolato sottile (PM10, PM2.5), l'ozono (O₃), le diossine, gli idrocarburi policiclici aromatici (IPA), i policlorobifenili (PCB), le sostanze organiche volatili (SOV) le aldeidi e i metalli pesanti, (piombo (Pb), cromo (Cr), cadmio (Cd) e nichel (Ni)). La scelta dei parametri inquinanti sottoposti a monitoraggio è derivata dalle indicazioni presenti nella normativa vigente, dalla necessità di caratterizzare sostanze potenzialmente prodotte dai cicli industriali di interesse e dalla selezione di traccianti indicativi dei percorsi e delle modalità di trasporto e diffusione delle sostanze inquinanti in atmosfera. In pratica si è adottata la tecnica di selezionare situazioni territoriali "tipo" sulle quali condurre campagne di rilevamento contemporaneo di "macroinquinanti" (PM10, NO₂) da confrontare con i trend acquisiti dalla rete fissa e parametri inquinanti specifici (IPA, metalli,..) per la valutazione di possibili impatti diretti e indiretti dei sistemi impiantistici oggetto dello studio.

Le aree interessate dalle attività di monitoraggio della qualità dell'aria (2011-2012) sono elencate nella tabella successiva insieme al periodo della singola campagna ed alla tipologia di impianto presente nel territorio monitorato. Le postazioni di monitoraggio sono state selezionate sulla base delle simulazioni modellistiche finalizzate ad individuare le aree di massima ricaduta degli inquinanti atmosferici prodotti dagli impianti.

| Territorio | Impianto | Periodo delle campagne |
|----------------------------|--------------------------------------|-------------------------------|
| Malagrotta (RM) | Complesso di Malagrotta | 10/07/2012 13/08/2012 |
| Le Fornaci (VT) | Discarica per rifiuti non pericolosi | 09/12/2011 09/01/2012 |
| Borgo Montello (LT) | Discarica per rifiuti non pericolosi | 06/05/2012 14/06/2012 |
| Guidonia (RM) | Discarica per rifiuti non pericolosi | 04/07/2012 08/08/2012 |
| San Vittore del Lazio (FR) | Termovalorizzatore | 22/10/2011 15/11/2011 |

1 Campagna di monitoraggio presso la discarica di Viterbo

L'ARPA Lazio ha eseguito dal 9 dicembre 2011 al 9 gennaio 2012, una campagna di monitoraggio per valutare la qualità dell'aria nel territorio su cui insiste la discarica di Viterbo.

Tale campagna è stata realizzata utilizzando il laboratorio mobile dell'ARPA Lazio (figura 1) il quale è dotato della seguente strumentazione:

- analizzatore per gli ossidi di azoto (NO , NO_2 , NO_x)
- analizzatore di biossido di zolfo (SO_2);
- analizzatore di ozono (O_3);
- analizzatore di monossido di carbonio (CO);
- analizzatore di particolato sottile (PM_{10} e $\text{PM}_{2.5}$).

Sono stati inoltre determinati, gli idrocarburi policiclici aromatici (IPA), i metalli pesanti, (piombo (Pb), cromo (Cr), cadmio (Cd) e nichel (Ni)), le sostanze organiche volatili e gli aldeidi.

I criteri generali sulla base dei quali sono stati definiti i punti di misura sono:

- aree di massima ricaduta degli inquinanti emessi dall'impianto;
- presenza di ricettori sensibili.



Fig. 1.1. Laboratorio mobile dell'Arpa Lazio.



Fig. 1.2. Postazione del monitoraggio "Agriturismo Monteparadiso"

1.1 Inquadramento territoriale

L'impianto è situato nella località Le Fornaci a circa 10 km dal centro di Viterbo ed a circa 2.8 km dalla frazione di Monterazzano in cui risiedono circa 50 abitanti.

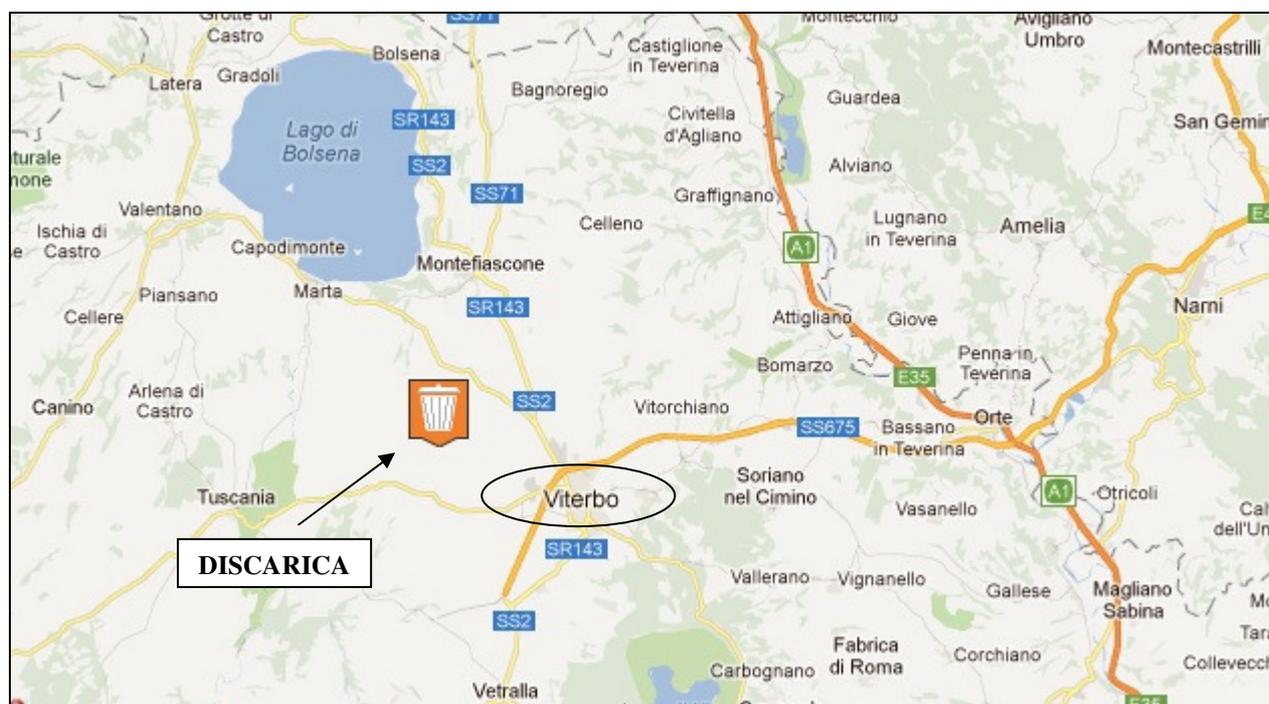


Figura 1.3. Posizione della discarica nel comune di Viterbo.

1.2 Inquinanti gassosi e particolato fine

Nella tabella seguente sono riportati il periodo di rilevamento degli inquinanti gassosi e del particolato fine, la postazione del sito dei campionamenti e la distanza di quest'ultima dall'impianto di smaltimento dei rifiuti.

| Periodo della campagna | Postazione della Stazione Mobile | Coordinate UTM | Distanza dall'impianto |
|--------------------------|----------------------------------|----------------------|------------------------|
| 09/12/2011 09/01/2012 | Agriturismo Monteparadiso | 33T 255860 - 4703230 | 2,82 km |



Figura 1.4. Inquadramento territoriale della discarica e del punto di campionamento degli inquinanti gassosi e del particolato fine.

Le medie delle concentrazioni dei dati chimici rilevati durante la campagna sono riportate di seguito.

| INQUINANTI | NO [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] | NO _x [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] | NO ₂ [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] | SO ₂ [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] | CO [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] | O ₃ [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] | PM10 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] | PM2.5 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] |
|------------|------------------------------------|---|---|---|------------------------------------|--|--------------------------------------|---------------------------------------|
| MEDIA | 1.2 | 12.9 | 11.0 | 0.9 | 0.3 | 49.3 | 14.4 | 9.1 |

Tabella 1.1. Concentrazioni medie ottenute durante il periodo della campagna

I valori medi registrati nella campagna di monitoraggio sono stati confrontati con i limiti di riferimento previsti dalla normativa vigente e con le corrispondenti medie mensili (mese di dicembre) delle concentrazioni degli inquinanti monitorati dalle centraline della rete automatica regionale di monitoraggio della qualità dell'aria presenti nella provincia di Viterbo. In questo modo, nel determinare la qualità dell'aria, è possibile avere un termine di paragone tra l'area di indagine e l'intero territorio provinciale tenendo conto del ruolo della variabilità meteorologica.

L'ARPA Lazio effettua il monitoraggio della qualità dell'aria ai fini della valutazione della distribuzione su tutto il territorio regionale della concentrazione al suolo delle principali sostanze inquinanti (biossido di zolfo, biossido di azoto, monossido di carbonio, benzene, PM10 e ozono). L'attività di monitoraggio viene condotta impiegando, in maniera coordinata e finalizzata alla

descrizione dell'intera realtà regionale, misure in siti fissi (la tradizionale rete di monitoraggio della qualità dell'aria), misure con sistemi mobili e modelli di calcolo.

La rete di monitoraggio regionale è attualmente costituita da 37 stazioni fisse, nella provincia di Viterbo sono presenti tre centraline. La località, il tipo e l'esatta postazione sono descritte nella tabella seguente.

| Località | Tipo di centralina | Latitudine | Longitudine | Altitudine (slm) |
|-------------------|--------------------|------------|-------------|------------------|
| Viterbo | Urbana/Traffico | 42.422058 | 12.109125 | 338 |
| Civita Castellana | Urbana/Industriale | 42.289153 | 12.414958 | 139 |
| Acquapendente | Fondo Rurale | 42.7367 | 11.8766 | 434 |

Ogni centralina ha una propria dotazione strumentale costituita da sensori capaci di rilevare i dati chimici; in tabella si elencano gli inquinanti atmosferici che ciascuna centralina è in grado di monitorare.

| Nome della postazione | CO | NO _x | O ₃ | PM10 | PM2.5 | SO ₂ |
|-----------------------|----|-----------------|----------------|------|-------|-----------------|
| Viterbo | x | x | x | x | x | x |
| Civita Castellana | | x | | x | | x |
| Acquapendente | | x | x | x | x | |



Figura 1.5. Postazione delle tre centraline regionali nella provincia di Viterbo rispetto alla discarica.

Nella tabella seguente sono riportati i livelli di concentrazione media degli inquinanti in esame, misurati durante la campagna, e il rispettivo limite (valore medio annuo) previsto dalla normativa vigente. Tali medie si riferiscono ad una campagna periodica con durata temporale limitata, per cui non sono confrontabili con i limiti di legge (medie annue), ma si ritengono allo stesso modo significative nel fornire elementi validi per la caratterizzazione della qualità dell'aria nella zona di indagine. Inoltre, allo scopo di caratterizzare al meglio l'area in esame rispetto al complesso del territorio in osservazione, sono riportati nella tabella seguente anche i corrispettivi dati delle centraline fisse della rete regionale di monitoraggio della qualità dell'aria site a Viterbo, a Civita Castellana e da luglio 2010 ad Acquapendente.

| STAZIONE | SO ₂ [µg/m ³] | NO ₂ [µg/m ³] | PM10 [µg/m ³] | PM2.5 [µg/m ³] |
|------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|---------------------------|----------------------------|
| <i>Limite annuo</i> | 20 | 40 | 40 | 25 |
| Campagna monitoraggio | 0.9 | 11.0 | 14.4 | 9.1 |
| Viterbo | 0.5 | 47.0 | 23.0 | 14.0 |
| Civita Castellana | 2.5 | 48.0 | 34.0 | ND |
| Acquapendente | ND | 10.0 | 17.0 | 13.0 |

Tabella 1.2. Concentrazioni medie nel periodo della campagna

ND: non determinato

- nel periodo di indagine, la concentrazione media del biossido di zolfo (SO₂) rilevata nell'area in esame è confrontabile con la concentrazione media ottenuta dalla centralina urbana/traffico

sita a Viterbo. Inoltre, la massima *concentrazione oraria* del biossido di zolfo è stata registrata il 29.12.2011 ed è pari a $1.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$, valore certamente inferiore al limite previsto dalla normativa ($350 \mu\text{g}/\text{m}^3$ da non superare più di 24 volte in un anno).

- Il valore della *concentrazione media* di biossido di azoto (NO_2) ottenuta durante la campagna in esame è pari a $11 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Confrontando tale risultato con le corrispondenti medie mensili di dicembre 2011, ottenute dall'elaborazione delle concentrazioni di NO_2 rilevate dalle centraline fisse regionali presenti nella provincia di Viterbo, si osserva, che (grafico 1.1), ad eccezione della centralina di fondo rurale sita ad Acquapendente, le altre hanno registrato nello stesso periodo della campagna valori superiori a $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Per la *concentrazione oraria* del biossido di azoto, il limite da non superare più di 18 volte l'anno è di $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$; tale limite non è mai stato superato, il valore massimo che si è registrato durante la campagna è pari a $57.2 \mu\text{g}/\text{m}^3$.
- Se si confrontano le corrispondenti *medie mensili*, ottenute dall'elaborazione delle concentrazioni di PM_{10} rilevate dalle centraline fisse della rete regionale presenti nella provincia di Viterbo (grafico 1.1) con il valore medio di PM_{10} ottenuto durante la campagna, si osserva che quest'ultimo è inferiore al valore ottenuto nella stazione di fondo rurale sita ad Acquapendente; i valori registrati nelle stazioni urbane di Viterbo e di Civita Castellana sono comunque minori del limite normativo vigente che è pari a $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$. La *concentrazione giornaliera* del PM_{10} prevede il limite, da non superare più di 35 volte l'anno, di $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$; tale valore non è mai stato superato, precisamente, durante tutta la campagna il valore massimo registrato è di $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$ rilevato il 29.12.2011.
- La concentrazione media del $\text{PM}_{2.5}$ registrata durante la campagna in esame è pari a $9.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$; tale valore risulta inferiore sia alla corrispettiva media ottenuta dalla centralina urbana/traffico sita a Viterbo e sia alle concentrazioni medie rilevate nella stazione di fondo rurale di Acquapendente.

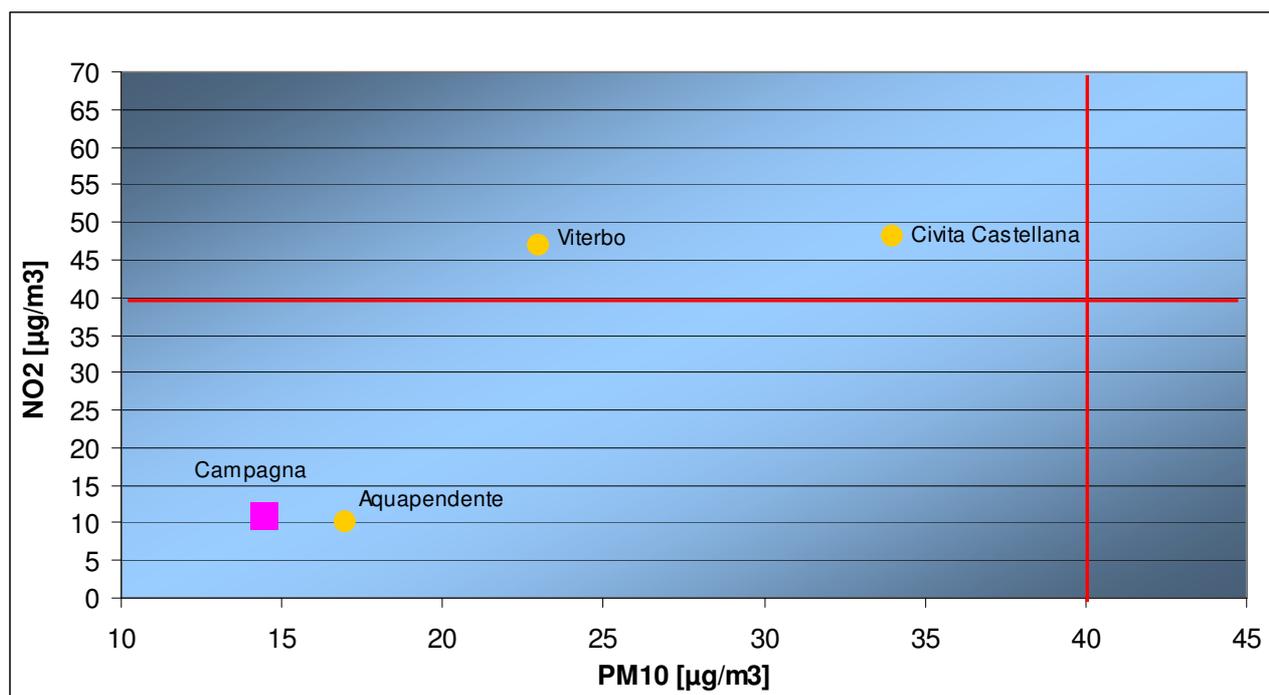


Grafico 1.1 Confronto PM10-NO₂ tra i valori medi della campagna e delle centraline regionali della provincia di Viterbo.

Il rapporto NO₂-PM10 delle concentrazioni medie ottenute mette in evidenza (grafico 1) che le condizioni ambientali, in termini di inquinamento atmosferico, dell'area in esame, nel periodo in osservazione, sono confrontabili con quelle monitorate dalla centralina di fondo rurale sita ad Acquapendente e si discostano dalle condizioni misurate dalle centraline urbane/industriali di Viterbo e di Civita Castellana.

1.3 Diossine

In questa campagna sono stati rilevati, inoltre, le concentrazioni delle diossine, degli idrocarburi policiclici aromatici (IPA) e dei policlorobifenili (PCB). Nella tabella seguente si riportano le postazioni di campionamento e la rispettiva distanza dall'impianto di smaltimento dei rifiuti.

| Periodo della campagna | Postazione della Stazione Mobile | Coordinate UTM | Distanza dall'impianto |
|--------------------------|----------------------------------|----------------------|------------------------|
| 09/12/2011 09/01/2012 | Agriturismo Monteparadiso | 33T 255860 - 4703230 | 2,82 km |
| | Zona Monterazzano | 33T 255869 - 4702808 | 3.07 km |

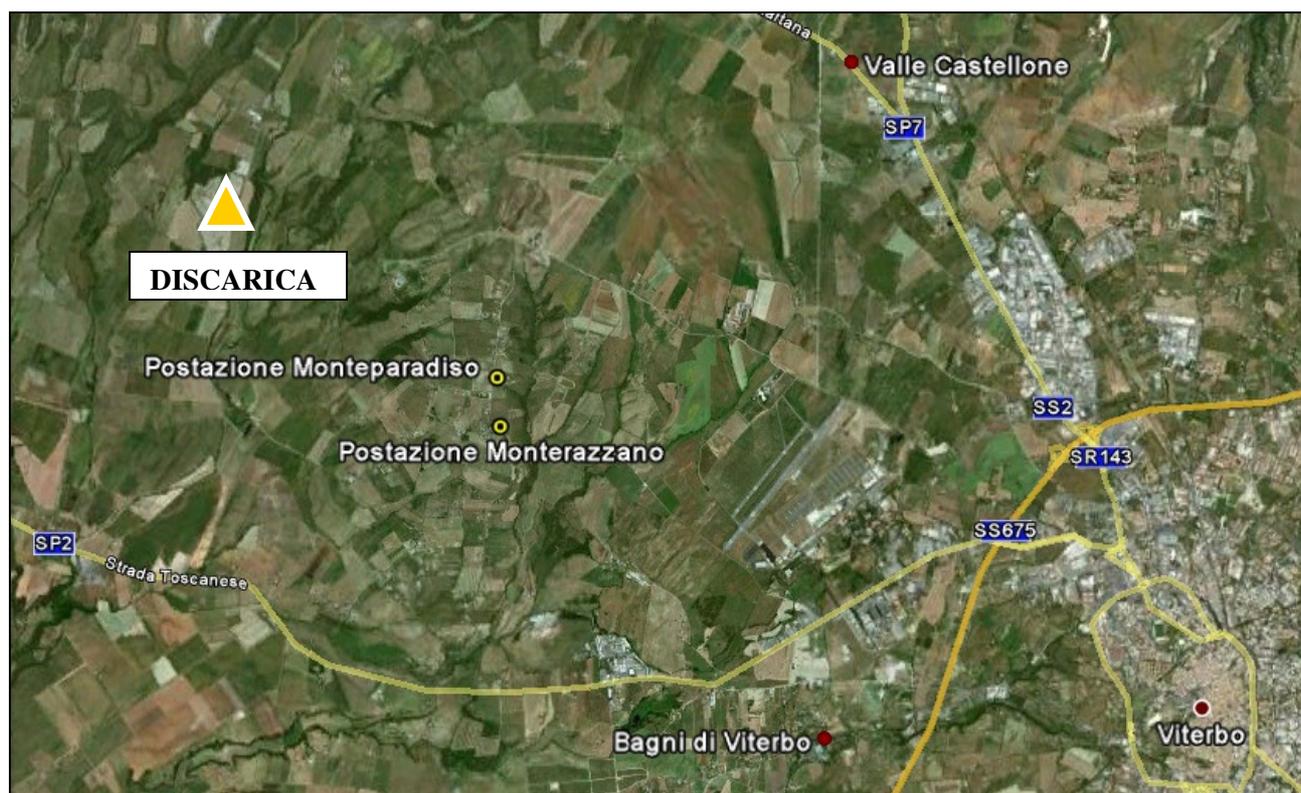


Figura 1.6. Inquadramento territoriale della discarica e dei punti di campionamento delle diossine degli IPA e dei PCB.

Il numero dei campioni prelevati durante la campagna sono 5 dei quali 3 sono stati rilevati nella postazione Monteparadiso ed i restanti nella postazione Monterazzano. Di seguito si presentano le medie ottenute sui campioni prelevati.

| DIOSSINE [fg/m ³] | Media |
|-------------------------------|-------------|
| 2378-TCDD | 0.56 |
| 12378-PeCDD | 2.04 |
| 123478-HxCDD | 2.82 |
| 123678HxCDD | 2.7 |
| 123789-HxCDD | 3.24 |
| 1234678-HpCDD | 2.54 |
| OCDD | 17.36 |
| 2378-TCDF | 2.1 |
| 12378-PeCDF | 2.6 |
| 23478-PeCDF | 3.06 |
| 123478-HxCDF | 3.38 |
| 123678-HxCDF | 2.54 |
| 123789-HxCDF | 3.76 |
| 234678-HxCDF | 2.18 |
| 1234678-HpCDF | 5.74 |
| 1234789-HpCDF | 3.64 |
| OCDF | 10.04 |
| Teq | 5.68 |

Tabella 1.3. Concentrazioni medie delle diossine.

Il livello di concentrazione di diossine espresso in Teq (tossicità equivalente) è stato calcolato mediante la tecnica del “medium bound” abitualmente utilizzata in ambito internazionale per valutare tali concentrazioni. Per un confronto indicativo circa i livelli di concentrazione di diossine rilevati nell’area di studio, si riporta una sintesi dei livelli riscontrati in diverse campagne sperimentali condotte in aree urbane.

| Location and Year | Dioxin concentration Average, (Min. - Max.) [TE fg/m ³] | Reference |
|------------------------|---|--------------------------------|
| Sofienbergparken, 2007 | 28,2 (4,80 - 86,5) | This study |
| Vålerenga, 1989 | 100 (40/200) | Oehme et al. 1991 |
| Athens, 2000 | (42 - 73) | Mandalakis et al. 2002 |
| Roma, 2001 | 46,9 (4,4 - 245) | Turrio-Baldassarri et al. 2005 |
| Beijing, 2006 | 268 (18 - 644) | Li et al. 2008 |

Tabella 1.4. Livelli di concentrazione di diossine in differenti città

Dagli studi effettuati si evince che i **Teq** riscontrati nei pressi della discarica di Viterbo variano tra 4.1 – 8.8 fg/m³ (1 femtogrammo=10⁻⁹ microgrammi) risultano confrontabili con i valori minimi osservati negli studi sopra citati.

1.4 Policlorobifenili (PCB)

I PCB totali sono stati determinati in cinque diversi campionamenti presso la discarica. I livelli medi per i PCB totali variano tra 6,4 e 29,5 pg/m³. Di seguito si elenca la media dei valori rilevati.

| PCB [pg/m ³] | Media |
|--------------------------|-------|
| 28 | 4.82 |
| 52 | 2.62 |
| 81 | <0.05 |
| 77 | <0.05 |
| 95 | 1.34 |
| 101 | 1.24 |
| 110 | 0.58 |
| 118 | 1.02 |
| 105 | 0.19 |
| 151 | 0.32 |
| 149 | 0.74 |
| 146 | <0.05 |
| 153 | 0.8 |
| 138 | 0.54 |
| 167 | <0.05 |

| PCB [pg/m ³] | Media |
|--------------------------|--------------|
| 187 | 0.18 |
| 183 | 0.09 |
| 177 | 0.08 |
| 180 | 0.38 |
| 170 | 0.11 |
| 189 | 0.15 |
| PCBs tot | 15.12 |

Tabella 1.4. Concentrazioni medie dei PCB.

Allo scopo di permettere un primo confronto orientativo circa i livelli di concentrazione rilevati nell'area di studio, si riporta una sintesi dei livelli riscontrati in diverse campagne sperimentali condotte in aree urbane.

| Location and Year | PCB-7 Concentration Average, (Min. - Max.) [pg/m ³] | Reference |
|------------------------|---|------------------------|
| Sofienbergparken, 2007 | 31,8 (15,3 - 61,9) | This study |
| Sjursjøya, 2002 | 54 | Breivik et al. |
| Athens, 2000 | 41,7 | Mandalakis et al. 2002 |
| Seoul, 1999 | 42,2 | Yeo et al. 2004 |

Tabella 1.5. Confronto della concentrazione di PCB-7 in campioni di aria urbana prelevati in differenti luoghi

Si osservi che nelle aree in prossimità della discarica di Viterbo la concentrazione media dei PCB-7 (ottenuta dalla somma dei 7 congeneri definiti ad "alta tossicità" : 28, 52, 101, 118, 138, 153, 180) risulta rispettivamente pari a **11.4 pg/m³** (1 picogrammo=10⁻⁶ microgrammo) tale valore è inferiore ai livelli dei PCB-7 di letteratura, rilevati nelle aree urbane sopra citate.

1.5 Metalli

Nella campagna in esame sono stati rilevati i metalli pesanti da particolato fine PM1, PM2,5 e PM10; di seguito si mostrano i risultati ottenuti e il periodo di campionamento.

| Dal particolato | Periodo Campionamento | Pb µg/m ³ | Cd ng/m ³ | As ng/m ³ | Ni ng/m ³ |
|-----------------|-------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| (PM1) | 12-31 DICEMBRE | 0.00005 | 0.07 | 0.23 | 0.52 |
| (PM1) | 31 DICEMBRE- 09 GENNAIO | ILA | 0.06 | 0.24 | 1.28 |
| (PM2,5-1) | 12-31 DICEMBRE | 0.00034 | 0.01 | 0.03 | 0.54 |
| (PM2,5-1) | 31 DICEMBRE- 09 GENNAIO | 0.00033 | ILA | ILA | 0.33 |
| (PM2,5-10) | 12-31 DICEMBRE | 0.00012 | ILA | 0.01 | 0.25 |
| (PM2,5-10) | 31 DICEMBRE- 09 GENNAIO | 0.00006 | ILA | ILA | 0.17 |

ILA INFERIORE LIMITE ANALITICO dall'analisi AA (Assorbimento Atomico)

ILA valore azzerato dopo depurazione dal bianco di laboratorio

| Media | Pb [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] | Cd [ng/m^3] | As [ng/m^3] | Ni [ng/m^3] |
|---------------|---------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| <i>limiti</i> | 0.5 | 5 | 6 | 20 |
| campagna | 0.0005 | 0.07 | 0.25 | 1.54 |

Tabella 1.6. Concentrazioni medie dei metalli.

1.6 Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA)

Per la determinazione degli idrocarburi policiclici aromatici il numero dei campioni prelevati durante la campagna sono 5 dei quali 3 sono stati rilevati nella postazione Monteparadiso e 2 nella postazione Monterazzano. Di seguito si presentano le medie ottenute.

| IPA [ng/m^3] | Media |
|--------------------------------|-------------|
| Fenantrene | 5.72 |
| Antracene | <0.01 |
| Fluorantene | 1.82 |
| Pirene | 1.34 |
| Banzo(a)antracene | 0.07 |
| Crisene | 0.12 |
| Benzo(b+j+k)fluorantene | 0.15 |
| Benzo(a)pirene | 0.04 |
| Indeno(123cd)pirene | 0.05 |
| Benzo(ghi)perilene | 0.05 |
| Dibenzo(ah)antracene | 0.04 |

Tabella 1.7. Concentrazioni medie degli IPA.

La normativa attualmente vigente prevede un *limite/valore obiettivo* di riferimento per il benzo(a)pirene pari a $1 \text{ ng}/\text{m}^3$.

1.7 Aldeidi e Sostanze Organiche Volatili

L'impiego di campionatori passivi e le successive analisi in laboratorio hanno reso possibile la determinazione della concentrazione in aria di una serie di sostanze rappresentative di forme d'inquinamento connesse a processi industriali, a combustione ed eventuali fenomeni di origine odorigena. Nelle tabelle che seguono sono riportate, le postazioni di prelievo dei campioni, la rispettiva distanza dall'impianto di discarica e le medie degli inquinanti monitorati.



Figura 1.7. Inquadramento territoriale della discarica e dei punti di campionamento delle Aldeidi e dei SOV.

| ALDEIDI | POSTAZIONE EST | DISTANZA | COORDINATE UTM |
|---------------|--------------------------|----------|---|
| CAMPIONE N° 1 | dal 15/12/11 al 21/12/11 | 2.82 km | 33T 255860 – 4703230 (Monteparadiso) |
| CAMPIONE N° 5 | dal 21/12/11 al 31/12/11 | | |

| ALDEIDI | POSTAZIONE SUD | DISTANZA | COORDINATE UTM |
|---------------|--------------------------|----------|-----------------------|
| CAMPIONE N° 2 | dal 15/12/11 al 21/12/11 | 0.24 km | 33T 0253511 – 4704487 |
| CAMPIONE N° 6 | dal 21/12/11 al 31/12/11 | | |

| ALDEIDI | POSTAZIONE OVEST | DISTANZA | COORDINATE UTM |
|---------------|--------------------------|----------|------------------------|
| CAMPIONE N° 3 | dal 15/12/11 al 21/12/11 | 2.20 km | 32T 07446371 – 4704733 |
| CAMPIONE N° 7 | dal 21/12/11 al 31/12/11 | | |

| ALDEIDI | POSTAZIONE NORD | DISTANZA | COORDINATE UTM |
|---------------|--------------------------|----------|------------------------|
| CAMPIONE N° 4 | dal 15/12/11 al 21/12/11 | 2.38 km | 32T 07446100 – 4705160 |
| CAMPIONE N° 8 | dal 21/12/11 al 31/12/11 | | |

| Aldeidi [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] | Media |
|--------------------------------------|-------|
| Formaldeide | 1.96 |
| Acetaldeide | 1.49 |
| Butirraldeide | 1.02 |
| Benzaldeide | 0.12 |

Tabella 1.7. Concentrazioni medie delle aldeidi

| SOV | POSTAZIONE EST | DISTANZA | COORDINATE UTM |
|---------------|--------------------------|----------|---|
| CAMPIONE N° 1 | dal 15/12/11 al 21/12/11 | 2.82 km | 33T 255860 – 4703230 (Monteparadiso) |
| CAMPIONE N° 5 | dal 21/12/11 al 31/12/11 | | |
| CAMPIONE N° 9 | dal 31/12/11 al 08/01/12 | | |

| SOV | POSTAZIONE SUD | DISTANZA | COORDINATE UTM |
|----------------|--------------------------|----------|-----------------------|
| CAMPIONE N° 2 | dal 15/12/11 al 21/12/11 | 0.24 km | 33T 0253511 – 4704487 |
| CAMPIONE N° 6 | dal 21/12/11 al 31/12/11 | | |
| CAMPIONE N° 10 | dal 31/12/11 al 08/01/12 | | |

| SOV | POSTAZIONE OVEST | DISTANZA | COORDINATE UTM |
|----------------|--------------------------|----------|------------------------|
| CAMPIONE N° 3 | dal 15/12/11 al 21/12/11 | 2.20 km | 32T 07446371 – 4704733 |
| CAMPIONE N° 7 | dal 21/12/11 al 31/12/11 | | |
| CAMPIONE N° 11 | dal 31/12/11 al 08/01/12 | | |

| SOV | POSTAZIONE NORD | DISTANZA | COORDINATE UTM |
|----------------|--------------------------|----------|------------------------|
| CAMPIONE N° 4 | dal 15/12/11 al 21/12/11 | 2.38 km | 32T 07446100 – 4705160 |
| CAMPIONE N° 8 | dal 21/12/11 al 31/12/11 | | |
| CAMPIONE N° 12 | dal 31/12/11 al 08/01/12 | | |

| SOV | Media [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] |
|-------------------|------------------------------------|
| Acetonitrile | 3.546 |
| Metiletilchetone | 0.279 |
| Etile acetato | 0.147 |
| Benzene | 0.593 |
| Tricloroetilene | 0.072 |
| Toluene | 0.548 |
| Butile acetato | 0.066 |
| Tetracloroetilene | 0.086 |
| Etil benzene | 0.102 |
| m+p-xilene | 0.254 |
| o-xilene | 0.086 |
| alfa-pinene | 0.014 |
| Limonene | 0.366 |
| Canfora | 0.005 |

Tabella 1.8. Concentrazioni medie dei SOV.

2 Campagna di monitoraggio presso il complesso impiantistico di Malagrotta

2.1 Inquadramento territoriale

L'area complessa di Malagrotta si estende per circa 50 km², comprende la discarica per rifiuti urbani, due impianti di trattamento meccanico biologico, un gassificatore, una raffineria, cave per inerti, un impianto di inertizzazione del percolato della discarica, un impianto di produzione di biometano, un inceneritore di rifiuti ospedalieri, e alcuni depositi di idrocarburi. Nell'area sono presenti diverse infrastrutture di trasporto come il grande raccordo anulare a circa 3,3 km e l'autostrada A12 Roma-Civitavecchia a circa 5 km, ed alcune aree residenziali come Massimina-Casal Lumbroso a circa 2,5 km di distanza.



Figura 2.1. Collocazione del complesso impiantistico nell'area di Malagrotta.

Il monitoraggio ha inizio il 10 luglio 2012 e termina il 13 agosto 2012; gli inquinanti rilevati sono:

- l'ozono
- il biossido di zolfo
- il biossido di azoto
- il particolato fine: PM10 e PM2.5
- gli idrocarburi policiclici aromatici - IPA
- i policlorobifenili - PCB
- le diossine
- metalli

Nella figura successiva è indicata la postazione della centralina di monitoraggio rispetto all'area che ospita gli impianti di smaltimento dei rifiuti urbani.



Figura 2.2. Postazione del punto di monitoraggio rispetto al complesso di Malagrotta.

2.2 Inquinanti gassosi e particolato fine

Nella tabella successiva sono presentate le medie delle concentrazioni dei dati chimici ottenuti dalla centralina fissa di Malagrotta nello stesso periodo della campagna.

| Inquinanti | NO ₂ [µg/m ³] | O ₃ [µg/m ³] | SO ₂ [µg/m ³] | PM2.5 [µg/m ³] | PM10 [µg/m ³] |
|--------------------------------|---|--|---|-------------------------------|------------------------------|
| Centralina fissa Malagrotta | 15.8 | 78.2 | 1.9 | 14.7 | 25.6 |

Tabella 2.1. Valori medi delle concentrazioni degli inquinanti gassosi e del particolato fine

Allo scopo di caratterizzare al meglio l'area in esame rispetto al complesso del territorio in osservazione, si è deciso di calcolare le rispettive medie (medie riferite alle concentrazioni degli stessi inquinanti rilevati negli stessi giorni della campagna di Malagrotta) ottenute dall'elaborazione

dei valori registrati dalle centraline fisse della rete regionale di monitoraggio della qualità dell'aria poste a Roma e in provincia. Nella tabella seguente sono riportati i livelli di concentrazione media del biossido di azoto e del particolato fine PM10, misurati durante la campagna, e il rispettivo limite (valore medio annuo) previsto dalla normativa vigente.

| Stazioni | Tipologia | PM10 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] | NO ₂ [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] |
|---|--------------------|--------------------------------------|---|
| <i>Limite annuo $\mu\text{g}/\text{m}^3$</i> | | 40 | 40 |
| Malagrotta | Industriale | 26 | 16 |
| Guidonia | Industriale | 24 | 30 |
| Francia | Traffico | 32 | 78 |
| Magna Grecia | Traffico | 29 | 58 |
| Colleferro E. | Industriale | 26 | 28 |
| Allumiere | Industriale | 13 | 7 |
| Civitavecchia | Industriale | 25 | 25 |
| Preneste | Fondo urbano | 32 | 37 |
| Villa Ada | Fondo urbano | 23 | 28 |
| Castel di Guido | Fondo rurale | 25 | 10 |
| Cavaliere | Fondo urbano | 29 | 30 |
| Fermi | Traffico | 30 | 65 |
| Cipro | Fondo urbano | 20 | 41 |
| Tiburtina | Traffico | 34 | 59 |
| Arenula | Residenziale | 30 | 47 |

Tabella3.2. Valori medi delle concentrazioni di PM10 e NO₂ rilevati dalle centraline regionali nello stesso periodo della campagna di Malagrotta.

Le medie ottenute, si riferiscono ad una campagna periodica con durata temporale limitata, per cui non confrontabili con i limiti di legge (medie annue), ma si ritengono allo stesso modo significative nel fornire elementi utili alla caratterizzazione della qualità dell'aria nella zona di Malagrotta.

- Il valore della *concentrazione media* di biossido di azoto (NO₂) ottenuto dalla centralina fissa di Malagrotta pari a 16, risulta essere inferiore alle corrispettive medie ottenute dall'elaborazione delle concentrazioni di NO₂ rilevate, negli stessi giorni della campagna, dalle centraline fisse regionali considerate, ad eccezione della centralina di fondo rurale di Castel di Guido e di quella industriale di Allumiere.
- Per la *concentrazione oraria* del biossido di azoto, il limite da non superare più di 18 volte l'anno è di 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$; tale limite non è mai stato superato, il valore massimo che si è registrato durante la campagna è pari a 33 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ misurato un'unica volta il 28/07/2012.

- La *concentrazione media* del particolato fine PM10 ottenuta nella campagna in esame pari a $26 \mu\text{g}/\text{m}^3$ è confrontabile con i risultati ottenuti nello stesso periodo dalle centraline fisse regionali che sono state prese in considerazione tra cui la centralina di fondo di Castel di Guido e le centraline di tipo industriale di Guidonia e Colleferro. Tutte le medie risultano essere inferiori al limite normativo vigente che è pari a $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$.
- La *concentrazione giornaliera* del PM10 prevede il limite, da non superare più di 35 volte l'anno, di $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$; tale valore, durante la campagna, non è mai stato superato.

Si è scelto di raffigurare i parametri PM10 e NO₂ in quanto si ritengono maggiormente rappresentativi dell'inquinamento provocato dalle attività industriali, dagli impianti di combustione e dal traffico veicolare; attività connesse agli impianti di smaltimento dei rifiuti presenti nell'area di Malagrotta.

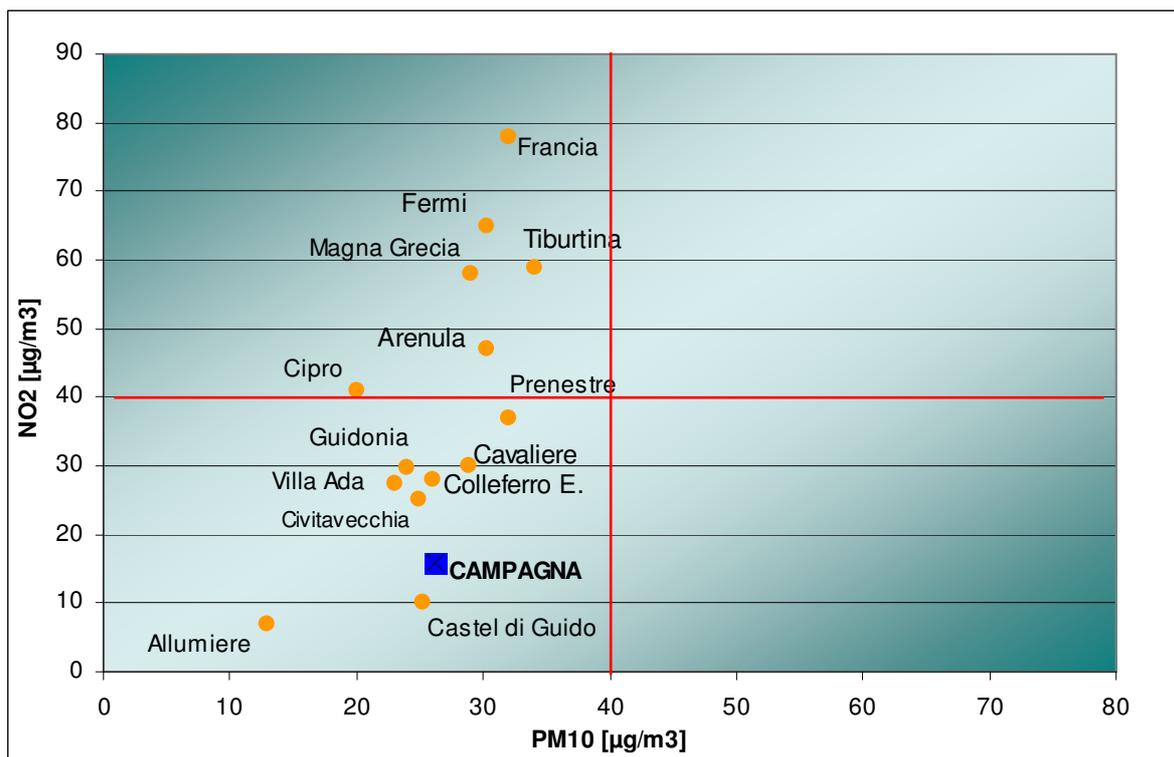


Grafico 3.1. Confronto tra i valori medi della centralina fissa di Malagrotta (campagna) e i corrispettivi valori delle centraline regionali presenti a Roma e nella provincia di Roma.

Dal grafico precedente, che mostra il rapporto NO₂-PM10 delle concentrazioni medie ottenute, si evince che le condizioni ambientali, in termini di inquinamento atmosferico dell'area in esame, nel periodo di osservazione, si discostano, in termini di NO₂ dalle centraline di traffico che appaiono rappresentate nel primo quadrante del grafico NO₂-PM10.

2.3 Diossine

Di seguito si presentano le medie ottenute dai tre campioni rilevati durante la campagna.

| Diossine [fg/m ³] | Media di tutti i campioni |
|-------------------------------|---------------------------|
| 2378-TCDD | 1.1 |
| 12378-PeCDD | 3.7 |
| 123478-HxCDD | 2.8 |
| 123678HxCDD | 5.4 |
| 123789-HxCDD | 3.3 |
| 1234678-HpCDD | 12.1 |
| OCDD | 16.0 |
| 2378-TCDF | 11.7 |
| 12378-PeCDF | 9.8 |
| 23478-PeCDF | 7.3 |
| 123478-HxCDF | 9.1 |
| 123678-HxCDF | 7.5 |
| 234678-HxCDF | 8.9 |
| 123789-HxCDF | 3.9 |
| 1234678-HpCDF | 24.0 |
| 1234789-HpCDF | 3.0 |
| OCDF | 9.8 |
| Teq | 12.8 |

Tabella 2.2. Media della concentrazione di diossine ottenuta nella campagna di Malagrotta 2012

* fg= fentogrammi =10⁻⁹ microgrammi 2

Il livello di concentrazione di diossine espresso in Teq (tossicità equivalente) è stato calcolato mediante la tecnica del “medium bound” abitualmente utilizzata in ambito internazionale per valutare tali concentrazioni. Per un confronto indicativo circa i livelli di concentrazione di diossine rilevati nell’area di studio, si riporta una sintesi dei livelli riscontrati in diverse campagne sperimentali condotte in aree urbane.

| Location and Year | Dioxin concentration Average, (Min. - Max.) [TE fg/m ³] | Reference |
|------------------------|---|--------------------------------|
| Sofienbergparken, 2007 | 28,2 (4,80 - 86,5) | This study |
| Vålerenga, 1989 | 100 (40/200) | Oehme et al. 1991 |
| Athens, 2000 | (42 - 73) | Mandalakis et al. 2002 |
| Roma, 2001 | 46,9 (4,4 - 245) | Turrio-Baldassarri et al. 2005 |
| Beijing, 2006 | 268 (18 - 644) | Li et al. 2008 |

Tabella 2.3. Livelli di concentrazione di diossine in differenti città.

Dagli studi effettuati si evince che i **Teq** riscontrati nell'area in esame variano tra 2.7 – 18.9 fg/m³ (1 femtogrammo=10⁻⁹ microgrammi) e risultano confrontabili con i valori minimi osservati negli studi sopra citati.

2.4 Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA)

Di seguito si presentano le medie ottenute dalle concentrazioni degli idrocarburi policiclici aromatici rilevati nell'area in osservazione. La normativa attualmente vigente prevede un *limite/valore obiettivo* di riferimento per il benzo(a)pirene pari ad 1 ng/m³.

| IPA [ng/m ³] | Media |
|--------------------------|--------------|
| Fenantrene | 2.102 |
| Antracene | <0.002 |
| Fluorantene | 0.848 |
| Pirene | 0.673 |
| Banzo(a)antracene | 0.019 |
| Crisene | 0.023 |
| Benzo(b+j+kluorantene | 0.064 |
| Benzo(a)pirene | 0.014 |
| Indeno(123cd)pirene | 0.021 |
| Benzo(ghi)perilene | 0.013 |
| Dibenzo(ah)antracene | 0.008 |

Tabella 24. Media della concentrazione degli IPA

2.5 Policlorobifenili (PCB)

Durante la campagna di monitoraggio della qualità dell'aria effettuata in prossimità del complesso impiantistico di Malagrotta è stata rilevata anche la concentrazione dei PCB, di seguito si espongono le medie ottenute.

| PCB [pg/m ³] | Medie |
|--------------------------|--------|
| 28 | 22.3 |
| 52 | 16.1 |
| 81 | < 0.05 |
| 77 | < 0.05 |
| 95 | 10.4 |

| PCB [pg/m ³] | Medie |
|--------------------------|-------------|
| 99 | 2.9 |
| 101 | 8.4 |
| 110 | 6.5 |
| 118 | 3.8 |
| 105 | 1.7 |
| 126 | 0.3 |
| 151 | 2.1 |
| 149 | 6.4 |
| 146 | 0.6 |
| 153 | 6.1 |
| 138 | 4.1 |
| 167 | 0.3 |
| 156 | < 0.1 |
| 187 | 2.0 |
| 183 | 0.8 |
| 177 | 0.5 |
| 180 | 2.4 |
| 170 | 0.9 |
| 189 | < 0.05 |
| PCBs totali | 98.6 |

Tabella 2.5. Media della concentrazione dei PCB

Allo scopo di permettere un primo confronto orientativo circa i livelli di concentrazione rilevati nell'area di studio, si riporta una sintesi dei livelli riscontrati in diverse campagne sperimentali condotte in aree urbane.

| Location and Year | PCB-7 Concentration Average, (Min. - Max.) [pg/m ³] | Reference |
|------------------------|---|------------------------|
| Sofienbergparken, 2007 | 31,8 (15,3 - 61,9) | This study |
| Sjursjøya, 2002 | 54 | Breivik et al. |
| Athens, 2000 | 41,7 | Mandalakis et al. 2002 |
| Seoul, 1999 | 42,2 | Yeo et al. 2004 |

Tabella 2.6. Confronto della concentrazione di PCB-7 in campioni di aria urbana prelevati in differenti luoghi

Si osservi che nell'area in esame la concentrazione media dei PCB-7 (ottenuta dalla somma dei 7 congeneri definiti ad "alta tossicità" : 28, 52, 101, 118, 138, 153, 180) risulta pari a 63.3 pg/m³ (1 picogrammo=10⁻⁶ microgrammo) tale valore è del tutto confrontabile con i livelli di PCB-7 rilevati nelle aree urbane sopra citate e relativi a stazioni di monitoraggio in ambiente urbano/industriale ad elevata intensità. Si evidenzia che, i valori medi rilevati in letteratura sono relativi a rilievi fatti su diverse postazioni ubicate in zone con livelli di pressione ambientale differenti e quindi rappresentativi delle diverse caratteristiche delle aree urbane. Il valore misurato nella campagna fa riferimento ad un'unica postazione e ad un periodo limitato dell'anno.

2.6 Metalli

E' stata determinata, dalla centralina fissa di Malagrotta, la concentrazione dei contaminanti metallici mediante spettrofotometria per assorbimento atomico. Di seguito si mostrano le medie delle concentrazioni dei metalli per cui la normativa attualmente vigente prevede un limite da rispettare; come si evince dalla tabella sottostante tali valori sono inferiori ai limiti stabiliti dal D.Lgs 155/2010.

| METALLI | Pb [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] | Cd [ng/m^3] | As [ng/m^3] | Ni [ng/m^3] |
|----------------|---|---|---|---|
| <i>limiti</i> | 0.5 | 5 | 6 | 20 |
| Media | 0.002 | 0.08 | 0.27 | 2.23 |

Tabella 2.7. Media della concentrazione dei metalli pesanti

3 Campagna di monitoraggio presso la discarica di Guidonia

3.1 Inquadramento territoriale

La discarica dei rifiuti urbani non pericolosi è situata nel comune di Guidonia e dista 3.80 km dal centro della città, si trova all'interno del *Parco Naturale Regionale Inviolata*. L'arteria stradale maggiormente trafficata è l'autostrada A1 Milano-Napoli che si trova a circa 300 m dalla discarica.



Figura 3.1. Postazione della discarica nel territorio di Guidonia.

Il monitoraggio ha inizio il 4 luglio 2012 e termina l'8 agosto 2012; gli inquinanti rilevati sono:

- l'ozono
- il biossido di zolfo
- il biossido di azoto
- il monossido di carbonio
- il particolato fine: PM10 e PM2.5
- gli idrocarburi policiclici aromatici - IPA
- i policlorobifenili - PCB
- le diossine
- le aldeidi
- l'idrogeno solforato
- le sostanze organiche volatili – SOV
- metalli

La campagna di monitoraggio della qualità dell'aria è stata realizzata utilizzando il laboratorio mobile dell'ARPA Lazio ed i criteri generali sulla base dei quali sono stati definiti i punti di misura sono:

- ⇒ le aree di massima ricaduta degli inquinanti emessi dall'impianto;
- ⇒ la presenza di ricettori sensibili.

Nella tabella seguente sono riportati il periodo di rilevamento degli inquinanti, la postazione del punto di campionamento e la distanza di quest'ultimo dall'impianto di smaltimento dei rifiuti.

| Periodo della campagna | Postazione della Stazione Mobile | Coordinate UTM | Distanza dall'impianto |
|--------------------------|---|----------------------|------------------------|
| 02/07/2012 08/08/2012 | Via Anticoli Corrado (Marco Simone RM) | 33T 0305788- 4648240 | 2.80 km |



Figura 3.1. Posizione del punto di campionamento rispetto alla discarica

3.2 Inquinanti gassosi e particolato fine

Le medie delle concentrazioni dei dati chimici rilevati durante la campagna eseguita in prossimità della discarica sono riportate di seguito.

| Inquinanti | NO ₂ [µg/m ³] | CO [mg/m ³] | O ₃ [µg/m ³] | SO ₂ [µg/m ³] | PM2.5 [µg/m ³] | PM10 [µg/m ³] | H ₂ S [µg/m ³] |
|------------|---|----------------------------|--|---|-------------------------------|------------------------------|--|
| Campagna | 19 | 0.5 | 88 | 2 | 14 | 28 | 4 |

Tabella3.1. Valori medi delle concentrazioni degli inquinanti gassosi e del particolato fine

Allo scopo di caratterizzare al meglio l'area in esame rispetto al complesso del territorio in osservazione, si è deciso di calcolare le rispettive medie (medie riferite alle concentrazioni degli stessi inquinanti rilevati negli stessi giorni della campagna) ottenute dall'elaborazione dei valori registrati dalle centraline fisse della rete regionale di monitoraggio della qualità dell'aria poste a Roma e in provincia. Nella tabella seguente sono riportati i livelli di concentrazione media del biossido di azoto e del particolato fine PM10, misurati durante la campagna, e il rispettivo limite (valore medio annuo) previsto dalla normativa vigente.

| Stazioni | Tipo | PM10 [µg/m ³] | NO ₂ [µg/m ³] |
|--------------------------------------|------------------------|---------------------------|--------------------------------------|
| <i>Limite annuo µg/m³</i> | | <i>40</i> | <i>40</i> |
| Campagna | Stazione mobile | 28 | 19 |
| Guidonia | Industriale | 25 | 30 |
| Francia | Traffico | 33 | 76 |
| Magna Grecia | Traffico | 28 | 54 |
| Colleferro E. | Industriale | 27 | 27 |
| Allumiere | Industriale | 16 | 9 |
| Civitavecchia | Industriale | 24 | 24 |
| Preneste | Fondo urbano | 32 | 35 |
| Villa Ada | Fondo urbano | 24 | 28 |
| Castel di Guido | Fondo rurale | 25 | 9 |
| Cavaliere | Fondo urbano | 29 | 29 |
| Fermi | Traffico | 30 | 61 |
| Cipro | Fondo urbano | 24 | 44 |
| Tiburtina | Traffico | 34 | 59 |
| Arenula | Residenziale | 30 | 43 |
| Malagrotta | Industriale | 25 | 15 |

Tabella3.2. Valori medi delle concentrazioni di PM10 e NO₂ rilevati dalle centraline regionali nello stesso periodo della campagna.

Le medie ottenute, si riferiscono ad una campagna periodica con durata temporale limitata, per cui non confrontabili con i limiti di legge (medie annue), ma si ritengono allo stesso modo significative nel fornire elementi utili alla caratterizzazione della qualità dell'aria nella zona di indagine.

- Il valore della *concentrazione media* di biossido di azoto (NO₂) ottenuto durante la campagna in esame, pari a 19, risulta essere inferiore alle corrispettive medie ottenute dall'elaborazione delle concentrazioni di NO₂ rilevate, negli stessi giorni, dalle centraline fisse regionali considerate, ad eccezione della centralina di fondo di Castel di Guido e quelle industriali di Allumiere e Malagrotta.
- Per la *concentrazione oraria* del biossido di azoto, il limite da non superare più di 18 volte l'anno è di 200 µg/m³; tale limite non è mai stato superato, il valore massimo che si è registrato durante la campagna è pari a 90 µg/m³ misurato un'unica volta il 07/08/2012.
- La *concentrazione media* del particolato fine PM10 ottenuta nella campagna in esame pari a 28 µg/m³ è confrontabile con i risultati ottenuti nello stesso periodo dalle centraline fisse regionali che sono state prese in considerazione tra cui la centralina di tipo industriale sita a Guidonia. Tutte le medie risultano essere inferiori al limite normativo vigente che è pari a 40 µg/m³.
- La *concentrazione giornaliera* del PM10 prevede il limite, da non superare più di 35 volte l'anno, di 50 µg/m³; tale valore, durante la campagna, è stato registrato una sola volta il 07/07/2012.

Di seguito, nel grafico, viene illustrato il rapporto NO₂-PM10 delle concentrazioni medie ottenute e si evince che le condizioni ambientali, in termini di inquinamento atmosferico dell'area in esame, nel periodo di osservazione, si discostano, in termini di NO₂ dalle centraline di traffico che appaiono rappresentate nel primo quadrante del grafico NO₂-PM10.

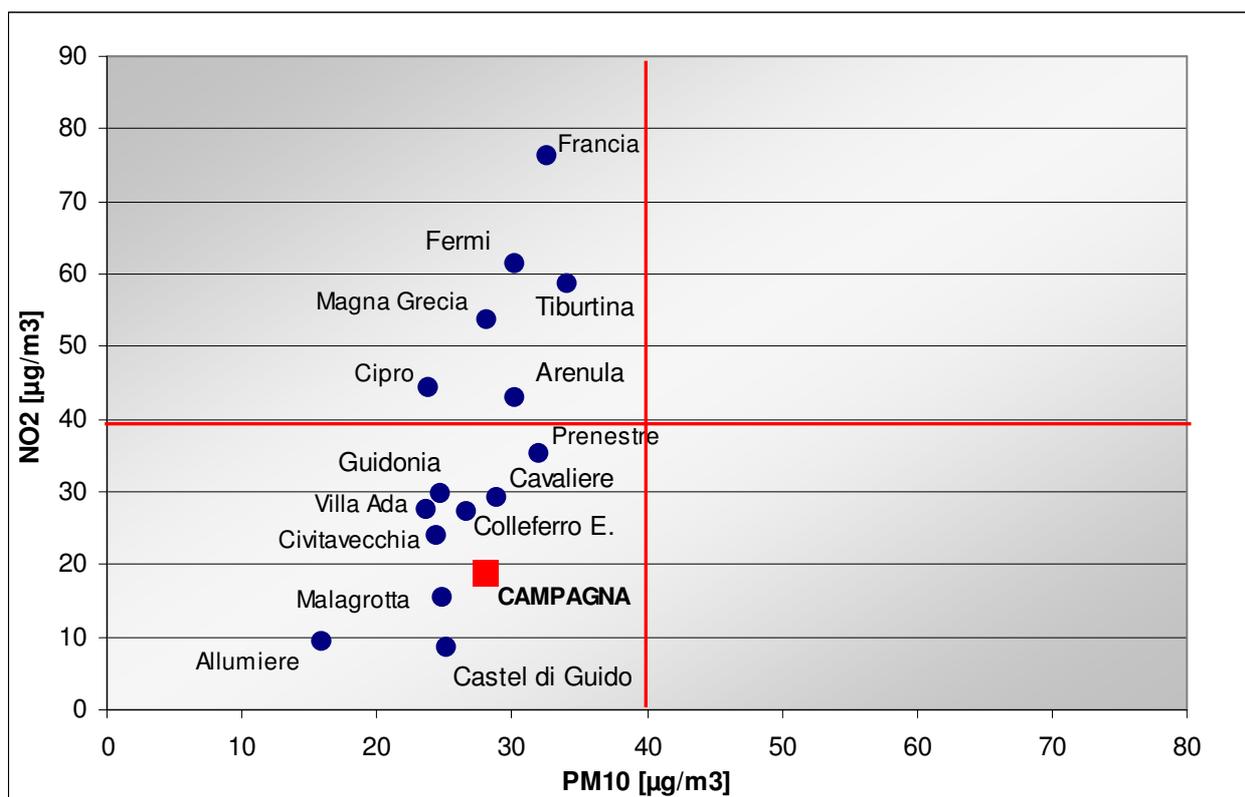


Grafico 3.1. Confronto tra i valori medi della campagna e i corrispettivi delle centraline regionali presenti a Roma e nella provincia di Roma.

Si è scelto di raffigurare i parametri PM10 e NO₂ in quanto si ritengono maggiormente rappresentativi dell'inquinamento provocato dalle attività industriali, dagli impianti di combustione e dal traffico veicolare; attività connesse ad un impianto di smaltimento dei rifiuti come la discarica in osservazione.

3.3 Diossine

Durante la campagna di monitoraggio è stata rilevata la concentrazione delle diossine, di seguito si espongono le medie ottenute.

| Diossine [fg/m ³] | Media |
|-------------------------------|-------|
| 2378-TCDD | 1.8 |
| 12378-PeCDD | 10.4 |
| 123478-HxCDD | 14.6 |
| 123678HxCDD | 8.9 |
| 123789-HxCDD | 9.2 |
| 1234678-HpCDD | 12.2 |

| Diossine [fg/m³] | Media |
|------------------------------------|--------------|
| OCDD | 16.2 |
| 2378-TCDF | 6.7 |
| 12378-PeCDF | 12.3 |
| 23478-PeCDF | 12.4 |
| 123478-HxCDF | 13.4 |
| 123678-HxCDF | 11.4 |
| 234789-HxCDF | 11.1 |
| 123789-HxCDF | 10.1 |
| 1234678-HpCDF | 21.9 |
| 1234789-HpCDF | 7.5 |
| OCDF | 20.7 |
| Teq | 20.6 |

Tabella3.3. Valori medi delle concentrazioni delle diossine

Il livello di concentrazione di diossine espresso in Teq (tossicità equivalente) è stato calcolato mediante la tecnica del “medium bound” abitualmente utilizzata in ambito internazionale per valutare tali concentrazioni. Per un confronto indicativo circa i livelli di concentrazione di diossine rilevati nell’area di studio, si riporta una sintesi dei livelli riscontrati in diverse campagne sperimentali condotte in aree urbane.

| Location and Year | Dioxin concentration Average, (Min. - Max.) [TE fg/m ³] | Reference |
|------------------------|---|--------------------------------|
| Sofienbergparken, 2007 | 28,2 (4,80 - 86,5) | This study |
| Vålerenga, 1989 | 100 (40/200) | Oehme et al. 1991 |
| Athens, 2000 | (42 - 73) | Mandalakis et al. 2002 |
| Roma, 2001 | 46,9 (4,4 - 245) | Turrio-Baldassarri et al. 2005 |
| Beijing, 2006 | 268 (18 - 644) | Li et al. 2008 |

Tabella 3.4. Livelli di concentrazione di diossine in differenti città

Dai campionamenti eseguiti nell’area in esame, risulta che il valore del Teq varia tra 17.1 e 24 fg/m³ (1 femtogrammo=10⁻⁹ microgrammi).

3.4 Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA)

Di seguito si presentano le medie ottenute dalle concentrazioni degli idrocarburi policiclici aromatici rilevati nell’area in osservazione. La normativa attualmente vigente prevede un *limite/valore obiettivo* di riferimento per il benzo(a)pirene pari ad 1 ng/m³.

| IPA [ng/m ³] | Media |
|--------------------------|-------------|
| Fenantrene | 1.66 |
| Antracene | <0.002 |
| Fluorantene | 0.97 |
| Pirene | 0.89 |
| Banzo(a)antracene | 0.04 |
| Crisene | 0.04 |
| Benzo(b+j+k)fluorantene | 0.06 |
| Benzo(a)pirene | 0.02 |
| Indeno(123cd)pirene | 0.03 |
| Benzo(ghi)perilene | 0.02 |
| Dibenzo(ah)antracene | 0.02 |

Tabella3.5. Valori medi delle concentrazioni degli IPA

3.5 Policlorobifenili (PCB)

Durante la campagna di monitoraggio è stata rilevata anche la concentrazione dei PCB, di seguito si espongono le medie ottenute.

| PCB [pg/m ³] | Media |
|--------------------------|--------------|
| 28 | 20.6 |
| 52 | 17.2 |
| 81 | <0.05 |
| 77 | <0.05 |
| 95 | 10.6 |
| 99 | 2.3 |
| 101 | 9.0 |
| 110 | 8.1 |
| 118 | 4.9 |
| 105 | 1.5 |
| 126 | <0.2 |
| 151 | 2.1 |
| 149 | 7.3 |
| 146 | 0.9 |
| 153 | 6.3 |
| 138 | 4.4 |
| 167 | 0.2 |
| 156 | 0.2 |
| 187 | 1.1 |
| 183 | 1.1 |
| 177 | 0.6 |
| 180 | 2.5 |
| 170 | 0.8 |
| 189 | <0.05 |
| PCBs totali | 101.6 |

Tabella3.6. Valori medi delle concentrazioni dei PCB

Allo scopo di permettere un primo confronto orientativo circa i livelli di concentrazione rilevati nell'area di studio, si riporta una sintesi dei livelli riscontrati in diverse campagne sperimentali condotte in aree urbane.

| Location and Year | PCB-7 Concentration Average, (Min. - Max.) [pg/m ³] | Reference |
|------------------------|---|------------------------|
| Sofienbergparken, 2007 | 31,8 (15,3 - 61,9) | This study |
| Sjursjøya, 2002 | 54 | Breivik et al. |
| Athens, 2000 | 41,7 | Mandalakis et al. 2002 |
| Seoul, 1999 | 42,2 | Yeo et al. 2004 |

Tabella 3.7. Confronto della concentrazione dei PCB-7 in campioni di aria urbana prelevati in differenti luoghi

Si osservi che nell'area in esame la concentrazione media dei PCB-7 (ottenuta dalla somma dei 7 congeneri definiti ad "alta tossicità" : 28, 52, 101, 118, 138, 153, 180) risulta pari a 64.7 pg/m³ (1 picogrammo=10⁻⁶ microgrammo) che conferma l'ordine di grandezza rilevato negli studi di letteratura in aree a forte antropizzazione. Si evidenzia che, i valori medi rilevati in letteratura sono relativi a rilievi fatti su diverse postazioni ubicate in zone con livelli di pressione ambientale differenti e quindi rappresentativi delle diverse caratteristiche delle aree urbane. Il valore misurato nella campagna fa riferimento ad un'unica postazione e ad un periodo limitato dell'anno.

3.6 Sostanze Organiche Volatili, Aldeidi e Idrogeno Solforato

Il monitoraggio delle sostanze organiche volatili, delle aldeidi e dell'H₂S è stato effettuato utilizzando dei campionatori passivi (Radiello) collocati in tre postazioni differenti le cui coordinate sono riportate nella tabella seguente.

| Postazione Radiello | Coordinate UTM | |
|---------------------|----------------|---------|
| Postazione 1 | 33T 0305788 | 4648240 |
| Postazione 2 | 33T 0307825 | 4650024 |
| Postazione 3 | 33T 0307752 | 4650249 |

In particolare, le postazioni 2 e 3 sono state individuate in prossimità della discarica mentre la postazione 1 è stata individuata all'interno della zona residenziale di Marco Simone in via Anticoli Corrado.

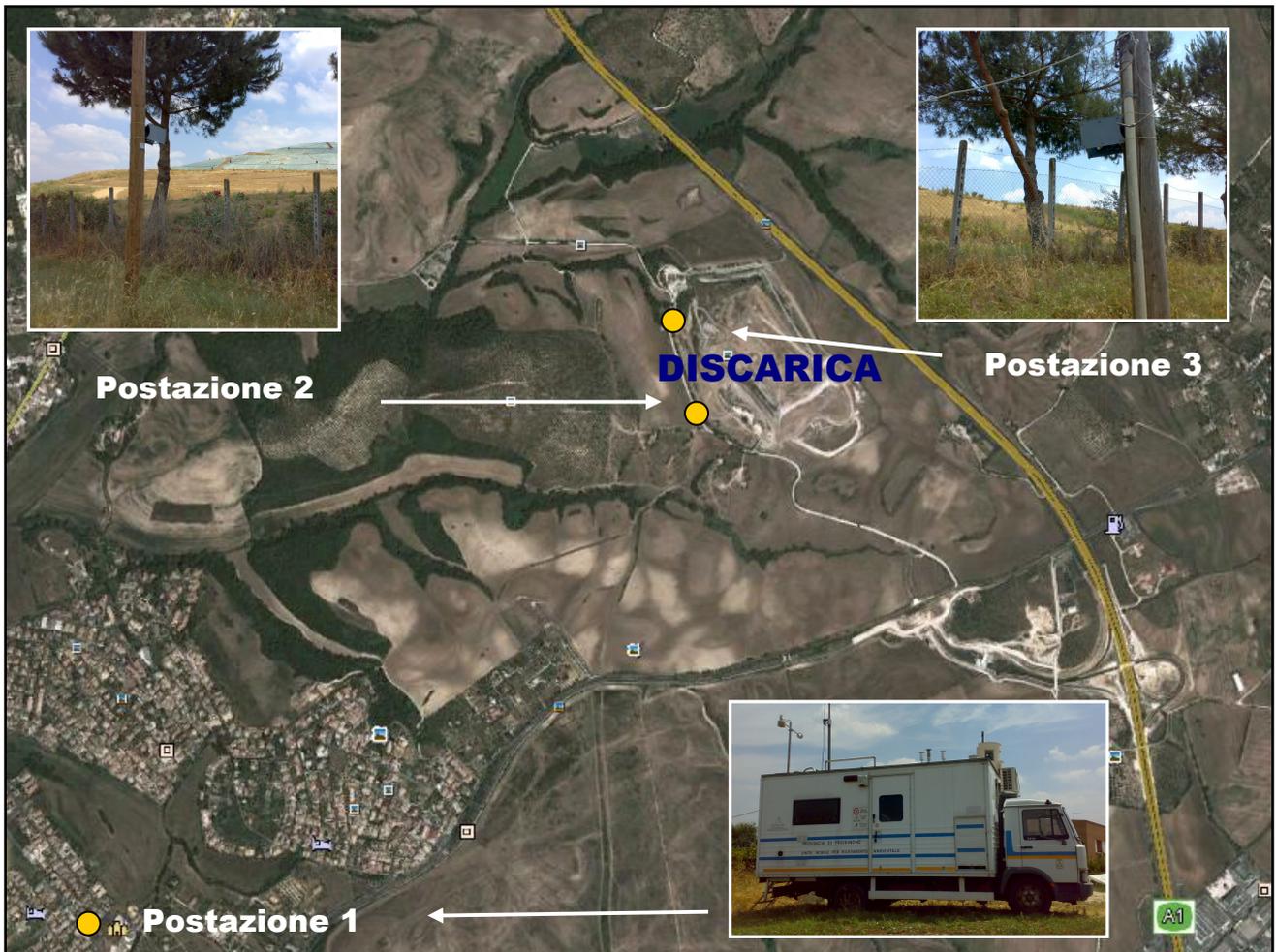


Figura 3.3. Postazioni dei Radiello rispetto alla discarica

L'impiego di campionatori passivi e le successive analisi di laboratorio hanno reso possibile la determinazione della concentrazione in aria di una serie di sostanze. Nelle tabelle che seguono sono riportate le medie delle concentrazioni delle sostanze organiche volatili, delle aldeidi e dell'idrogeno solforato.

| SOV [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] | Media |
|----------------------------------|-------------|
| <i>Acetonitrile</i> | <0.01 |
| <i>Metil etil chetone</i> | 0.39 |
| <i>Etile acetato</i> | 0.13 |
| <i>Etil-benzene</i> | 0.15 |
| <i>benzene</i> | 0.38 |
| <i>tricloroetilene</i> | 0.06 |
| <i>toluene</i> | 0.97 |
| <i>Butile acetato</i> | 0.14 |
| <i>tetracloroetilene</i> | 0.13 |

| SOV [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] | Media |
|----------------------------------|-------|
| <i>m+p-xilene</i> | 0.47 |
| <i>o-xilene</i> | 0.10 |
| <i>Alfa-pinene</i> | <0.01 |
| <i>Canfora</i> | <0.04 |
| <i>limonene</i> | <0.01 |

Tabella3.7. Valori medi delle concentrazioni delle SOV

| Aldeidi [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] | Media |
|--------------------------------------|-------|
| Formaldeide | 4.13 |
| Acetaldeide | 10.40 |
| Butirraldeide | 8.56 |
| benzaldeide | 4.77 |

Tabella3.8. Valori medi delle concentrazioni delle aldeidi

| Inquinante | Media |
|---|-------|
| H_2S [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] | 3.9 |

Tabella3.9. Media della concentrazione di idrogeno solforato

La normativa europea e quella nazionale non stabiliscono valori limite, soglie di allarme e/o valori obiettivo di qualità dell'aria per la concentrazione dell' H_2S . In mancanza di riferimenti normativi è una prassi consolidata, a livello nazionale ed internazionale, riferirsi ai valori guida indicati dalla OMS-WHO.

| Concentrazione | Riferimento individuato |
|--|-------------------------|
| 150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ media 24 ore | WHO Guidelines ed. 2000 |
| 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ >1-14 giorni (valore medio sul periodo) | WHO-IPCS |
| 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ fino a 90 giorni (valore medio sul periodo) | WHO-IPCS |

In letteratura si trovano numerosi valori definiti *soglia olfattiva*: da 0.7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ a 14 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ("Analisi e controllo degli odori" D. Bertoni, P. Mazzali, A. Vignali - Ed. Pitagora, Bologna 1993); taluni soggetti sono in grado di percepire l'odore già a 0.2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (soglia olfattiva OMS da "Air quality Febbraio 2013

guidelines WHO", anno 1999), in corrispondenza di $7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ la quasi totalità dei soggetti esposti distingue l'odore caratteristico. Tale valore non è consolidato, per cui potrà variare nel tempo.

3.7 Metalli

In questa campagna è stata realizzata la determinazione dei contaminanti metallici mediante spettrofotometria per assorbimento atomico (rilevati nella postazione 1). Di seguito si mostrano le medie delle concentrazioni dei metalli per cui la normativa attualmente vigente prevede un limite da rispettare; come si evince dalla tabella sottostante tali valori sono inferiori ai limiti stabiliti dal D.Lgs 155/2010.

| Campionamento | As ng/m^3 | Ni ng/m^3 | Cd ng/m^3 | Pb $\mu\text{g}/\text{m}^3$ |
|---------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|-----------------------------|
| <i>limiti</i> | 6 | 20 | 5 | 0.5 |
| Media | 0.39 | 1.41 | 0.12 | 0.002 |

Tabella3.10. Media della concentrazione dei metalli pesanti

4 Campagna di monitoraggio presso la discarica di Borgo Montello

4.1 Inquadramento territoriale

La discarica dei rifiuti urbani non pericolosi è situata nel comune di Latina e dista circa 12 km dal centro della città e 3 km dalla frazione Borgo Montello. L'arteria stradale maggiormente trafficata è la strada statale 148 che si trova a 4 km dalla discarica.



Figura 4.1. Localizzazione della discarica nel territorio di Latina

Il monitoraggio è stato condotto dal 6 maggio al 14 giugno 2012; gli inquinanti rilevati sono:

- l'ozono
- il biossido di zolfo
- il biossido di azoto
- il monossido di carbonio
- il particolato fine: PM10 e PM2.5
- le diossine
- i policlorobifenili - PCB
- gli idrocarburi policiclici aromatici - IPA
- le sostanze organiche volatili – SOV
- le aldeidi
- l'idrogeno solforato
- i metalli (piombo, arsenico, nichel e cadmio)

La campagna di monitoraggio della qualità dell'aria è stata realizzata utilizzando il laboratorio mobile dell'Arpa Lazio ed i criteri generali sulla base dei quali sono stati definiti i punti di misura sono:

- ⇒ le aree di massima ricaduta degli inquinanti emessi dall'impianto;
- ⇒ la presenza di ricettori sensibili.

Nella tabella seguente sono riportati il periodo di rilevamento degli inquinanti, la posizione del punto di campionamento e la distanza di quest'ultimo dall'impianto di smaltimento dei rifiuti.

| Periodo della campagna | Postazione della Stazione Mobile | Coordinate UTM | Distanza dall'impianto |
|--------------------------|--|---------------------|------------------------|
| 06/05/2012 14/06/2012 | Borgo Bainsizza via della Speranza (LT) | 33T 315860 - 459492 | 2.23 km |



Figura 4.2. Posizione del punto di campionamento rispetto alla discarica di Borgo Montello (LT)



Figura 4.3. Centralina mobile



Figura 4.4. Postazione del monitoraggio

4.2 Inquinanti gassosi e particolato fine

Le medie delle concentrazioni dei dati chimici rilevati durante la campagna eseguita in prossimità della discarica di Borgo Montello sono riportate di seguito.

| Inquinanti | NO ₂ [µg/m ³] | CO [mg/m ³] | O ₃ [µg/m ³] | SO ₂ [µg/m ³] | PM2.5 [µg/m ³] | PM10 [µg/m ³] | H ₂ S [µg/m ³] |
|------------|---|----------------------------|--|---|-------------------------------|------------------------------|--|
| Campagna | 10 | 0.4 | 67 | 1.1 | 10 | 20 | 0.5 |

Tabella 4.1. Media delle concentrazioni degli inquinanti gassosi e del particolato

Allo scopo di caratterizzare al meglio l'area in esame rispetto al complesso del territorio in osservazione, si è deciso di calcolare le rispettive medie (medie riferite alle concentrazioni degli stessi inquinanti rilevati nel mese di maggio 2012) rilevati delle centraline fisse della rete regionale di monitoraggio della qualità dell'aria poste nella provincia di Latina. Nella tabella seguente sono riportati i livelli di concentrazione media del biossido di azoto e del particolato fine PM10, misurati durante la campagna, e il rispettivo limite (valore medio annuo) previsto dalla normativa vigente.

| Stazioni | NO ₂ µg/m ³ | PM10 µg/m ³ |
|------------------------------|-----------------------------------|------------------------|
| <i>Limite annuo</i> | 40 | 40 |
| Campagna monitoraggio | 10 | 20 |
| Lt-Romagnoli | 49 | 22 |
| Lt-Tasso | 18 | 18 |
| Lt-Aprilia | 15 | 17 |
| Latina scalo | 23 | 19 |

Tabella 4.2. Media delle concentrazioni di PM10 e NO₂ durante il periodo della campagna

Le medie ottenute, si riferiscono ad una campagna periodica con durata temporale limitata, per cui non confrontabili con i limiti di legge (medie annue), ma si ritengono allo stesso modo significative nel fornire elementi utili alla caratterizzazione della qualità dell'aria nella zona di indagine.

- Il valore della *concentrazione media* di biossido di azoto (NO₂) acquisito durante la campagna in esame, pari a 10 µg/m³, risulta essere inferiore alle rispettive medie, ottenute dall'elaborazione delle concentrazioni di NO₂ rilevate dalle centraline fisse regionali presenti nella provincia di Latina, le quali a loro volta presentano concentrazioni medie inferiori al limite annuo previsto dalla normativa di 40 µg/m³ ad eccezione della centralina "Romagnoli" di tipo urbana/traffico.
- Per la *concentrazione oraria* del biossido di azoto, il limite da non superare più di 18 volte l'anno è di 200 µg/m³; tale limite non è mai stato superato, il valore massimo che si è registrato durante la campagna è pari a 39 µg/m³.
- Se si confrontano le corrispondenti *medie mensili*, ottenute dall'elaborazione delle concentrazioni di PM10 rilevate dalle centraline fisse della rete regionale presenti nella provincia di Latina con il valore medio di PM10 ottenuto durante la campagna, si osserva che quest'ultimo è confrontabile con i valori ottenuti nelle stazioni della rete regionale; risultati minori del limite normativo vigente che è pari a 40 µg/m³. La *concentrazione giornaliera* del PM10 prevede il limite, da non superare più di 35 volte l'anno, di 50 µg/m³; tale valore non è mai stato superato, precisamente, durante tutta la campagna il valore massimo registrato è di 31 µg/m³ rilevato in data 09.06.2012.

Di seguito, nel grafico, viene illustrato il rapporto NO₂-PM10 delle concentrazioni medie ottenute e si evince che le condizioni ambientali, in termini di inquinamento atmosferico dell'area in esame, nel periodo di osservazione, sono confrontabili con quelle monitorate da tutte le centraline fisse della provincia di Latina ad eccezione della centralina "Romagnoli" di tipo urbana/traffico che si discosta dalle altre solo per la concentrazione del biossido di zolfo che risulta maggiore del limite di 40 µg/m³.

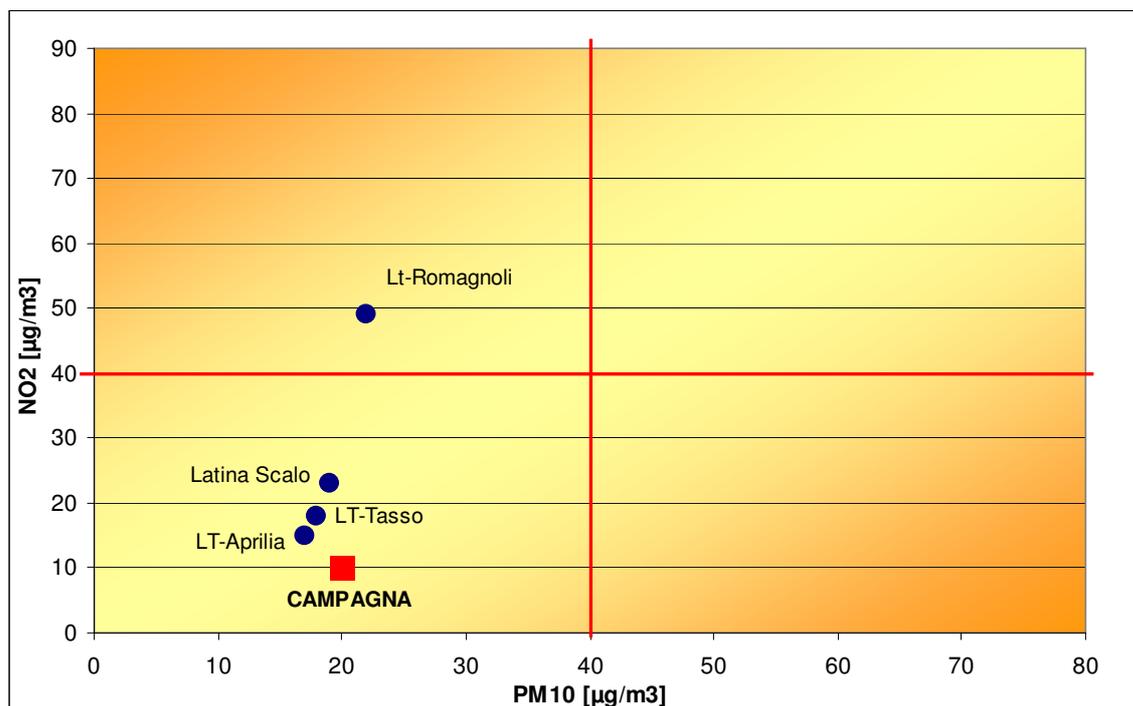


Grafico 4.1. Confronto tra i valori medi della campagna e i corrispettivi valori ottenuti dalle centraline regionali della provincia di Latina

Si è scelto di raffigurare i parametri PM10 e NO₂ in quanto si ritengono maggiormente rappresentativi dell'inquinamento provocato dalle attività industriali, dagli impianti di combustione e dal traffico veicolare, attività connesse ad un impianto di smaltimento dei rifiuti come la discarica in osservazione.

4.3 Diossine

Durante la campagna di monitoraggio è stata rilevata la concentrazione delle diossine di seguito si espongono le medie ottenute.

| Diossine [fg/m ³] | Media |
|-------------------------------|-------|
| 2378-TCDD | 3.2 |
| 12378-PeCDD | 10.0 |
| 123478-HxCDD | 12.1 |
| 123678HxCDD | 13.4 |
| 123789-HxCDD | 12.8 |

| | |
|---------------|-------------|
| | |
| 1234678-HpCDD | 15.2 |
| OCDD | 35.3 |
| 2378-TCDF | 4.6 |
| 12378-PeCDF | 14.0 |
| 23478-PeCDF | 15.9 |
| 123478-HxCDF | 18.6 |
| 123678-HxCDF | 12.9 |
| 123789-HxCDF | 13.9 |
| 234678-HxCDF | 13.2 |
| 1234678-HpCDF | 17.2 |
| 1234789-HpCDF | 13.5 |
| OCDF | 31.1 |
| Teq | 24.4 |

Tabella 4.2. Media della concentrazione di diossine ottenuta nella campagna di Borgo Montello
* fg= fentogrammi =10⁻⁹ microgrammi

Il livello di concentrazione di diossine espresso in Teq (tossicità equivalente) è stato calcolato mediante la tecnica del “medium bound” abitualmente utilizzata in ambito internazionale per valutare tali concentrazioni. Per un confronto indicativo circa i livelli di concentrazione di diossine rilevati nell’area di studio, si riporta una sintesi dei livelli riscontrati in diverse campagne sperimentali condotte in aree urbane.

| Location and Year | Dioxin concentration Average, (Min. - Max.) [TE fg/m ³] | Reference |
|------------------------|---|--------------------------------|
| Sofienbergparken, 2007 | 28,2 (4,80 - 86,5) | This study |
| Vålerenga, 1989 | 100 (40/200) | Oehme et al. 1991 |
| Athens, 2000 | (42 - 73) | Mandalakis et al. 2002 |
| Roma, 2001 | 46,9 (4,4 - 245) | Turrio-Baldassarri et al. 2005 |
| Beijing, 2006 | 268 (18 - 644) | Li et al. 2008 |

Tabella 4.3. Livelli di concentrazione di diossine in differenti città

Dai campionamenti eseguiti nell’area in esame, risulta che il valore del Teq varia tra 19 e 35.2 fg/m³ (1 fentogrammo=10⁻⁹ microgrammi).

4.4 Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA)

Di seguito si presentano le medie ottenute dalle concentrazioni degli idrocarburi policiclici aromatici rilevati nell’area in osservazione. La normativa attualmente vigente prevede un *limite/valore obiettivo* di riferimento per il benzo(a)pirene pari ad 1 ng/m³.

| IPA [ng/m ³] | Media |
|--------------------------|--------------|
| Fenantrene | 1.676 |
| Antracene | <0.002 |
| Fluorantene | 0.351 |
| Pirene | 0.223 |
| Banzo(a)antracene | 0.010 |
| Crisene | 0.021 |
| Benzo(b+j)fluorantene | 0.029 |
| Benzo(a)pirene | 0.005 |
| Indeno(123cd)pirene | 0.030 |
| Benzo(ghi)perilene | 0.010 |
| Dibenzo(ah)antracene | 0.002 |

Tabella 4.4. Media della concentrazione degli IPA ottenuta nella campagna di Borgo Montello

4.5 Policlorobifenili (PCB)

Durante la campagna di monitoraggio è stata rilevata anche la concentrazione dei PCB di seguito si espongono le medie ottenute.

| PCB [pg/m ³] | Media |
|--------------------------|-------|
| 28 | 20.2 |
| 52 | 10.6 |
| 81 | <0.1 |
| 77 | <0.1 |
| 95 | 6.1 |
| 101 | 4.9 |
| 99 | 1.8 |
| 110 | 2.5 |
| 118 | 1.4 |
| 105 | 0.5 |
| 151 | 0.8 |
| 149 | 2.0 |
| 146 | <0.1 |
| 153 | 2.8 |
| 138 | 1.7 |
| 167 | <0.1 |

| PCB [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] | Media |
|----------------------------------|-------------|
| 187 | 0.6 |
| 183 | 0.3 |
| 177 | 0.3 |
| 180 | 0.7 |
| 170 | 0.3 |
| 189 | <0.1 |
| PCBs tot | 57.5 |

Tabella 4.5. Media della concentrazione dei PCB ottenuta nella campagna di Borgo Montello

Allo scopo di permettere un primo confronto orientativo circa i livelli di concentrazione rilevati nell'area di studio, si riporta una sintesi dei livelli riscontrati in diverse campagne sperimentali condotte in aree urbane.

| Location and Year | PCB-7 Concentration Average, (Min. - Max.) [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] | Reference |
|------------------------|---|------------------------|
| Sofienbergparken, 2007 | 31,8 (15,3 - 61,9) | This study |
| Sjursjøya, 2002 | 54 | Breivik et al. |
| Athens, 2000 | 41,7 | Mandalakis et al. 2002 |
| Seoul, 1999 | 42,2 | Yeo et al. 2004 |

Tabella 4.6. Confronto della concentrazione di PCB-7 in campioni di aria urbana prelevati in differenti luoghi

Si osservi che nell'area in esame la concentrazione media dei PCB-7 (ottenuta dalla somma dei 7 congeneri definiti ad "alta tossicità" : 28, 52, 101, 118, 138, 153, 180) risulta pari a $42.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (1 picogrammo= 10^{-6} microgrammo) che conferma l'ordine di grandezza rilevato negli studi di letteratura in aree a forte antropizzazione.

Si evidenzia che, i valori medi rilevati in letteratura sono relativi a rilievi fatti su diverse postazioni ubicate in zone con livelli di pressione ambientale differenti e quindi rappresentativi delle diverse caratteristiche delle aree urbane. Il valore misurato nella campagna fa riferimento ad un'unica postazione e ad un periodo limitato dell'anno.

4.6 Sostanze Organiche Volatili, Aldeidi e Idrogeno Solforato

Il monitoraggio delle sostanze organiche volatili, delle aldeidi e dell' H_2S è stato effettuato utilizzando dei campionatori passivi Radiello esposti per quattro settimane consecutive nel mese di maggio. Tali campionatori sono stati collocati in 4 postazioni differenti le cui coordinate sono riportate nella tabella seguente.

| Postazione Radiello | Coordinate UTM | |
|---------------------|----------------|---------|
| Postazione 1 | 33T 0314170 | 4595420 |
| Postazione 2 | 33T 0314002 | 4595722 |
| Postazione 3 | 33T 0314001 | 4594806 |
| Postazione 4 | 33T 0315860 | 4594920 |

In particolare, le postazioni 1, 2 e 3 sono state individuate in prossimità dell'area della discarica e secondo l'andamento della circolazione atmosferica prevalente mentre la postazione 4 è stata individuata all'interno della zona residenziale di Borgo Montello.

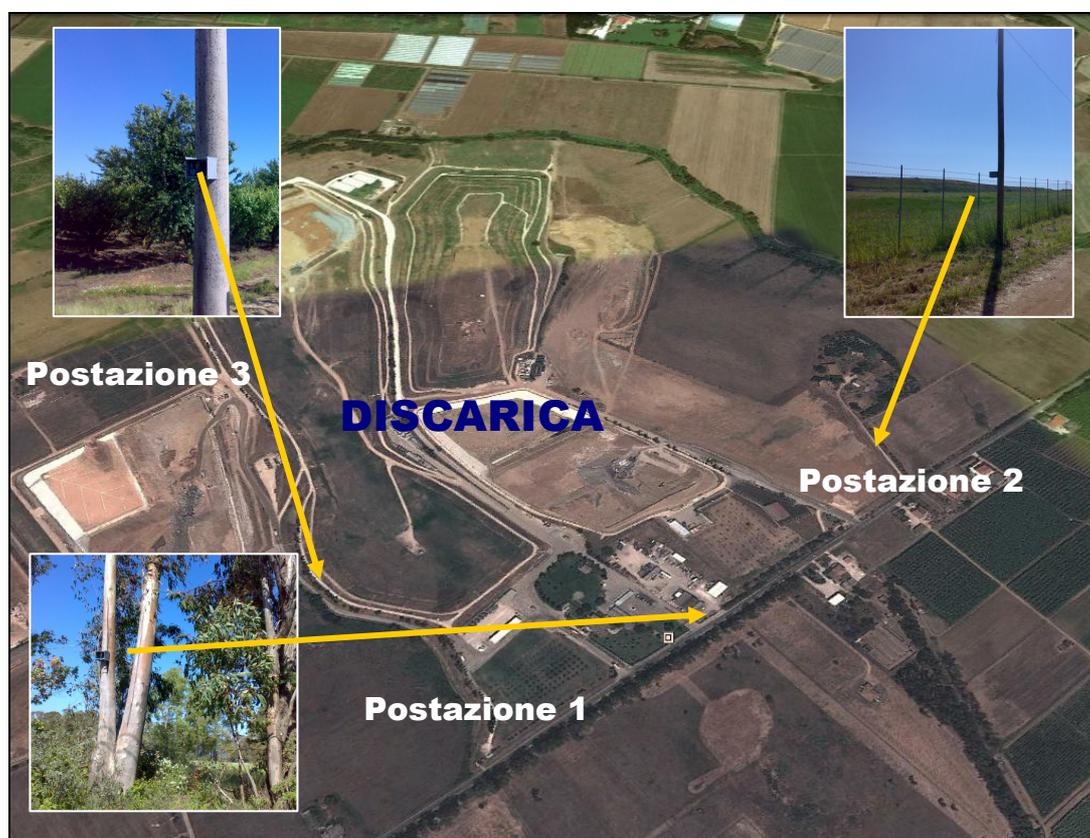


Figura 4.3. Postazioni dei campionatori passivi Radiello rispetto alla discarica



Figura 4.4. Postazione 4 – campionatore passivo Radiello.

L'impiego di campionatori passivi e la successiva analisi di laboratorio ha reso possibile la determinazione della concentrazione in aria di una serie di sostanze. Nelle tabelle che seguono sono riportate le medie delle concentrazioni delle sostanze organiche volatili, delle aldeidi e dell'idrogeno solforato.

| SOV [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] | Media |
|----------------------------------|------------|
| Acetonitrile | <0.1 |
| Metil etil chetone | <0.3 |
| Etile acetato | <0.6 |
| Etil-benzene | 0.2 |
| benzene | 0.5 |
| tricloroetilene | 0.9 |
| toluene | 1.9 |
| Butile acetato | <0.2 |
| tetracloroetilene | 0.4 |
| m+p-xilene | 0.4 |
| o-xilene | 0.2 |
| Alf-'pinene | <0.1 |
| Canfora | <0.1 |
| limonene | <0.6 |

| Aldeidi [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] | Media |
|--------------------------------------|-------|
| Formaldeide | 3.1 |
| Acetaldeide | 0.6 |
| Butirraldeide | 2.1 |
| benzaldeide | 0.6 |

| Inquinante | Media |
|---|-------|
| H ₂ S [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] | 0.23 |

La normativa europea e quella nazionale non stabiliscono valori limite, soglie di allarme e/o valori obiettivo di qualità dell'aria per la concentrazione dell'H₂S. In mancanza di riferimenti normativi è

una prassi consolidata, a livello nazionale ed internazionale, riferirsi ai valori guida indicati dalla OMS-WHO.

| Concentrazione | Riferimento individuato |
|--|-------------------------|
| 150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ media 24 ore | WHO Guidelines ed. 2000 |
| 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ >1-14 giorni (valore medio sul periodo) | WHO-IPCS |
| 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ fino a 90 giorni (valore medio sul periodo) | WHO-IPCS |

In letteratura si trovano numerosi valori definiti *soglia olfattiva*: da 0.7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ a 14 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ("Analisi e controllo degli odori" D. Bertoni, P. Mazzali, A. Vignali - Ed. Pitagora, Bologna 1993); taluni soggetti sono in grado di percepire l'odore già a 0.2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (soglia olfattiva OMS da "Air quality guidelines WHO", anno 1999), in corrispondenza di 7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ la quasi totalità dei soggetti esposti distingue l'odore caratteristico. Tale valore non è consolidato, per cui potrà variare nel tempo.

4.7 Metalli

Nella campagna di monitoraggio è stata effettuata la determinazione dei contaminanti metallici mediante spettrofotometria per assorbimento atomico (punto di rilevamento: Borgo Bainsizza - via Speranza). Di seguito si mostrano le medie delle concentrazioni dei metalli per cui la normativa attualmente vigente prevede un limite da rispettare; come si evince dalla tabella sottostante tali valori sono inferiori ai limiti stabiliti dal D.Lgs 155/2010.

| Periodo di campionamento | As [ng/m^3] | Ni [ng/m^3] | Cd [ng/m^3] | Pb [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] |
|--------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|---------------------------------|
| 11/05/2012 - 16/05/2012 | 0.43 | 3.87 | 0.09 | 0.002 |
| 21/05/2012 - 30/05/2012 | 0.67 | 1.78 | 0.14 | 0.002 |
| Media | 0.55 | 2.83 | 0.11 | 0.002 |
| <i>limiti</i> | 6 | 20 | 5 | 0.5 |

Tabella 4.1. Concentrazioni medie dei metalli pesanti

5 Campagna di monitoraggio presso il termovalorizzatore di San Vittore del Lazio

5.1 Inquadramento territoriale

L'impianto di termovalorizzazione si trova nella porzione sud-occidentale del territorio del Comune di San Vittore nella provincia di Frosinone, al confine con la Regione Campania ed in prossimità della provincia di Latina. L'impianto è situato in località Valle Porchio, all'interno di un'area industriale nelle immediate vicinanze della ferrovia e a circa 0,60 km dalla sede autostradale A1 (casello di San Vittore).



Figura 5.1. Posizione del termovalorizzatore nell'area di San Vittore del Lazio.

La campagna è stata realizzata utilizzando il laboratorio mobile dell'Arpa Lazio ed i criteri generali sulla base dei quali sono stati definiti i punti di misura sono:

- ⇒ le aree di massima ricaduta degli inquinanti emessi dall'impianto;
- ⇒ la presenza di ricettori sensibili (ospedali, scuola elementare, asilo nido).

Nella tabella seguente sono riportati il periodo di rilevamento degli inquinanti, la postazione dei punti di campionamento e la distanza di quest'ultimi dall'impianto di smaltimento dei rifiuti.

| Periodo della campagna | Postazione della Stazione Mobile | Coordinate UTM | Distanza dall'impianto |
|--------------------------|--|----------------------|------------------------|
| 22/10/2011 15/11/2011 | San Vittore del Lazio (campo sportivo) | 33T 409915 - 4589616 | 2.73 km |

| Periodo della campagna | Postazione della Stazione Mobile | Coordinate UTM | Distanza dall'impianto |
|------------------------|----------------------------------|----------------------|------------------------|
| | Cervaro (Scuola Elementare) | 33T 406750 - 4588649 | 1,26 km |



Fig. 5.2. Inquadramento territoriale del termovalorizzatore e dei punti di campionamento.



Fig. 5.3. Postazione "campo sportivo".



Fig. 5.4. Postazione "Cervaro" in via Macerine.

5.2 Inquinanti gassosi e particolato fine

Le medie delle concentrazioni dei dati chimici rilevati durante la campagna 2011 sono riportate di seguito.

| Campagna | NO ₂ [µg/m ³] | CO [mg/m ³] | O ₃ [µg/m ³] | SO ₂ [µg/m ³] | PM2.5 [µg/m ³] | PM10 [µg/m ³] |
|--------------------------|---|----------------------------|--|---|-------------------------------|------------------------------|
| 22/10/2011 15/11/2011 | 20.5 | 0.5 | 36.2 | 0.5 | 14.7 | 22.0 |

Tabella 5.1. Media delle concentrazioni degli inquinanti gassosi e del particolato fine

Allo scopo di caratterizzare al meglio l'area in esame rispetto al complesso del territorio in osservazione, anche per quest'ultimo monitoraggio si è deciso di calcolare le rispettive medie (medie riferite alle concentrazioni degli stessi inquinanti rilevati nei mesi di ottobre e novembre 2011) delle centraline fisse della rete regionale di monitoraggio della qualità dell'aria poste nella provincia di Frosinone. Nella tabella seguente sono riportati i livelli di concentrazione media degli inquinanti in esame, misurati durante la campagna, e il rispettivo limite (valore medio annuo) previsto dalla normativa vigente.

Tali medie si riferiscono ad una campagna periodica con durata temporale limitata, per cui non confrontabili con i limiti di legge (medie annue), ma si ritengono allo stesso modo significative nel fornire elementi utili alla caratterizzazione della qualità dell'aria nella zona di indagine.

| Stazioni | NO ₂ µg/m ³ | SO ₂ µg/m ³ | PM10 µg/m ³ | PM2.5 µg/m ³ |
|----------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|------------------------|-------------------------|
| Limite annuo | 40 | 20 | 40 | 25 |
| Campagna 2011 | 20.5 | 0.5 | 22.0 | 14.7 |
| Ferentino | 66.5 | - | 41.0 | - |
| Cassino | 60.5 | 1.1 | 43.5 | 31.5 |
| FR scalo | 55.5 | - | 66.0 | - |
| FR Mazzini | 33.0 | 1.1 | 34.0 | 26.0 |
| Ceccano | 42.5 | - | 32.0 | - |
| Alatri | 60.0 | - | 40.5 | - |
| Anagni | 47.0 | - | 33.0 | - |
| Fontechiari | 9.0 | - | 21.0 | 17.0 |

Tabella 5.2. Medie delle concentrazioni rilevate durante il periodo della campagna
- "Dato non rilevato"

- nel periodo di indagine, *la concentrazione media* del biossido di zolfo (SO₂) rilevata nell'area in esame è inferiore alla concentrazione media ottenuta dalle centraline urbana/traffico di Cassino e Frosinone (via Mazzini). Inoltre, la massima *concentrazione oraria* del biossido di zolfo è stata registrata il 13.11.2011 ed è pari a 2.88 µg/m³, valore inferiore al limite previsto dalla normativa (350 µg/m³ da non superare più di 24 volte in un anno).
- Il valore della *concentrazione media* di biossido di azoto (NO₂) acquisito durante la campagna in esame è pari a 20.5 µg/m³. Confrontando tale risultato con le rispettive medie, ottenute dall'elaborazione delle concentrazioni di NO₂ rilevate dalle centraline fisse regionali presenti nella provincia di Frosinone, si osserva che, ad eccezione della centralina di fondo sita a Fontechiari e di quella urbana/traffico sita a Frosinone in via Mazzini, le altre hanno registrato nello stesso periodo della campagna valori superiori a 40 µg/m³.
Per la *concentrazione oraria* del biossido di azoto, il limite da non superare più di 18 volte l'anno è di 200 µg/m³; tale limite non è mai stato superato, il valore massimo che si è registrato durante la campagna è pari a 59 µg/m³.
- Se si confrontano le corrispondenti *medie mensili*, ottenute dall'elaborazione delle concentrazioni di PM10 rilevate dalle centraline fisse della rete regionale presenti nella provincia di Frosinone con il valore medio di PM10 ottenuto durante la campagna, si osserva che quest'ultimo è confrontabile con il valore ottenuto nella stazione di fondo sita a Fontechiari; risultati minori del limite normativo vigente che è pari a 40 µg/m³. La *concentrazione giornaliera* del PM10 prevede il limite, da non superare più di 35 volte l'anno, di 50 µg/m³; tale valore non è mai stato superato, precisamente, durante tutta la campagna il valore massimo registrato è di 35 µg/m³ rilevato in data 08.11.2011.
- La *concentrazione media* del PM2.5 registrata durante la campagna in esame è pari a 14.7 µg/m³; tale valore risulta inferiore alla corrispettiva media ottenuta dalle centralina di fondo di Fontechiari che registra un valore pari a 17.0 µg/m³.

Di seguito, nel grafico, viene illustrato il rapporto NO₂-PM10 delle concentrazioni medie ottenute e si evince che le condizioni ambientali, in termini di inquinamento atmosferico dell'area in esame, nel periodo di osservazione (Ottobre-Novembre 2011), sono confrontabili

con quelle monitorate dalla centralina di fondo sita a Fontechiari e si discostano dalle condizioni misurate dalle centraline urbane/industriali considerate.

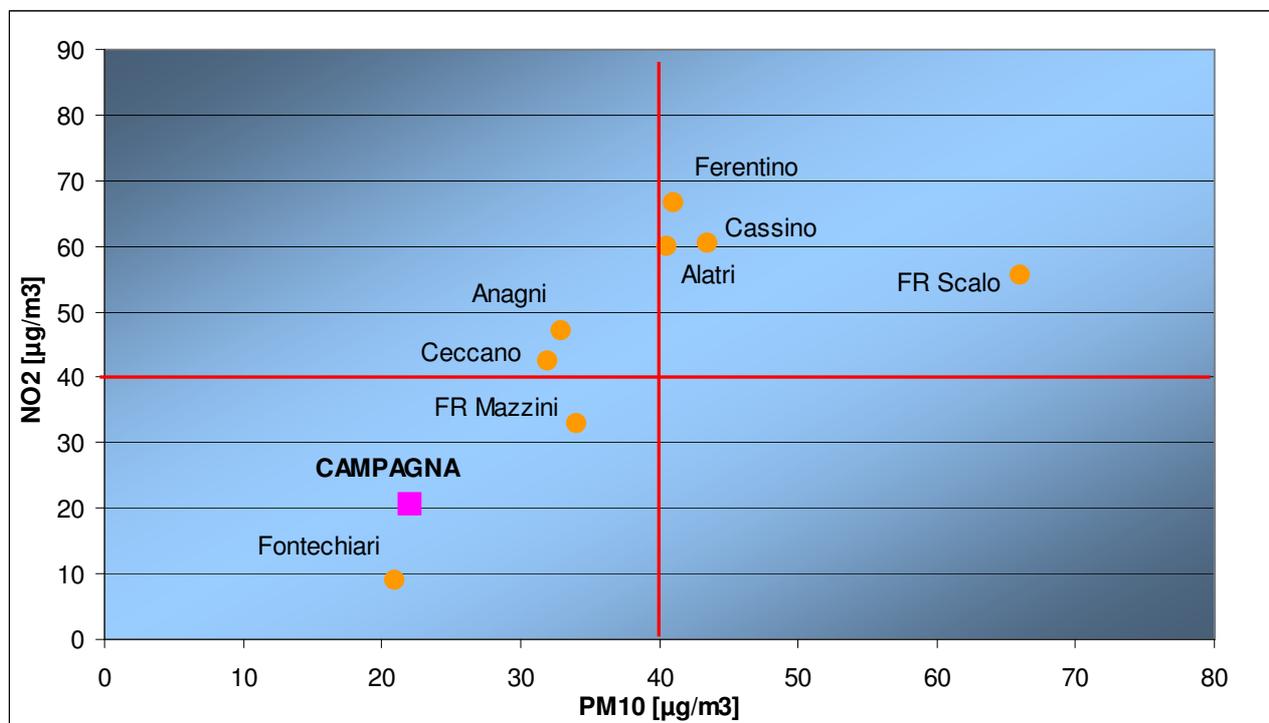


Grafico 5.1. Confronto PM10-NO₂ tra i valori medi della campagna e i corrispettivi valori acquisiti dalle centraline regionali della provincia di Frosinone.

Si è scelto di raffigurare i parametri PM10 e NO₂ in quanto si ritengono maggiormente rappresentativi dell'inquinamento provocato dalle attività industriali, dagli impianti di combustione e dal traffico veicolare; attività connesse ad un impianto di smaltimento dei rifiuti come il termovalorizzatore in osservazione.

5.3 Metalli

Di seguito si mostrano le medie delle concentrazioni dei metalli per cui la normativa attualmente vigente prevede un limite da rispettare; tali valori sono inferiori ai limiti stabiliti dal D.Lgs 155/2010.

| METALLI | Pb [ug/m ³] | Cd [ng/m ³] | As [ng/m ³] | Ni[ng/m ³] |
|---------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|------------------------|
| <i>limiti</i> | 0.5 | 5 | 6 | 20 |
| Media | 0.001 | 0.15 | 0.87 | 2.76 |

Tabella 5.3. Media delle concentrazioni dei metalli pesanti

5.4 Diossine

Nell'area in osservazione è stato determinato il livello delle concentrazioni delle diossine. Il numero dei campioni prelevati durante la campagna sono 6 dei quali 3 sono stati rilevati nella postazione "Campo Sportivo" ed i restanti nella postazione "Cervaro". Di seguito si presentano i valori medi di concentrazione rilevati nelle due postazioni.

| Diossine [fg/mc] | Media di tutti i campioni |
|------------------|---------------------------|
| 2378-TCDD | 1.3 |
| 12378-PeCDD | 4.0 |
| 123478-HxCDD | 16.9 |
| 123678-HxCDD | 5.4 |
| 123789-HxCDD | 5.8 |
| 1234678-HpCDD | 18.5 |
| OCDD | 49.6 |
| 1278-TCDF | 4.0 |
| 12378-PeCDF | 3.4 |
| 23478-PeCDF | 6.4 |
| 123478-HxCDF | 8.1 |
| 123678-HxCDF | 6.8 |
| 123789-HxCDF | 10.4 |
| 234678-HxCDF | 5.3 |
| 1234678-HpCDF | 24.3 |
| 1234789-HpCDF | 4.9 |
| OCDF | 39.7 |
| Teq | 14.2 |

Tabella 5.4 . Media della concentrazione di diossine ottenuta nella campagna di San Vittore

* fg= fentogrammi =10⁻⁹ microgrammi

Il livello di concentrazione di diossine espresso in Teq (tossicità equivalente) è stato calcolato mediante la tecnica del "medium bound" abitualmente utilizzata in ambito internazionale per valutare tali concentrazioni. Per un confronto indicativo circa i livelli di concentrazione di diossine rilevati nell'area di studio, si riporta una sintesi dei livelli riscontrati in diverse campagne sperimentali condotte in aree urbane.

| Location and Year | Dioxin concentration Average, (Min. - Max.) [TE fg/m ³] | Reference |
|------------------------|---|--------------------------------|
| Sofienbergparken, 2007 | 28,2 (4,80 - 86,5) | This study |
| Vålerenga, 1989 | 100 (40/200) | Oehme et al. 1991 |
| Athens, 2000 | (42 - 73) | Mandalakis et al. 2002 |
| Roma, 2001 | 46,9 (4,4 - 245) | Turrio-Baldassarri et al. 2005 |
| Beijing, 2006 | 268 (18 - 644) | Li et al. 2008 |

Tabella 5.5. Livelli di concentrazione di diossine in differenti città

Dagli studi effettuati si evince che i Teq riscontrati nei pressi del termovalorizzatore di San Vittore del Lazio variano tra 6 - 24 fg/m³ (1 femtogrammo=10⁻⁹ microgrammi) risultano confrontabili con i valori minimi osservati negli studi sopra citati.

5.5 Policlorobifenili (PCB)

I PCB sono stati determinati presso il sito di San Vittore del Lazio in 5 diversi campionamenti nel periodo autunnale dell'anno 2011.

| PCB pg/m ³ | MEDIA |
|-----------------------|--------------|
| 28 | 33.4 |
| 52 | 17.8 |
| 81 | <0.2 |
| 77 | <0.2 |
| 95 | 20.2 |
| 101 | 16.5 |
| 110 | 7.4 |
| 118 | 3.6 |
| 105 | 1.0 |
| 151 | 7.3 |
| 149 | 15.4 |
| 146 | 1.5 |
| 153 | 14.4 |
| 138 | 6.6 |
| 167 | 0.3 |
| 187 | 3.5 |
| 183 | 1.7 |
| 177 | 1.1 |
| 180 | 3.1 |
| 170 | 1.2 |
| 189 | 0.5 |
| PCBs tot | 156.4 |

Tabella 5.6. Valori medi delle concentrazioni dei PCB

Allo scopo di permettere un primo confronto orientativo circa i livelli di concentrazione rilevati nell'area di studio, si riporta una sintesi dei livelli riscontrati in diverse campagne sperimentali condotte in aree urbane.

| Location and Year | PCB-7 Concentration Average, (Min. - Max.) [pg/m ³] | Reference |
|------------------------|---|------------------------|
| Sofienbergparken, 2007 | 31,8 (15,3 - 61,9) | This study |
| Sjursjøya, 2002 | 54 | Breivik et al. |
| Athens, 2000 | 41,7 | Mandalakis et al. 2002 |
| Seoul, 1999 | 42,2 | Yeo et al. 2004 |

Tabella 5.7. Confronto della concentrazione dei PCB-7 in campioni di aria urbana prelevati in differenti luoghi

Si osservi che nelle aree in prossimità del termovalorizzatore di San Vittore del Lazio la concentrazione media dei PCB-7 (ottenuta dalla somma dei 7 congeneri definiti ad “alta tossicità” : 28, 52, 101, 118, 138, 153, 180) risulta pari a 95.3 pg/m³ (1 picogrammo=10⁻⁶ microgrammo) che conferma l'ordine di grandezza rilevato negli studi di letteratura in aree a forte antropizzazione.

Si evidenzia che, i valori medi rilevati in letteratura sono relativi a rilievi fatti su diverse postazioni ubicate in zone con livelli di pressione ambientale differenti e quindi rappresentativi delle diverse caratteristiche delle aree urbane. Il valore misurato nella campagna fa riferimento ad un'unica postazione e ad un periodo limitato dell'anno.