

**ELABORATO ADOTTATO  
CON DELIBERAZIONE**  
 Giunta Comunale  
 Consiglio Comunale  
 n° 22 ..del...2.9...MAR...2006



**ALLEGATO 8/5**

**COMUNE DI PISA**

**PIANO DI RECUPERO  
AREA EX MOTOFIDES  
IN LOCALITA' MARINA DI PISA**

Scheda 38 C del Regolamento Urbanistico del Comune di Pisa, approvato il 28/07/2001  
 Scheda 39 del II Piano di Gestione del Parco di Migliarino, San Rossore, Massaciuccoli, approvato il 10/05/2002

Titolo elaborato :

**VALUTAZIONE EFFETTI AMBIENTALI  
STUDIO DI IMPATTO ATMOSFERICO**

Scala:

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|

Proponente:

**BORELLO S.p.A.**

**R7B**

PROGETTISTI:

OPERE ARCHITETTONICHE:

ISOLARCHITETTI S.r.l.  
 STUDIO 3C+T - CAPOLEI CAVALLI ARCHITETTI ASSOCIATI

STUDI AMBIENTALI:



OPERE MARITTIME:

MODIMAR S.r.l.

COORDINAMENTO TECNICO AMMINISTRATIVO  
 DIREZIONE URBANISTICA DEL COMUNE DI PISA  
 COORDINAMENTO TECNICO DELLA SOCIETA' PROPONENTE  
 SPA-MARARNO Srl

COORDINATORE DELLA PROGETTAZIONE  
 Prof. Ing. PAOLO SAMMARCO  
 RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO  
 Dott. Arch. GABRIELE BERTI

**INGEGNERI DELLA PROVINCIA  
DI PERUGIA**  
 Sezione A  
 N° 4829  
 DOTT. INGEGNERE  
**DINO BONADIES**  
 SETTORE CIVILE E AMBIENTALE  
 SETTORE DELL'INFORMAZIONE

|         |      |             |             |              |            |
|---------|------|-------------|-------------|--------------|------------|
| MAR. 06 | 0    | EMISSIONE   | DISEGNATORE | VERIFICATORE | APPROVATO  |
| Data    | Rev. | DESCRIZIONE | Disegnato:  | Verificato:  | Approvato: |

Dimensioni foglio:

Visto del Committente:

## INDICE

|          |   |            |
|----------|---|------------|
| <b>1</b> | <b>PREMESSA</b> .....   | <b>3</b>   |
| <b>2</b> | <b>GENERALITA'</b> .....  | <b>4</b>   |
| <b>3</b> | <b>NORMATIVA DI RIFERIMENTO</b> .....   | <b>5</b>   |
| 3.1      | NORMATIVA COMUNITARIA.....  | 5          |
| 3.2      | NORMATIVA NAZIONALE .....   | 6          |
| 3.2.1    | <i>Decreto Legislativo 4 agosto 1999 n. 351</i> .....   | 7          |
| 3.2.2    | <i>Decreto Ministeriale 2 aprile 2002 n. 60</i> .....   | 8          |
| 3.2.3    | <i>Decreto Legislativo 21 maggio 2004 n. 171</i> .....  | 9          |
| 3.3      | NORMATIVA REGIONE TOSCANA.....  | 10         |
| <b>4</b> | <b>INQUINAMENTO ATMOSFERICO</b> .....   | <b>12</b>  |
| 4.1      | GLI OSSIDI DI AZOTO .....   | 13         |
| 4.2      | IL MONOSSIDO DI CARBONIO .....  | 15         |
| 4.3      | GLI OSSIDI DI ZOLFO .....   | 16         |
| 4.4      | IL MATERIALE PARTICELLARE.....  | 17         |
| <b>5</b> | <b>QUALITA' DELL'ARIA SITUAZIONE ATTUALE</b> .....  | <b>21</b>  |
| 5.1      | VALUTAZIONE DELLA QUALITÀ DELL' ARIA AMBIENTE NEL PERIODO 2000-2002 E CLASSIFICAZIONE DEL TERRITORIO REGIONALE..... | 21         |
| 5.1.1    | <i>Criteria e metodologia della classificazione</i> .....   | 22         |
| 5.1.2    | <i>Qualità dell'aria secondo la classificazione regionale</i> .....   | 27         |
| 5.1.3    | <i>Considerazioni conclusive per tipologia di inquinante</i> .....  | 32         |
| 5.2      | RAPPORTO SULLA QUALITÀ DELL' ARIA DEL COMUNE DI PISA.....   | 33         |
| 5.2.1    | <i>Rete di monitoraggio</i> .....   | 34         |
| 5.2.2    | <i>Valutazione della qualità dell'aria</i> .....  | 35         |
| 5.2.3    | <i>Andamenti temporali degli inquinanti atmosferici</i> .....   | 37         |
| 5.2.4    | <i>Periodo 2003 -2004</i> .....   | 45         |
| 5.2.5    | <i>Considerazioni finali</i> .....  | 48         |
| <b>6</b> | <b>METODOLOGIA DISPERSIONE DI INQUINANTI SITUAZIONE IN PROGETTO</b> .....   | <b>50</b>  |
| 6.1      | OBIETTIVI.....  | 50         |
| 6.2      | DEFINIZIONI GRANDEZZE INQUINAMENTO ATMOSFERICO .....  | 51         |
| 6.3      | METODOLOGIA E CODICE DI CALCOLO .....   | 52         |
| 6.3.1    | <i>Stima delle emissioni con Metodologia COPERT</i> .....   | 52         |
| 6.3.2    | <i>Codice di calcolo MISKAM stima delle immissioni</i> .....  | 59         |
| 6.3.3    | <i>Definizione del modello e simulazione dello stato di progetto</i> .....  | 61         |
| <b>7</b> | <b>CALCOLO DISPERSIONE DI INQUINANTI SITUAZIONE IN PROGETTO</b> .....   | <b>63</b>  |
| 7.1      | STIMA DELLE EMISSIONI.....  | 63         |
| 7.1.1    | <i>Calcolo Emissioni Ossidi di azoto NOx</i> .....  | 65         |
| 7.1.2    | <i>Calcolo Emissioni CO</i> .....   | 76         |
| 7.1.3    | <i>Calcolo Emissioni PM</i> .....   | 86         |
| 7.1.4    | <i>Riepilogo emissioni di inquinanti</i> .....  | 94         |
| 7.2      | CARATTERIZZAZIONE E DISLOCAZIONE DEI RECETTORI SIGNIFICATIVI .....  | 95         |
| 7.3      | CARATTERIZZAZIONE METEOCLIMATICA DELL' AREA DI PROGETTO .....   | 98         |
| 7.4      | CARATTERIZZAZIONE DEL MODELLO DI CALCOLO (MISKAM) .....   | 103        |
| 7.5      | COMMENTO DEI RISULTATI E CONCLUSIONI.....   | 104        |
| <b>8</b> | <b>FASCICOLO DI MONITORAGGIO</b> .....  | <b>107</b> |
| 8.1      | METODOLOGIE DI MONITORAGGIO .....   | 107        |
| 8.2      | CRITERI DI INDIVIDUAZIONE DEI PUNTI DI MONITORAGGIO.....  | 113        |
| 8.3      | PIANO DI MONITORAGGIO .....   | 114        |
| 8.4      | CRITERI DI INDIVIDUAZIONE DEI PUNTI DI MONITORAGGIO.....  | 116        |
| 8.5      | ORGANIZZAZIONE ED ELABORAZIONE DEI DATI DI MONITORAGGIO .....   | 116        |
| <b>9</b> | <b>ALLEGATI GRAFICI DI RIFERIMENTO</b> .....  | <b>117</b> |

|           |  |            |
|-----------|--|------------|
| <b>10</b> | <b>APPENDICE A – FATTORI DI EMISSIONE INQUINANTI ATMOSFERICI .....</b> | <b>118</b> |
| <b>11</b> | <b>APPENDICE B – DATI ANNUARIO STATISTICO ACI.....</b>                 | <b>123</b> |

## **1 PREMESSA**

L'intervento in esame riguarda la trasformazione del complesso industriale della ex Motofides, dismesso dal 1988, ed alcune aree limitrofe delimitate dalla foce dell'Arno, dal Mar Tirreno e dal centro abitato di Marina di Pisa. Dal punto di vista amministrativo l'area di intervento ricade per la maggior porzione nell'ambito del Parco Regionale di San Rossore – Migliarino – Massaciuccoli e per la restante parte nell'ambito normativo del Comune di Pisa.

L'obiettivo del presente studio è quello di evidenziare l'esistenza o meno di un impatto sulla componente atmosfera derivante da traffico veicolare. A tale fine si procede in primo luogo descrivendo lo stato di fatto della qualità della componente aria utilizzando i dati informativi degli enti preposti al monitoraggio di tale componente ambientale. Successivamente, una volta individuati i recettori interessati che subiscono un cambiamento negativo o positivo del grado di qualità della componente di cui usufruiscono, si procede alla stima delle emissioni afferenti alle sorgenti presenti e della distribuzione dei carichi inquinanti, tramite opportuno modello di calcolo. Vengono dunque individuate eventuali situazioni critiche rispetto ai limiti stabiliti dalla normativa vigente, sia nelle condizioni di esercizio dell'opera sia nella predisposizione di piani di monitoraggio durante le fasi realizzative.

## 2 GENERALITA'

Lo studio dell'impatto ambientale sulla componente atmosfera si basa fundamentalmente sulle seguenti informazioni:

- normative di riferimento: leggi e norme sulle metodiche di monitoraggio, limiti e linee guida di qualità dell'aria, valori di riferimento (baseline ambientali, indici di valutazione, ecc.) per la valutazione degli impatti;
- informazioni di tipo progettuale: caratteristiche dell'opera in esercizio, tipologia e grado di interferenza durante le fasi realizzative, ubicazione e caratterizzazione dei cantieri ed annessa viabilità; cronoprogramma dei lavori;
- informazioni sul territorio: ubicazione e caratterizzazione dei recettori, grado di sensibilità del territorio, presenza di altre sorgenti di emissione, caratterizzazione meteorologica del territorio, caratterizzazione della qualità dell'aria del territorio relativamente ai parametri soggetti a misurazione;

In particolare la previsione di dispersione di inquinanti ed il piano di monitoraggio si basano sui seguenti elaborati:

- classificazione e caratteristiche tecnico-geometriche delle strade in progetto ed esistenti;
- elaborati progettuali digitali, comprendenti tracciati planimetrici, profili altimetrici e sezioni trasversali delle opere in progetto;
- stima previsionale dei flussi di traffico desunta da studi trasportistici riguardanti la mobilità;
- cartografia tecnica di base digitale;
- dislocazione dei recettori maggiormente significativi esistenti e di futura realizzazione;
- piano di cantierizzazione;
- dati anemometrici desunti dal Centro Funzionale della Regione Toscana relativi alla stazione di rilevamento di Bocca d'Arno nel periodo 2001-2003.

### 3 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Si riportano di seguito i principali riferimenti normativi distinguendo la normativa comunitaria, nazionale e regionale.

#### 3.1 Normativa Comunitaria

**Dir. 21-4-2004 n. 2004/26/CE** Direttiva del Parlamento europeo e del Consiglio che modifica la direttiva 97/68/CE concernente il ravvicinamento delle legislazioni degli Stati membri relative ai provvedimenti da adottare contro l'emissione di inquinanti gassosi e particolato inquinante prodotto dai motori a combustione interna destinati all'installazione su macchine mobili non stradali.

**Dir. 8-5-2003 n. 2003/30/CE** Direttiva del Parlamento europeo e del Consiglio sulla promozione dell'uso dei biocarburanti o di altri carburanti rinnovabili nei trasporti.

**Dir. 3-3-2003 n. 2003/17/CE** Direttiva del Parlamento europeo e del Consiglio che modifica la direttiva 98/70/CE relativa alla qualità della benzina e del combustibile diesel.

**Dir. 9-12-2002 n. 2002/88/CE** Direttiva del Parlamento europeo e del Consiglio che modifica la direttiva 97/68/CE concernente il ravvicinamento delle legislazioni degli Stati membri relative ai provvedimenti da adottare contro l'emissione di inquinanti gassosi e particolato inquinante prodotto dai motori a combustione interna destinati all'installazione su macchine mobili non stradali.

**Dir. 19-7-2002 n. 2002/51/CE** Direttiva del Parlamento europeo e del Consiglio sulla riduzione del livello delle emissioni inquinanti dei veicoli a motore a due o a tre ruote e che modifica la direttiva 97/24/CE.

**Dir. 23-10-2001 n. 2001/81/CE** Direttiva del Parlamento europeo e del Consiglio relativa ai limiti nazionali di emissione di alcuni inquinanti atmosferici.

**Dir. 16-11-2000 n. 2000/69/CE** Direttiva del Parlamento europeo e del Consiglio concernente i valori limite per il benzene ed il monossido di carbonio nell'aria ambiente.

**Dir. 13-12-1999 n. 1999/96/CE** Direttiva del Parlamento europeo e del Consiglio sul ravvicinamento delle legislazioni degli Stati membri relative ai provvedimenti da prendere contro l'emissione di inquinanti gassosi e di particolato prodotti dai motori ad accensione spontanea destinati alla propulsione di veicoli e l'emissione di inquinanti gassosi prodotti dai motori ad accensione comandata

alimentati con gas naturale o con gas di petrolio liquefatto destinati alla propulsione di veicoli e che modifica la direttiva 88/77/CEE del Consiglio.

**Dir. 22-4-1999 n. 1999/30/CE** Direttiva del Consiglio concernente i valori limite di qualità dell'aria ambiente per il biossido di zolfo, il biossido di azoto, gli ossidi di azoto, le particelle e il piombo.

**Dir. 13-10-1998 n. 98/69/CE** Direttiva del Parlamento europeo e del Consiglio relativa alle misure da adottare contro l'inquinamento atmosferico da emissioni dei veicoli a motore e recante modificazione della direttiva 70/220/CEE del Consiglio.

**Dir. 27-9-1996 n. 96/62/CE**

Direttiva del Consiglio in materia di valutazione e gestione della qualità dell'aria ambiente.

### **3.2 Normativa Nazionale**

**D.Lgs. 21-5-2004 n. 171** Attuazione della direttiva 2001/81/CE relativa ai limiti nazionali di emissione di alcuni inquinanti atmosferici.

**D.M. 1-10-2002 n. 261** Regolamento recante le direttive tecniche per la valutazione preliminare della qualità dell'aria ambiente, i criteri per l'elaborazione del piano e dei programmi di cui agli articoli 8 e 9 del D.Lgs. 4 agosto 1999, n. 351.

**D.M. 20-9-2002** Modalità per la garanzia della qualità del sistema delle misure di inquinamento atmosferico, ai sensi del decreto legislativo n. 351 del 1999.

**D.M. 2-4-2002 n. 60** Recepimento della direttiva 1999/30/CE del Consiglio del 22 aprile 1999 concernente i valori limite di qualità dell'aria ambiente per il biossido di zolfo, il biossido di azoto, gli ossidi di azoto, le particelle e il piombo e della direttiva 2000/69/CE relativa ai valori limite di qualità dell'aria ambiente per il benzene ed il monossido di carbonio.

**D.M. 25-8- 2000** Aggiornamento dei metodi di campionamento, analisi e valutazione degli inquinanti, ai sensi del D.P.R. 24 maggio 1988, n. 203;

**D.Lgs. 4-8-1999 n. 351** Attuazione della direttiva 96/62/CE in materia di valutazione e di gestione della qualità dell'aria ambiente.

**D.M. 21-4-1999 n. 163**

Regolamento recante norme per l'individuazione dei criteri ambientali e sanitari in base ai quali i Sindaci adottano le misure di limitazione della circolazione.

**D.M. 27-3-1998** Mobilità sostenibile nelle aree urbane;

**D.P.C.M. 28-3-1983** Limiti massimi di accettabilità delle concentrazioni e di esposizione relativi ad inquinanti dell'aria nell'ambiente esterno;

**3.2.1 Decreto Legislativo 4 agosto 1999 n. 351**

Il decreto in questione “Attuazione della direttiva 96/62/CE in materia di valutazione e di gestione della qualità dell’aria ambiente”; recepisce la direttiva 96/62/CE e andrà progressivamente ad abrogare la 203/88 ed i suoi decreti attuativi.

Il presente decreto definisce i principi per:

- a) stabilire gli obiettivi per la qualità dell'aria ambiente al fine di evitare, prevenire o ridurre gli effetti dannosi per la salute umana e per l'ambiente nel suo complesso;
- b) valutare la qualità dell'aria ambiente sul territorio nazionale in base a criteri e metodi comuni;
- c) disporre di informazioni adeguate sulla qualità dell'aria ambiente e far sì che siano rese pubbliche, con particolare riferimento al superamento delle soglie d'allarme;
- d) mantenere la qualità dell'aria ambiente, laddove è buona, e migliorarla negli altri casi.

Vengono indicati nell'allegato 1 gli inquinanti che devono essere esaminati allo stadio iniziale, ivi compresi gli inquinanti disciplinati da direttive comunitarie esistenti in materia di qualità dell'aria ambiente.

1. Biossido di zolfo;
  2. Biossido di azoto/ossidi di azoto;
  3. Materiale particolato fine, incluso il PM 10;
  4. Particelle sospese totali;
  5. Piombo;
  6. Ozono.
- II. Altri inquinanti atmosferici.
7. Benzene;
  8. Monossido di carbonio;
  9. Idrocarburi policiclici aromatici;
  10. Cadmio;
  11. Arsenico;
  12. Nichel;
  13. Mercurio.

### 3.2.2 Decreto Ministeriale 2 aprile 2002 n. 60

Il decreto in questione consta nel recepimento della direttiva 1999/30/CE del Consiglio del 22 aprile 1999 concernente i valori limite di qualità dell'aria ambiente per il biossido di zolfo, il biossido di azoto, gli ossidi di azoto, le particelle e il piombo e della direttiva 2000/69/CE relativa ai valori limite di qualità dell'aria ambiente per il benzene ed il monossido di carbonio.

Vengono stabiliti per gli inquinanti biossido di zolfo, biossido di azoto, ossidi di azoto, materiale particolato, piombo, benzene e monossido di carbonio, ai sensi dell'articolo 4 del decreto legislativo del 4 agosto 1999, n. 351 (vedasi paragrafo precedente):

- a) i valori limite e le soglie di allarme;
- b) il margine di tolleranza e le modalità secondo le quali tale margine deve essere ridotto nel tempo;
- c) il termine entro il quale il valore limite deve essere raggiunto;
- d) i criteri per la raccolta dei dati inerenti la qualità dell'aria ambiente, i criteri e le tecniche di misurazione, con particolare riferimento all'ubicazione ed al numero minimo dei punti di campionamento, nonché alle metodiche di riferimento per la misura, il campionamento e l'analisi;
- e) la soglia di valutazione superiore, la soglia di valutazione inferiore e i criteri di verifica della classificazione delle zone e degli agglomerati;
- f) le modalità per l'informazione da fornire al pubblico sui livelli registrati di inquinamento atmosferico ed in caso di superamento delle soglie di allarme;
- g) il formato per la comunicazione dei dati.

Resta ferma la competenza delle regioni ad emanare la normativa di attuazione del decreto legislativo del 4 agosto 1999, n. 351, nel rispetto di quanto previsto dal medesimo decreto legislativo.

Il decreto consta di otto allegati dove vengono riportati per ciascuno degli inquinanti suddetti i valori limite e le soglie di allarme e la data in cui devono essere raggiunti. Inoltre nell'allegato VIII vengono stabiliti i criteri per la determinare l'ubicazione dei punti di campionamento per le misurazioni nei siti fissi degli inquinanti biossido di zolfo, biossido di azoto, ossidi di azoto, materiale particolato, piombo, benzene e monossido di carbonio.

Si riporta di seguito il contenuto dell'allegato VIII, mentre per quanto riguarda gli allegati da I a VII si rimanda al testo ufficiale del decreto in questione.

ALLEGATO VIII - (ubicazione dei punti di campionamento per la misurazione in siti fissi dei livelli di biossido di zolfo, biossido di azoto, ossidi di azoto, materiale particolato, piombo, benzene e monossido di carbonio nell'aria ambiente)

Quanto segue si applica ai punti di campionamento per la misurazioni in siti fissi.

#### II. Ubicazione su microscala

Nella misura in cui sia tecnicamente fattibile:

- a) l'ingresso della sonda di campionamento deve essere libero e non vi debbono essere ostacoli che

possano disturbare il flusso d'aria nelle vicinanze del campionatore (di norma a distanza di alcuni metri rispetto ad edifici, balconi, alberi ed altri ostacoli e, nel caso di punti di campionamento rappresentativi della qualità dell'aria ambiente sulla linea degli edifici, alla distanza di almeno 0,5 m dall'edificio più prossimo);

b) di regola, il punto di ingresso dell'aria deve situarsi tra 1,5 m e 4 m sopra il livello del suolo. Possono essere talvolta necessarie posizioni più elevate (fino ad 8 m). Può anche essere opportuna un'ubicazione ancora più elevata se la stazione è rappresentativa di un'ampia area;

c) il punto di ingresso della sonda non deve essere collocato nelle immediate vicinanze di fonti inquinanti per evitare l'aspirazione diretta di emissioni non miscelate con l'aria ambiente;

d) lo scarico del campionatore deve essere collocato in modo da evitare il riciclo dell'aria scaricata verso l'ingresso del campionatore;

e) per l'ubicazione dei campionatori relativi al traffico:

- per tutti gli inquinanti, tali campionatori devono essere situati a più di 25 m di distanza dal bordo dei grandi incroci e a più di 4 m di distanza dal centro della corsia di traffico più vicina;

- per il biossido di azoto e il monossido di carbonio il punto di ingresso deve essere ubicato non oltre 5 m dal bordo stradale;

- per il materiale particolato, il piombo e il benzene, il punto d'ingresso deve essere ubicato in modo da essere rappresentativo della qualità dell'aria ambiente sulla linea degli edifici.

Nella localizzazione delle stazioni si può anche tenere conto dei fattori seguenti:

a) fonti di interferenza;

b) sicurezza;

c) accesso;

d) disponibilità di energia elettrica e di linee telefoniche;

e) visibilità del punto di prelievo rispetto all'ambiente circostante;

f) rischi per il pubblico e per gli operatori;

g) opportunità di ubicare punti di campionamento per diversi inquinanti nello stesso sito;

h) vincoli di varia natura.

### **3.2.3 Decreto Legislativo 21 maggio 2004 n. 171**

Il presente decreto consta nell'Attuazione della direttiva 2001/81/CE relativa ai limiti nazionali di emissione di alcuni inquinanti atmosferici. Nel caso del presente studio individua gli strumenti per assicurare che le emissioni nazionali annue per il biossido di zolfo, per gli ossidi di azoto, per i composti organici volatili entro il 2010 e negli anni successivi, i limiti nazionali di emissione stabiliti nell'allegato I.

### 3.3 Normativa Regione Toscana

**D.C.R. 22-6-2004 n. 63** Piano regionale della mobilità e della logistica. Approvazione atto di programmazione ai sensi dell'articolo 13, comma 2, della Del. C.R. 25 gennaio 2000, n. 12 (Approvazione del Piano di Indirizzo territoriale. Art. 7, L.R. 16 gennaio 1995, n. 5).

**Delib.G.R. 15-12-2003 n. 1325** Presa d'atto della valutazione della qualità dell'aria ambiente ed adozione della classificazione del territorio regionale, ai sensi degli articoli 6, 7, 8 e 9 del D.Lgs. n. 351/1999 e del D.M. n. 261/2002 - Abrogazione della Delib.G.R. n. 1406/2001.

**Delib.G.R. 6-10-2003 n. 990** Approvazione delle finalità dell'Accordo di Programma tra Regione Toscana, URPT, ANCI, province e comuni per il risanamento della qualità dell'aria ambiente nelle aree urbane, in particolare per la riduzione delle emissioni di PM10. Abrogazione Delib.G.R. n. 1133/2002.

**L.R. 2 aprile 2002, n. 12 art. 7 bis.** - Individuazione di comuni con superamenti o rischi di superamento di valori limite dalla qualità dell'aria; determinazione di criteri, forme e modalità di presentazione delle istanze per accessione a contributi regionali.

**D.G.R. 5-8-2002, n. 839** Presa d'atto dell'elenco delle sorgenti puntuali di emissione in aria ambiente per l'anno 2000 e modalità di aggiornamento dell'Inventario Regionale delle Sorgenti delle Emissioni in aria ambiente (IRSE).

**D.G.R. 14-10-2002, n.1133** Piano di Azione contenente misure da attuare nel breve periodo al fine di ridurre il rischio di superamento del valore limite e della soglia di allarme del PM10- abrogazione delibera n.116/2002.

**Delib.G.R. 21-12-2001 n. 1406** Presa d'atto della valutazione della qualità dell'aria ambiente ed adozione della classificazione del territorio regionale, ai sensi degli articoli 6, 7, 8 e 9 del decreto legislativo n. 351/1999.

**D.G.R. 14-11-2000, N. 1193** Adozione dell'inventario delle sorgenti di emissione in area ambiente (I.R.S.E.) e delle relative procedure di aggiornamento.

**Delib.G.R. 12-4-1999, n. 381** Approvazione del piano regionale di rilevamento della qualità dell'aria (art. 3, L.R. 5 maggio 1994, n. 33);

**Delib.G.R. 17-5-1999 n. 553** Individuazione di aree a rischio di inquinamento atmosferico.

**L.R. 13-8-1998 n. 63** Norme in materia di zone a rischio di episodi acuti di inquinamento atmosferico e modifiche alla L.R. 5 maggio 1994, n. 33.

**L.R. 3-2-1995 n. 19** Modifica della L.R. 5 maggio 1994, n. 33. "Norme per la tutela della qualità dell'aria".

## 4 INQUINAMENTO ATMOSFERICO

L'inquinamento dell'aria si verifica quando sono immesse nell'atmosfera sostanze che alterano la composizione naturale dell'aria, costituendo pregiudizio diretto o indiretto per la salute dei cittadini, alterando la salubrità dell'aria stessa, o danni dei beni pubblici e/o privati.

L'aria, che costituisce l'atmosfera terrestre, è una miscela di gas. La composizione percentuale in volume dell'aria secca è, approssimativamente (si sono trascurati i componenti assai meno abbondanti), la seguente:

N<sub>2</sub>(azoto) 78 %

O<sub>2</sub>(ossigeno) 21 %

Ar (argon) 1 %

La composizione dell'atmosfera terrestre si mantiene costante fino a circa 100 Km di altezza. L'inquinamento dell'aria può essere di origine naturale (ad es. dovuto alle eruzioni vulcaniche o agli incendi boschivi), oppure provocato dalle attività umane (origine antropica). Gli inquinanti immessi in atmosfera si possono, a loro volta, classificare in:

- macro-inquinanti: sostanze le cui concentrazioni nell'atmosfera sono dell'ordine dei mg/mc (milligrammi per metro cubo) o dei mg/m<sup>3</sup> (microgrammi per metro cubo) come, ad es., CO, CO<sub>2</sub>, NO, NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>, particolato;
- micro-inquinanti: sostanze le cui concentrazioni in atmosfera sono dell'ordine dei ng/m<sup>3</sup> (nanogrammi per metro cubo) come gli idrocarburi policiclici aromatici e le diossine.

Questa distinzione non si riferisce, ovviamente, al grado di nocività dell'inquinante in quanto un microinquinante può essere più nocivo per la salute umana di un macroinquinante anche se quest'ultimo è presente nell'aria in concentrazioni molto maggiori. Nella seguente tabella sono riportati alcuni prefissi usati nel Sistema Internazionale con le relative concentrazioni in aria:

| frazione         | prefisso | simbolo | concentrazione                      |
|------------------|----------|---------|-------------------------------------|
| 10 <sup>-3</sup> | milli    | m       | mg/m <sup>3</sup> o ppm (in volume) |
| 10 <sup>-6</sup> | micro    | μ       | μ g/m <sup>3</sup> o ppb            |
| 10 <sup>-9</sup> | nano     | n       | ng/m <sup>3</sup> o ppt             |

Rispetto alla loro origine gli inquinanti si possono classificare in: primari : manifestano la loro tossicità nella forma e nello stato in cui sono immessi in atmosfera come, ad es., l'anidride solforosa (SO<sub>2</sub>) e l'acido fluoridrico (HF); secondari :derivano dalla reazione di quelli primari sotto l'influenza di catalizzatori chimici o fisici e si ritrovano tra i costituenti dello smog fotochimico (esempi di questa seconda categoria di inquinanti sono l'ozono (O<sub>3</sub>) e il perossiacilnitrato (CH<sub>3</sub>-CO-O-O-NO<sub>2</sub>)).

I bassi strati dell'atmosfera (troposfera) giocano un ruolo di primaria importanza relativamente al trasporto, alla dispersione e alla ricaduta al suolo degli inquinanti. Nella troposfera la temperatura diminuisce con la quota (circa 6.5°C ogni Km); i rimescolamenti verticali sono facilitati in quanto l'aria calda, e dunque più leggera, si trova sotto l'aria più fredda (più pesante). Ma all'interno della troposfera si osservano spesso delle singolarità che si estendono su una zona verticale di qualche centinaio di metri, chiamate strati di inversione termica, nelle quali la temperatura aumenta con la quota. In tal caso l'aria densa e fredda si trova sotto quella più calda e il rimescolamento verticale spontaneo non è più possibile. Questi strati, che si possono trovare sia al livello del suolo che in quota, costituiscono quindi un coperchio per le sostanze inquinanti che vengono continuamente emesse al livello del suolo, per cui si viene a creare una sacca di crescente concentrazione.

Nell'ambito del presente studio occorre far riferimento alle definizioni del DL 351/99:

- aria ambiente: l'aria esterna presente nella troposfera, ad esclusione di quella presente nei luoghi di lavoro;
- inquinante: qualsiasi sostanza immessa direttamente o indirettamente dall'uomo nell'aria ambiente che può avere effetti dannosi sulla salute umana o sull'ambiente nel suo complesso;

Inoltre per quanto concerne il progetto la causa principale dell'inquinamento atmosferico imputabile al traffico veicolare è dovuta alla produzione di inquinanti gassosi e materiale particolato, la cui diffusione nell'area in esame dipende dalla morfologia del territorio interessato, dalle condizioni meteorologiche (dati anemometrici, classi di stabilità e precipitazioni), e quindi dall'ubicazione dei ricettori (edifici abitativi potenzialmente esposti) rispetto alla viabilità in progetto ed esistente.

Si riporta di seguito una caratterizzazione dei principali inquinanti atmosferici

#### 4.1 Gli ossidi di azoto

Per ossidi di azoto si intende generalmente l'insieme di ossido e biossido di azoto anche se in realtà costituiscono una miscela più complessa come viene riepilogato nel prospetto seguente:

Tabella 1 - Costituenti gli ossidi di azoto

| Composto                                 | Formula                       |
|--|-------------------------------|
| Ossido di diazoto                        | N <sub>2</sub> O              |
| Ossido di azoto                          | NO                            |
| Triossido di diazoto (Anidride nitrosa)  | N <sub>2</sub> O <sub>3</sub> |
| Biossido di azoto                        | NO <sub>2</sub>               |
| Tetrossido di diazoto                    | N <sub>2</sub> O <sub>4</sub> |
| Pentossido di diazoto (Anidride nitrica) | N <sub>2</sub> O <sub>5</sub> |

Il monossido di azoto (NO) si forma in qualsiasi combustione ad elevata temperatura, insieme ad una piccola percentuale di biossido (circa il 5 % del totale).

Le più grandi quantità di ossidi di azoto vengono emesse da processi di combustione civili ed industriali e dai trasporti autoveicolari (l'ossido rappresenta il 95 % del totale) anche se ne esiste una

quantità di origine naturale (fulmini, incendi, eruzioni vulcaniche ed azione di alcuni batteri presenti nel suolo come i Nitrosomonas ed i Nitrobacter).

A temperatura ambiente il monossido di azoto è un gas incolore ed inodore mentre il biossido di azoto è rossastro e di odore forte e pungente.

Il biossido di azoto (NO<sub>2</sub>) è un inquinante secondario poiché non viene emesso direttamente dallo scarico o dai fumi industriali ma deriva generalmente dalla trasformazione in atmosfera consistente nell'ossidazione dell'ossido.

Gli ossidi di azoto permangono in atmosfera per pochi giorni (4-5) e vengono rimossi in seguito a reazioni chimiche che portano alla formazione di acidi e di sostanze organiche.

Gli ossidi di azoto si formano durante le reazioni di combustione ad elevate temperature (1200°) il monossido di azoto si produce in quantità maggiori del biossido in dipendenza della temperatura di combustione e della quantità di ossigeno libero.

Le reazioni che avvengono sono:



Il biossido di azoto, oltre che dalla seconda reazione, si forma anche dalle reazioni fotochimiche secondarie che avvengono in atmosfera.

Il biossido di azoto entra quindi in un giro di reazioni favorite dalle radiazioni ultraviolette nelle quali interviene anche l'ozono troposferico:



Tale ciclo viene alterato in presenza di idrocarburi incombusti presenti in atmosfera in quanto reagiscono con il radicale OH formando altri due radicali RO<sub>2</sub>\* e HO<sub>2</sub>\* i quali reagiscono con l'ossido di azoto convertendolo in NO<sub>2</sub>:



In tal modo l'ozono non può più reagire con l'NO (reazione 1) e quindi si accumula negli strati bassi dell'atmosfera. I radicali RO<sub>2</sub> e HO<sub>2</sub>, inoltre, ad elevate concentrazioni di NO<sub>x</sub> reagiscono per formare i perossiacetilnitrati (tra i quali il più importante è l'acido perossiacetilnitroso o PAN) gli alchilnitrati e gli idroperossidi.

I livelli naturali di biossido di azoto oscillano tra 1 e 9 µg/m<sup>3</sup> inoltre le medie annuali nelle città europee non vanno oltre i 40 µg/m<sup>3</sup>. Nei paesi industrializzati i livelli sono compresi fra 20 e 90 mg/m<sup>3</sup>.

Il biossido di azoto è quattro volte più tossico del monossido; a concentrazioni di circa 13 ppm (circa  $4,4 \text{ mg/m}^3$ ) esso procura irritazione alle mucose degli occhi e del naso mentre l'NO può portare alla paralisi del sistema nervoso centrale delle cavie sottoposte per 12 minuti a circa 2500 ppm (circa  $3075 \text{ mg/m}^3$ ).

Il livello più basso al quale è stato osservato un effetto sulla funzione polmonare nell'uomo dovuto all'esposizione al biossido di azoto, dopo una esposizione di 30 minuti, è pari a  $560 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ ; per questo l'Organizzazione Mondiale per la Sanità raccomanda per l'NO<sub>2</sub> un limite guida di 1 ora pari a  $200 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ , ed un limite per la media annua pari a  $40 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ .

Oltre agli effetti dannosi sulla salute dell'uomo, gli ossidi di azoto producono danni alle piante, riducendo la loro crescita, e ai beni materiali: corrosione dei metalli e scolorimento dei tessuti.

Sulle piante, l'esposizione al biossido di azoto induce la comparsa di macchie sulle foglie mentre il monossido rallenta il processo di fotosintesi.

Entrambi inoltre contribuiscono alla acidificazione delle precipitazioni con conseguente deterioramento degli edifici e delle opere d'arte.

## **4.2 Il monossido di carbonio**

Il monossido di carbonio (CO) è un gas incolore ed inodore emesso da fonti naturali ed antropiche (tra queste il 90 % deriva dagli scarichi automobilistici).

L'origine antropica di tale inquinante, come detto, avviene principalmente tramite la combustione incompleta dei carburanti usati negli autoveicoli. In tal caso le emissioni di CO sono maggiori in un veicolo con motore al minimo o in fase di decelerazione, diminuiscono alla velocità media di 60-110 Km/h per poi aumentare nuovamente alle alte velocità.

La concentrazione media di CO nell'atmosfera oscilla tra 0.06 e 0.4 ppm nell'emisfero nordico, mentre nelle città italiane la concentrazione di CO è dell'ordine di 1 - 4 ppm come media annuale.

L'alto tempo medio di residenza del CO in atmosfera (circa quattro mesi), presuppone il suo utilizzo come tracciante dell'andamento temporale degli inquinanti primari al livello del suolo.

Il monossido di carbonio viene assorbito rapidamente negli alveoli polmonari. Nel sangue compete con l'ossigeno nel legarsi all'atomo bivalente del ferro dell'emoglobina, formando carbossemoglobina. Tra le sorgenti antropiche un ruolo importante spetta anche al fumo di tabacco.

Il monossido di carbonio va considerato inquinante primario a causa della sua lunga permanenza in atmosfera, che può raggiungere i sei mesi. Gli effetti sull'ambiente sono da considerarsi trascurabili mentre quelli sull'uomo sono estremamente pericolosi.

La concentrazione di monossido di carbonio nelle città, a causa del traffico, è ben superiore a 0,1 ppm che costituisce il valore normale di un'aria non inquinata, e non sono rare medie di 30-40 ppm nei centri cittadini, raggiungendo, per qualche secondo, valori di 150-200 ppm in zone dove barriere architettoniche (sottopassi o gallerie) impediscono la libera circolazione dell'aria.

### 4.3 Gli ossidi di zolfo

Il biossido di zolfo è un gas incolore dall'odore acre e pungente a temperatura ambiente derivante sia da fonti antropiche che da fonti naturali. L'origine naturale deriva principalmente dalle eruzioni vulcaniche mentre quella antropica deriva dalla combustione domestica degli impianti non metanizzati e dall'uso di combustibili liquidi e solidi nelle centrali termoelettriche. Dalla combustione di ogni materiale contenente zolfo si sviluppano l'anidride solforosa e l'anidride solforica:



La concentrazione di  $SO_3$  è generalmente inferiore a quella di  $SO_2$  in quanto la seconda reazione è molto lenta ed inoltre la  $SO_3$  viene consumata dal vapore acqueo dando luogo ad acido solforico:



Tale reazione è favorita dall'umidità dell'aria, dalla radiazione solare e dalla presenza di polveri sospese che fungono da sostanze catalizzatrici.

Di notte gli ossidi di zolfo vengono assorbiti dalle goccioline di acqua presenti nell'atmosfera dando origine ad un aerosol di sali di solfato d'ammonio e calcio e quindi alla foschia mattutina.

I livelli naturali di  $SO_2$  sono generalmente inferiori a  $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  mentre le concentrazioni medie annue nelle aree rurali europee sono comprese fra 5 e  $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (OMS 1987). Dal 1990 le medie annuali registrate nelle principali città europee sono inferiori a  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  mentre le medie giornaliere raramente superano i  $125 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (OMS 1999). Nelle grandi città industrializzate ed in via di sviluppo la concentrazione media annuale può variare da livelli molto bassi fino a  $300 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (OMS 1998).

Già alla concentrazione di 0,3 ppm (circa  $0,8 \text{ mg}/\text{m}^3$ ) l' $SO_2$  comincia a non essere più tollerabile dall'uomo.

A causa dell'elevata solubilità in acqua l' $SO_2$  viene assorbito facilmente dalle mucose del naso e del tratto superiore dell'apparato respiratorio; quindi solo le piccolissime quantità raggiungono la parte più profonda del polmone.

L' $SO_2$  reagisce facilmente con tutte le principali classi di biomolecole: in vitro sono state dimostrate interazioni con gli acidi nucleici, con le proteine, con i lipidi e con le altre componenti biologiche.

È stato accertato un effetto sinergico con il particolato dovuto alla capacità di quest'ultimo di veicolare l' $SO_2$  nelle zone respiratorie più profonde del polmone.

Gli ossidi di zolfo svolgono un'azione indiretta nei confronti della fascia di ozono stratosferico in quanto fungono da substrato per i clorofluorocarburi, principali responsabili del "buco" dell'ozono.

Nel contempo si oppongono al fenomeno dell'effetto serra in quanto hanno la capacità di riflettere le radiazioni solari producendo un raffreddamento del pianeta.

Molto importante è il loro effetto sull'acidificazione delle precipitazioni, che porta a gravi danni ai bacini idrici ed alla vegetazione.

Per brevi esposizioni ad alte concentrazioni, inoltre, si manifesta uno scolorimento ed un rinsecchimento delle foglie con conseguente necrosi delle stesse.

Sui metalli, sui materiali da costruzione e sulle vernici si riscontrano degli effetti corrosivi dovuti all'azione dell'acido solforico che trasforma i carbonati insolubili, presenti nei monumenti, in solfati solubili che quindi vengono trascinati via.

Lo zolfo è presente anche negli oceani e si libera in atmosfera attraverso la schiuma marina; precipita poi con le piogge depositandosi direttamente e venendo poi assorbito dalla vegetazione.

Nelle città, escludendo le emissioni industriali, la maggior sorgente di anidride solforosa è il riscaldamento domestico (perciò la concentrazione di SO<sub>2</sub> nell'aria dipende molto dalla stagione e dalla rigidità del clima).

Circa il 70% dei quasi 130 milioni di tonnellate di SO<sub>2</sub> immersi annualmente nell'aria proviene da combustioni in impianti fissi, mentre appare trascurabile l'apporto dato dai mezzi di trasporto.

A parte gli effetti sulla salute dell'uomo, l'SO<sub>2</sub> provoca l'ingiallimento delle foglie delle piante poiché interferisce con la formazione ed il funzionamento della clorofilla. L'effetto dannoso sulle piante è ancora più accentuato quando l'anidride carbonica si trova in presenza di ozono. Tale fenomeno si chiama sinergismo: con questo termine si intende che l'effetto di due sostanze, quando sono insieme, è maggiore della somma degli effetti delle sostanze prese separatamente. Il sinergismo si verifica di frequente negli episodi di inquinamento; per esempio l'azione dannosa di molti inquinanti è aumentata dalla presenza di particolato.

L'anidride solforosa provoca danni anche su alcuni materiali, aumentandone, ad esempio, la velocità di corrosione.

Inoltre il biossido di zolfo, combinandosi con il vapore acqueo, origina acido solforico (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>), uno dei maggiori responsabili delle piogge acide.

#### **4.4 Il materiale particellare**

Per particolato atmosferico o PTS si intende l'insieme di particelle atmosferiche solide e liquide con diametro compreso fra 0,1 e 100 micron. Le particelle più grandi generalmente raggiungono il suolo in tempi piuttosto brevi e causano fenomeni di inquinamento su scala molto ristretta.

L'esperienza comune insegna che ciò che va in alto deve poi ricadere e ciò vale certamente anche per le particelle solide o liquide sospese nell'aria. Tuttavia l'aria esercita un effetto ritardante con una forza verso l'alto che è proporzionale alla velocità di caduta ed al raggio delle particelle. Inoltre il tempo di permanenza nell'aria dipenderà dalla natura dei venti e dalle precipitazioni. Le particelle più piccole possono rimanere nell'aria per molto tempo; alla fine gli urti casuali e la reciproca attrazione fanno ingrossare le stesse al punto da far loro raggiungere una velocità di caduta sufficiente a farle depositare

al suolo. Oltre a questo meccanismo di deposizione a secco l'eliminazione dall'atmosfera avviene anche per effetto della pioggia.

Il particolato si origina generalmente sia da fonti antropiche che da fonti naturali.

Sia quelle antropiche che quelle naturali possono dar luogo a particolato primario (emesso direttamente nell'atmosfera) o secondario (formatasi in atmosfera attraverso reazioni chimiche) come viene riassunto nelle tabelle seguenti per il particolato fine e per quello grossolano.

Tabella 2 - Sorgenti di Particolato Fine

| Sorgenti antropiche         |   | Sorgenti naturali |   |
|-----------------------------|---|-------------------|---|
| Primario                    | Secondario  | Primario          | Secondario  |
| Uso di combustibili fossili | Ossidazione di SO <sub>2</sub>                            | Spray marino      | Ossidazione di SO <sub>2</sub> e H <sub>2</sub> S emessi da incendi e vulcani |
| Emissioni di autoveicoli    | Ossidazione di NO <sub>x</sub>                            | Erosione di rocce | Ossidazione di NO <sub>x</sub> prodotto da suolo e luce                       |
| Polveri volatili            | Emissione di NH <sub>3</sub> da agricoltura e allevamento | Incendi boschivi  | Emissione di NH <sub>3</sub> da animali selvatici                             |
| Usura di pneumatici e freni | Ossidazione di idrocarburi emessi dagli autoveicoli       |                   | Ossidazione di idrocarburi emessi dalla vegetazione (terpeni)                 |

Tabella 3 - Sorgenti di Particolato Grossolano

| Sorgenti antropiche             |            | Sorgenti naturali              |            |
|---------------------------------|------------|--------------------------------|------------|
| Primario                        | Secondario | Primario                       | Secondario |
| Polveri volatili da agricoltura |            | Erosione rocce                 |            |
| Spargimento di sale             |            | Spray marino                   |            |
| Usura asfalto                   |            | Frammenti di piante ed insetti |            |

Esistono vari modi per classificare il particolato atmosferico e tra questi i più usati sono basati su:

- Distribuzione dimensionale
- Taglio
- Dosimetria

Per caratterizzare la distribuzione dimensionale delle particelle si distinguono tre modi diversi (distribuzione trimodale): il modo più piccolo corrisponde alle particelle inferiori a 0,1 micron (modo di nucleazione) derivanti da combustioni e trasformazioni gas-particella, il modo centrale comprende particelle da 0,1 a 1 micron (modo di accumulazione) derivanti dalla coagulazione di particelle più piccole infine il modo più grande contiene le particelle con diametro aerodinamico compreso fra 2 e 100 micron (modo grossolano).

Una caratterizzazione meno rigorosa identifica la frazione fine (diametro compreso fra 1 e 3 micron) da quella grossolana.

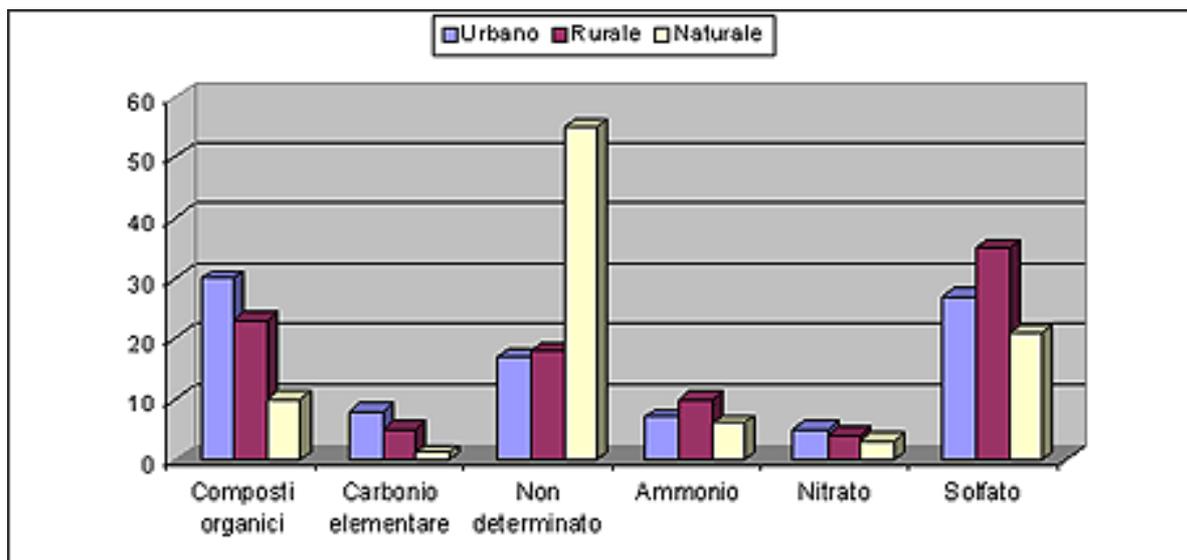
La classificazione rispetto al taglio si basa sui sistemi di prelievo intendendo per PM<sub>x</sub> la frazione di particelle prelevata mediante un sistema di separazione inerziale la cui efficienza di campionamento, per la particelle con diametro minore di x micron, è uguale al 50 %. In tal modo si considera il PM<sub>2,5</sub> come frazione fine e l'intervallo PM<sub>10</sub> - PM<sub>2,5</sub> alla frazione grossolana.

La classificazione dosimetria si basa sulla capacità, da parte delle particelle, di penetrare nell'apparato respiratorio e suddivide il materiale particolato in frazione inalabile (entra nelle vie respiratorie), frazione toracica (raggiunge i polmoni), frazione respirabile (raggiunge gli alveoli). In tale classificazione la frazione toracica corrisponde al PM<sub>10</sub>.

Le particelle possono essere identificate da una distribuzione trimodale con un minimo compreso fra 1 e 3 micron. La frazione più grande è detta "grossolana" mentre quella più piccola viene chiamata "fine". La frazione fine deriva principalmente da processi di combustione (primario) e da prodotti di reazione dei gas (secondario) mentre quella grossolana prende origine generalmente da processi meccanici.

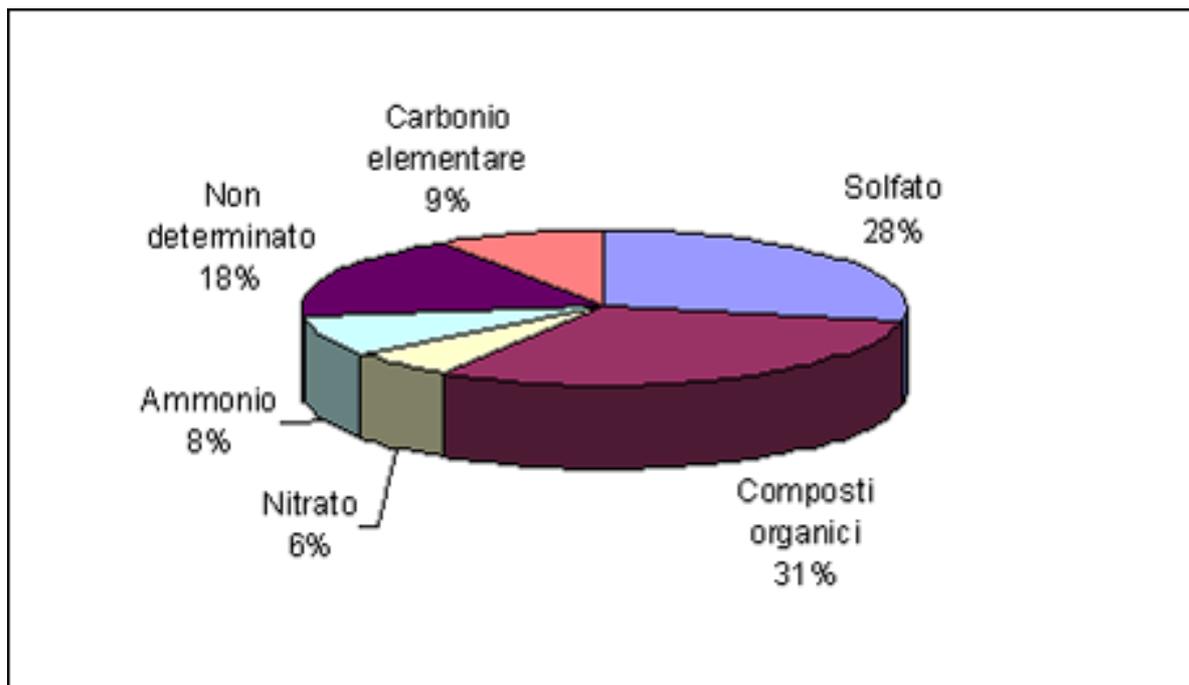
La composizione del particolato dipende dalla tipologia dello stesso e quindi dall'area e dalla tipologia della sorgente di emissione come si può vedere nella figura seguente.

Figura 1 – Composizione Particolato



Nel grafico seguente viene evidenziata la composizione percentuale del particolato di origine urbana. L'origine urbana riguarda prevalentemente le aree marine remote.

Figura 2 – Composizione percentuale del particolato di origine urbana



Il particolato atmosferico può diffondere la luce del Sole assorbendola e riemettendola in tutte le direzioni; il risultato è che una quantità minore di luce raggiunge la superficie della Terra. Questo fenomeno può determinare effetti locali (temporanea diminuzione della visibilità) e globali (possibili influenze sul clima).

Inoltre la presenza di particolato favorisce la formazione delle nebbie, perché le particelle forniscono alle microscopiche goccioline che formano la nebbia nuclei intorno cui condensarsi.

Il particolato provoca danni ai materiali, come la corrosione dei metalli, danneggiamento ai circuiti elettrici ed elettronici, sia per azione chimica che meccanica, insudiciamento di edifici e opere d'arte, ridotta durata dei tessuti.

La polvere (per esempio quella dei cementifici) può provocare sulle piante delle incrostazioni che interferiscono con il processo di fotosintesi, in quanto intercettano la radiazione solare.

Esse possono provocare aggravamenti di malattie asmatiche, aumento di tosse e persino convulsioni, oltre agli effetti tossici diretti sui bronchi e sugli alveoli polmonari.

## 5 QUALITA' DELL'ARIA - SITUAZIONE ATTUALE

Nel presente studio, allo scopo di determinare lo stato di qualità dell'aria, a livello regionale come a livello locale, sono state ricercate tutte le fonti di informazioni attualmente disponibili, ed in particolare sono stati utilizzati i dati riportati nella seguente documentazione:

- **Valutazione della qualità dell'aria ambiente nel periodo 2000-2002 e classificazione del territorio regionale, ai sensi degli articoli 6, 7, 8 e 9 del Decreto legislativo 351/99** che contiene la seconda "classificazione" del territorio regionale basata sui dati di qualità dell'aria rilevati fino all'anno 2002, permettendo, in coerenza e nel rispetto degli obiettivi europei e nazionali relativi alla qualità dell'aria ambiente da raggiungersi nel 2005 e nel 2010, di sviluppare tempestivamente le azioni regionali di mantenimento e di risanamento, assicurandone il coordinamento con gli altri strumenti di pianificazione settoriale e con gli strumenti di pianificazione degli enti locali.
- **Rapporto sulla qualità dell'aria di Pisa e Provincia**

### 5.1 Valutazione della qualità dell'aria ambiente nel periodo 2000-2002 e classificazione del territorio regionale

Il documento in questione è articolato in 4 capitoli e 6 appendici:

- Capitolo 1 riporta il quadro di riferimento normativo europeo, nazionale e regionale come si è sviluppato dal 2000 ad oggi;
- Capitolo 2 descrive la metodologia ed i criteri impiegati per la classificazione;
- Capitolo 3 illustra la valutazione della qualità dell'aria ambiente in ambito regionale ed i risultati della classificazione;
- Capitolo 4 riporta la valutazione del quadro del rilevamento della qualità dell'aria ambiente, al 2003, ai fini della obbligatorietà della misura;
- Appendice 1 riporta la classificazione per tutti i comuni del territorio regionale ai fini della protezione della salute umana;
- Appendice 2 riporta la classificazione per tutti i comuni del territorio regionale ai fini della protezione degli ecosistemi, della vegetazione e della prevenzione del degrado dei materiali;
- Appendice 3 riporta le caratteristiche e la classificazione delle stazioni pubbliche di monitoraggio della qualità dell'aria sul territorio toscano riferite all'anno 2003;
- Appendice 4 riporta i valori limite, le soglie di allarme e le soglie di valutazione superiore ed inferiore per la protezione della salute umana;
- Appendice 5 sono riportati i riferimenti normativi;

- Appendice 6 riporta il testo della delibera della Giunta Regionale n. 1325 del 15-12-2003 (riportata in dettaglio nel paragrafo seguente), "Preso d'atto della valutazione della qualità dell'aria ambiente ed adozione della classificazione del territorio regionale, i sensi degli art. 6, 7, 8 e 9 del Decreto Legislativo n. 351/99 e del D.M. n. 261/02 - Abrogazione della DGR n. 1406/01" di cui la presente pubblicazione costituisce l'allegato 1

### 5.1.1 Criteri e metodologia della classificazione

La classificazione dei comuni, relativa a ciascuna sostanza inquinante con valori limite determinati, ha portato la loro ripartizione nelle quattro tipologie di zona indicate con le lettere A, B, C e D.

Figura 3 – Criterio di classificazione Regione Toscana

| Tipo di zona | Criterio di classificazione  |
|--------------|--|
| A            | Livelli inferiori ai valori limite: assenza rischio di superamento                               |
| B            | Livelli prossimi ai valori limite: rischio di superamento  |
| C            | Livelli superiori ai valori limite ma inferiori ai margini temporanei di superamento /tolleranza |
| D            | Livelli superiori ai margini di superamento/tolleranza temporanei                                |

Alla classificazione relativa alla protezione della salute (rischio sanitario/esposizione), si è aggiunta quella relativa agli ecosistemi, alla vegetazione ed ai materiali.

I valori limite di qualità dell'aria utilizzati come riferimento per la classificazione sono quelli riportati nel D.M. n. 60/02.

Rispetto alla precedente classificazione è opportuno rilevare che il margine di tolleranza o superamento per le varie sostanze inquinanti si è ridotto progressivamente secondo i criteri previsti dalle norme; di tale fatto si è tenuto di conto nelle tabelle seguenti. La conseguenza nella riduzione progressiva del valore del margine di superamento con l'approssimarsi della data prevista per il rispetto del valore limite, può comportare che, a parità di livello di inquinamento considerato per la precedente classificazione, un comune possa essere classificato come D invece che C.

La classificazione regionale relativamente alla protezione della salute umana è stata effettuata secondo gli schemi riportati nelle figure seguenti per ogni tipologia di inquinante.

Figura 4 – Limiti biossido di zolfo per zona

| Biossido di zolfo - SO <sub>2</sub> |   |                                 |  | D.M. n. 60/02                   |
|-------------------------------------|---|---------------------------------|--|---------------------------------|
| Classificazione<br>Zona             | Concentrazione su<br>24 ore                                       | Valori di riferimento           |  | N°<br>Superamenti<br>consentiti |
|                                     |   | N°<br>Superamenti<br>consentiti | Concentrazione<br>oraria   |                                 |
| A                                   | Valore < 75 mg/m <sup>3</sup> (*)                                 | -                               |  |                                 |
| B                                   | 75 mg/m <sup>3</sup> (*) ≤ Valore <<br>125 mg/m <sup>3</sup> (**) | 3                               |  |                                 |
| C                                   | Valore ≥ 125 mg/m <sup>3</sup> (**)                               |                                 | 350 mg/m <sup>3</sup> (**) ≤ Valore<br>< 440 mg/m <sup>3</sup> (***) | 24                              |
| D                                   |   | -                               | Valore ≥ 440 mg/m <sup>3</sup> (***)                                 |                                 |

(\*) Soglia di valutazione superiore  
(\*\*) Valore limite  
(\*\*\*) Valore limite + Margine di tolleranza al 1-1-2002

Figura 5 – Limiti Biossido di Azoto per zona

| Biossido di azoto NO <sub>2</sub> |  |                                 |  | D.M. n. 60/02                   |
|-----------------------------------|--|---------------------------------|--|---------------------------------|
| Classificazione<br>Zona           | Concentrazione<br>oraria                                       | Valori di riferimento           |  | N°<br>Superamenti<br>consentiti |
|                                   |  | N°<br>Superamenti<br>consentiti | Concentrazione<br>annua  |                                 |
| A                                 | Valore < 140 mg/m <sup>3</sup>                                 | -                               | Valore < 32 mg/m <sup>3</sup> (*)                                  |                                 |
| B                                 | 140 mg/m <sup>3</sup> (*) ≤ Valore<br>< 200 mg/m <sup>3</sup>  | -                               | 32 mg/m <sup>3</sup> (*) ≤ Valore<br>< 40 mg/m <sup>3</sup> (**)   |                                 |
| C                                 | 200 mg/m <sup>3</sup> (**) ≤ Valore<br>< 280 mg/m <sup>3</sup> | 18                              | 40 mg/m <sup>3</sup> (**) ≤ Valore <<br>56 mg/m <sup>3</sup> (***) |                                 |
| D                                 | Valore ≥ 280 mg/m <sup>3</sup>                                 | -                               | Valore ≥ 56 mg/m <sup>3</sup> (***)                                |                                 |

(\*) Soglia di valutazione superiore  
(\*\*) Valore limite  
(\*\*\*) Valore limite + Margine di tolleranza al 1-1-2002

Figura 6- Limiti materiale particolato fine 1 fase per zona

| Materiale particolato fine - PM <sub>10</sub> Fase 1 - |  |  | D.M. n. 60/02  |
|--|--|--|--|
| Classificazione<br>Zona                                | Concentrazione<br>su 24 ore                                  | Valori di riferimento<br>N°<br>superamenti<br>consentiti | Concentrazione<br>annua  |
| A  | Valore < 30 mg/m <sup>3</sup>                                | 7  | Valore < 14 mg/m <sup>3</sup> (*)                                    |
| B  | 30 mg/m <sup>3</sup> (*) ≤ Valore<br>< 50 mg/m <sup>3</sup>  | 7  | 14 mg/m <sup>3</sup> (*) ≤ Valore<br>< 40 mg/m <sup>3</sup> (**)     |
| C  | 50 mg/m <sup>3</sup> (**) ≤ Valore<br>< 65 mg/m <sup>3</sup> | 35   | 40 mg/m <sup>3</sup> (**) ≤ Valore<br>< 44,8 mg/m <sup>3</sup> (***) |
| D  | Valore ≥ 65 mg/m <sup>3</sup>                                | -  | Valore ≥ 44,8 mg/m <sup>3</sup> (***)                                |

(\*) Soglia di valutazione superiore  
(\*\*) Valore limite  
(\*\*\*) Valore limite + Margine di tolleranza al 1-1-2002

Figura 7 – Limiti materiale particolato fine 2 fase per zona

| Materiale particolato fine - PM <sub>10</sub> Fase 2 - |  |  | D.M. n. 60/02  |
|--|--|--|--|
| Classificazione<br>Zona                                | Concentrazione<br>su 24 ore                                  | Valori di riferimento<br>N°<br>Superamenti<br>consentiti | Concentrazione<br>annua  |
| A  | Valore < 30 mg/m <sup>3</sup>                                | 7  | Valore < 14 mg/m <sup>3</sup> (*)                                  |
| B  | 30 mg/m <sup>3</sup> (*) ≤ Valore<br>< 50 mg/m <sup>3</sup>  | 7  | 14 mg/m <sup>3</sup> (*) ≤ Valore<br>< 20 mg/m <sup>3</sup> (**)   |
| C  | 50 mg/m <sup>3</sup> (**) ≤ Valore<br>< 75 mg/m <sup>3</sup> | 7  | 20 mg/m <sup>3</sup> (**) ≤ Valore<br>< 30 mg/m <sup>3</sup> (***) |
| D  | Valore ≥ 75 mg/m <sup>3</sup>                                | -  | Valore ≥ 30 mg/m <sup>3</sup> (***)                                |

(\*) Soglia di valutazione superiore  
(\*\*) Valore limite  
(\*\*\*) Valore limite + Margine di tolleranza al 1-1-2002

Figura 8 – Limiti piombo per zona

| <b>Piombo - Pb -</b>        |   | <b>D.M. n.60/02</b> |
|-----------------------------|---|---------------------|
| <b>Classificazione Zona</b> | <b>Valori di riferimento</b>                                      |                     |
|                             | <b>Concentrazione annua</b>                                       |                     |
| A                           | Valore < 0,35 mg/m <sup>3</sup> (*)                               |                     |
| B                           | 0,35 mg/m <sup>3</sup> (*) ≤ Valore < 0,5 mg/m <sup>3</sup> (**)  |                     |
| C                           | 0,5 mg/m <sup>3</sup> (**) ≤ Valore < 0,8 mg/m <sup>3</sup> (***) |                     |
| D                           | Valore ≥ 0,8 mg/m <sup>3</sup> (***)                              |                     |

(\*) Soglia di valutazione superiore  
(\*\*) Valore limite  
(\*\*\*) Valore limite + Margine di tolleranza al 1-1-2002

Figura 9 – Limiti Ossido di Carbonio per zona

| <b>Ossido di carbonio - CO -</b> |   | <b>D.M. n. 60/02</b> |
|----------------------------------|---|----------------------|
| <b>Classificazione Zona</b>      | <b>Valori di riferimento</b>                                    |                      |
|                                  | <b>Media trascinata sulle 8 ore</b>                             |                      |
| A                                | Valore < 7 mg/m <sup>3</sup> (*)                                |                      |
| B                                | 7 mg/m <sup>3</sup> (*) ≤ Valore < 10 mg/m <sup>3</sup> (**)    |                      |
| C                                | 10 mg/m <sup>3</sup> (**) ≤ Valore < 16 mg/m <sup>3</sup> (***) |                      |
| D                                | Valore ≥ 16 mg/m <sup>3</sup> (***)                             |                      |

(\*) Soglia di valutazione superiore  
(\*\*) Valore limite  
(\*\*\*) Valore limite + Margine di tolleranza al 1-1-2002

Figura 10 – Limiti Benzene per zona

| <b>Benzene - C<sub>6</sub>H<sub>6</sub> -</b> |  | <b>D.M. n.60/02</b> |
|---|--|---------------------|
| <b>Classificazione Zona</b>                   | <b>Valori di riferimento</b>                                   |                     |
|   | <b>Concentrazione annua</b>                                    |                     |
| A   | Valore < 3.5 mg/m <sup>3</sup> (*)                             |                     |
| B   | 3.5 mg/m <sup>3</sup> (*) ≤ Valore < 5 mg/m <sup>3</sup> (**)  |                     |
| C   | 5 mg/m <sup>3</sup> (**) ≤ Valore < 10 mg/m <sup>3</sup> (***) |                     |
| D   | Valore ≥ 10 mg/m <sup>3</sup> (***)                            |                     |

(\*) Soglia di valutazione superiore  
(\*\*) Valore limite  
(\*\*\*) Valore limite + Margine di tolleranza al 1-1-2002

Figura 11 – Limiti Ozono per zona

| <b>Ozono - O<sub>3</sub> - Direttiva 2002/3/CE</b> |  |   |
|--|--|---|
| <b>Classificazione Zona</b>                        | <b>Valore riferimento<br/>Media trascinata di 8 ore<br/>nel giorno</b> | <b>N° superamenti<br/>consentiti</b>              |
| B  | Valore < 120 mg/m <sup>3</sup> (*)                                     | 25 giorni per anno civile come<br>media su 3 anni |
| C  | Valore ≥ 120 mg/m <sup>3</sup> (*)                                     |   |

(\*) Valore bersaglio

La classificazione regionale, relativamente alla protezione degli ecosistemi e della vegetazione è stata effettuata secondo quanto riportato nelle seguenti figure.

Figura 12 – Limiti Biossido di Zolfo per zona per la protezione degli ecosistemi

| <b>Biossido di zolfo - SO<sub>2</sub> (per la protezione degli ecosistemi) -</b> |   | <b>D.M. n. 60/02</b> |
|--|---|----------------------|
| <b>Classificazione Zona</b>  | <b>Valori di riferimento:<br/>Anno civile e inverno (1° ottobre 31 marzo)</b> |                      |
| A  | Valore < 12 mg/m <sup>3</sup> (*)   |                      |
| B  | 12 mg/m <sup>3</sup> (*) ≤ Valore < 20 mg/m <sup>3</sup> (**)                 |                      |
| C  | Valore ≥ 20 mg/m <sup>3</sup> (**)  |                      |

(\*) Soglia di valutazione superiore  
(\*\*) Valore limite

Figura 13 – Limiti Ossidi di Azoto per zona per la protezione della vegetazione

| <b>Ossidi di azoto - NO<sub>x</sub> (per la protezione della vegetazione) -</b> |   | <b>D.M. n. 60/02</b> |
|---|---|----------------------|
| <b>Classificazione Zona</b>   | <b>Valori di riferimento<br/>Concentrazione su 24 ore</b>     |                      |
| A   | Valore < 24 mg/m <sup>3</sup> (*)                             |                      |
| B   | 24 mg/m <sup>3</sup> (*) ≤ Valore < 30 mg/m <sup>3</sup> (**) |                      |
| C   | Valore ≥ 30 mg/m <sup>3</sup> (**)                            |                      |

(\*) Soglia di valutazione superiore  
(\*\*) Valore limite

Figura 14– Limiti Ozono per zona per la protezione della vegetazione

| <b>Ozono - O<sub>3</sub> (per la protezione della vegetazione)</b> |   | <b>Direttiva 2002/3/CE</b> |
|--|---|----------------------------|
| <b>Classificazione Zona</b>  | <b>Valori di riferimento<br/>AOT40 calcolato sulla base dei valori di 1 ora tra maggio e luglio</b> |                            |
| B  | Valore < 18000 mg/m <sup>3</sup> come media su 5 anni(*)  |                            |
| C  | Valore ≥ 18000 mg/m <sup>3</sup> come media su 5 anni(*)  |                            |

(\*) Valore bersaglio

La classificazione regionale, relativamente alla protezione dei materiali è stata effettuata secondo lo schema riportato nella figura seguente.

Figura 15 – Limiti Ozono per zona per la protezione e degrado dei materiali

| Ozono - O <sub>3</sub> (per la protezione dei materiali) - Direttiva 2002/3/CE |  |
|--|--|
| Classificazione Zona   | Valori di riferimento<br>Media annuale |
| B  | Valore < 40 mg/m <sup>3</sup> (*)      |
| C  | Valore ≥ 40 mg/m <sup>3</sup> (*)      |

(\*) Valore limite

### 5.1.2 Qualità dell'aria secondo la classificazione regionale

Con i dati ottenuti dalle reti di monitoraggio fisse ed effettuando campagne con mezzi mobili si è provveduto alla valutazione della qualità dell'aria e la classificazione del territorio regionale.

Di seguito, per i 6 inquinanti normati dal D.M. n. 60/02 e per l'ozono ai sensi della direttiva 2002/3/CE, si riporta una breve valutazione dello stato della qualità dell'aria per il periodo 2000-2002 ed i risultati della nuova classificazione effettuata secondo la metodologia descritta nel capitolo precedente.

#### 5.1.2.1 *Lo stato della qualità dell'aria ambiente e la classificazione dei comuni relativa il biossido di zolfo (SO<sub>2</sub>)*

Le misurazioni effettuate mostrano livelli di concentrazione di SO<sub>2</sub> in diminuzione con valori ormai molto lontani dai valori limite previsti dalla normativa e da rispettarsi dal 1° gennaio 2005. In particolare in nessuna postazione è stato rilevato un numero di superamenti del valore di 350 mg/m<sup>3</sup> (concentrazione media oraria) e di 125 mg/m<sup>3</sup> (concentrazione media giornaliera) superiore al numero consentito dalla normativa (24 e 3, rispettivamente).

Sulla scorta delle informazioni relative allo stato della qualità dell'aria e delle ulteriori informazioni utili e previste dalla metodologia adottata si è proceduto alla nuova classificazione del territorio regionale. I risultati della classificazione mostrano che solo 3 comuni, tutti nella provincia di Livorno, sono stati individuati in classe B con una popolazione, pari a circa il 6% della popolazione regionale. I risultati della classificazione confermano una situazione sostanzialmente positiva. Infatti i livelli di concentrazione misurati sono molto al di sotto dei valori limite sia di breve che di lungo periodo. Per quanto concerne la Provincia di Pisa e quindi il comune si ha che la totalità del territorio è in individuato in classe A.

### ***5.1.2.2 Lo stato di qualità dell'aria ambiente e la classificazione relativa al biossido di azoto (NO<sub>2</sub>)***

Le concentrazioni medie annue di biossido di azoto non evidenziano variazioni significative negli anni superando, nelle aree urbane dei capoluoghi di provincia, il valore limite annuo pari a 40 µg/m<sup>3</sup> anche in misura superiore al 100%. Relativamente al numero dei superamenti consentiti nell'anno (18), del valore limite orario pari a 200 µg/m<sup>3</sup>, questi si sono verificati prevalentemente nel territorio del Comune di Firenze.

I risultati della classificazione mostrano che 11 comuni sono stati individuati in classe C con una popolazione residente complessiva che rappresenta oltre il 23% della popolazione regionale, che aumenta al 25% se si considera la sola popolazione residente nelle aree urbanizzate. Quattro comuni, Montemurlo, Poggio a Caiano, Firenze ed Empoli, sono stati inseriti in classe D, con una popolazione residente complessiva che rappresenta oltre il 12% della popolazione regionale, che aumenta al 14% se si considera la sola popolazione residente nelle aree urbanizzate.

Rispetto alla precedente classificazione il numero dei comuni con superamento dei valori limite è quasi raddoppiato passando da 8 ai 15. Questo aumento è parzialmente spiegabile dall'incremento avuto in questi ultimi anni del numero dei siti di rilevamento per tale inquinante, sia con la copertura di nuove aree (reti delle Amministrazioni provinciali di Pistoia e Siena), sia con l'aumento del numero di postazioni in comuni con importanti centri urbani.

L'aumento del numero dei comuni classificati C e D sulla base dei livelli di concentrazione misurati, non indica, necessariamente, un trend negativo delle concentrazioni di tale inquinante rispetto alla precedente classificazione.

Il progressivo rinnovo del parco veicolare con motorizzazioni più evolute, che rappresenta circa il 50% delle emissioni totali di ossidi di azoto, gli interventi di manutenzione sugli impianti termici civili e le misure dei comuni per il miglioramento della mobilità urbana, dovrebbero comunque portare ad una futura evoluzione positiva dei livelli di tale inquinante, in particolare nei centri urbani.

Nonostante che le stime di emissione degli ossidi di azoto per il 2000 indichino un decremento rispetto a quelle del 1995, allo stato attuale, per i livelli in atmosfera del biossido di azoto, non è ancora visibile un chiaro trend annuale decrescente.

Per quanto concerne il territorio della Provincia di Pisa si ha che il 57,3 % della popolazione ricade nella zona A, il 3,0 % in zona B mentre il rimanente 39,8 % incluso il comune in zona C.

### ***5.1.2.3 Lo stato di qualità dell'aria ambiente e la classificazione relativa al piombo (Pb)***

I livelli di concentrazione in aria ambiente del Piombo, a seguito del divieto di vendita della benzina super dal 1° gennaio 2002, sono ulteriormente diminuiti. Anche se non vengono fatte più misure in siti fissi di tale inquinante, i pochi dati disponibili confermano ampiamente questo quadro estremamente

rassicurante, con i valori di concentrazione ampiamente inferiori al valore limite di  $0,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  espresso come media annua. Tutto il territorio regionale è pertanto inserito in classe A.

#### ***5.1.2.4 Lo stato di qualità dell'aria ambiente e la classificazione relativa al materiale particolato fine ( $\text{PM}_{10}$ ) FASE 1 e FASE 2***

In quasi tutte le postazioni di misura del  $\text{PM}_{10}$  si verificano superamenti del valore limite giornaliero, pari a  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ; il loro numero è spesso ben superiore a quello di 35 consentiti nel corso di un anno, applicabile dal 1° gennaio 2005 (FASE 1).

Tale tendenza è confermata anche dall'andamento delle concentrazioni medie annue che, in molti casi, superano i valori limite da rispettare sia nel 2005 (FASE 1) che nel 2010 (FASE 2), rispettivamente pari a 40 e  $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Sulla scorta delle informazioni relative allo stato della qualità dell'aria e delle ulteriori informazioni utili e previste dalla metodologia adottata si è proceduto alla nuova classificazione del territorio regionale.

Così come nella precedente classificazione, nessun comune è stato inserito in classe A. Tale classificazione, che può essere considerata conservativa, riflette le caratteristiche del  $\text{PM}_{10}$ , in quanto questo inquinante presenta una particolare distribuzione spaziale delle concentrazioni sul territorio.

Relativamente alla FASE 1, ci sono 11 Comuni inseriti in classe C con una popolazione residente complessiva che rappresenta il 12% della popolazione regionale, percentuale che non cambia se si considera la sola popolazione residente in area urbanizzata. I 9 Comuni inseriti in classe D hanno una popolazione residente complessiva che rappresenta circa il 27% della popolazione regionale, valore che aumenta al 29% se si considera la sola popolazione residente in area urbanizzata.

Relativamente alla FASE 2, 4 Comuni risultano individuati in classe C con una popolazione residente complessiva che rappresenta il 7% della popolazione regionale, percentuale che sostanzialmente non cambia considerando la sola popolazione residente in area urbanizzata. Ben 19 comuni sono inseriti in classe D con una popolazione residente complessiva pari a circa il 38% della popolazione regionale, valore che aumenta a quasi il 41% se si considera la sola popolazione residente in area urbanizzata.

Nella 1 fase per quanto concerne il territorio della provincia di Pisa il 61 % della popolazione residente ricade nella classe B il 29 % nella classe C (incluso il comune di Pisa) mentre il 10 % in classe D.

Mentre nella 2 fase il 61 % della popolazione residente ricade nella classe B mentre il 39 % in classe D (incluso il comune di Pisa).

La situazione relativamente a questo inquinante appare critica. In 20 su 23 dei comuni dove vi è misura si hanno valori di concentrazione che superano i valori limite stabiliti nella FASE 1. Relativamente ai valori limite previsti nella FASE 2 il superamento è riscontrato in tutti i comuni dove vi è misurazione.

Questa situazione di sofferenza riscontrata nella regione, è comunque comparabile con quella presente in quasi tutte le altre regioni d'Italia e della U.E.

#### ***5.1.2.5 Lo stato di qualità dell'aria ambiente e la classificazione relativa al monossido di carbonio (CO)***

Le misurazioni effettuate nel corso degli anni non hanno evidenziato particolari variazioni dei livelli di concentrazione di monossido di carbonio sia con riferimento alle medie annue che al numero di superamenti del valore limite espresso come media di otto ore. Il giudizio è generalmente positivo in quanto non si evidenziano superamenti del valore limite.

Anche le recenti installazioni di analizzatori realizzate nelle province di Livorno e Pistoia confermano tale giudizio.

Relativamente a questo inquinante, nessun comune è individuato in classe C, mentre si hanno 8 comuni classificati B con una popolazione residente complessiva pari a circa il 23% della popolazione regionale, valore che aumenta al 45% se si considera la sola popolazione in area urbanizzata.

Rispetto alla precedente classificazione il numero dei comuni in classe B passano da 21 a 8. Questo segnale di miglioramento è sostanzialmente dovuto al naturale rinnovo del parco veicoli circolante (principale fonte di emissione di CO) con l'introduzione di veicoli che rispettano norme sempre più restrittive sulle emissioni (minor emissione specifica di CO per km percorso) ed all'obbligo di interventi generalizzati sulla manutenzione di veicoli e degli impianti di riscaldamento.

Per quanto concerne il territorio della provincia di Pisa il 77 % della popolazione residente ricade nella classe A mentre il 23 % nella classe B (incluso il comune di Pisa).

#### ***5.1.2.6 Lo stato di qualità dell'aria ambiente e la classificazione relativa al benzene (C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>)***

La valutazione della qualità dell'aria nel periodo 2000-02 I livelli di benzene rilevati nel triennio in questione con misure continue in siti fissi, con misure derivanti da campagne e con tecniche di stima oggettiva (correlazioni con CO), non mostrano un chiaro trend decrescente.

Allo stato attuale, sulla base delle poche misure disponibili, i valori limiti sono superati solo nei comuni di Firenze, Grosseto Prato e Livorno.

I risultati della classificazione mostrano che i Comuni di Firenze e Grosseto sono inseriti in classe D, con una popolazione residente complessiva pari ad 12% della popolazione regionale, valore che aumenta leggermente al 13,5% se ci si riferisce alla sola popolazione in area urbanizzata.

I comuni di Prato e di Livorno sono inseriti in classe C, con una popolazione residente complessiva di pari al 9% della popolazione regionale, valore che aumenta leggermente al 10,3% se ci si riferisce alla sola popolazione residente in area urbanizzata. È da notare che dei 34 comuni classificati B, quattro (Arezzo, Empoli, Scandicci e Pisa) lo sono stati sulla base di misure (da postazioni fisse, da campagne, da correlazioni), mentre 30 sono stati indicati in classe B sulla base delle altre informazioni.

Rispetto alla precedente classificazione, la situazione risulta significativamente migliorata essendovi stata una notevole diminuzione dei comuni classificati in C e D.

Si conferma ancora lo stato di sofferenza di alcuni centri urbani, che però deve essere considerato limitato a soli hot spot dovuti a traffico veicolare.

Poiché il benzene è presente nelle benzine, sorgente principale di questo inquinante, in contenuto massimo pari al 1%, un miglioramento decisivo si avrà solamente in conseguenza di un'ulteriore riduzione di tale contenuto percentuale oppure con una diminuzione dei consumi di benzina, in particolare nelle aree urbane. È da evidenziare che la modifica del parco circolante a favore di autovetture diesel a scapito di quelle a benzina, potrà concorrere, per questo inquinante, ad un miglioramento della situazione generale, anche se le motorizzazioni diesel sono più critiche per le emissioni di altri inquinanti.

Per quanto riguarda il territorio della provincia Pisana si ha che il 60 % della popolazione ricade nella classe A mentre il rimanente 40 %, incluso il comune di Pisa, nella classe B.

#### ***5.1.2.7 Ulteriori classificazioni per la protezione degli ecosistemi e della vegetazione***

L'attuale quadro del rilevamento della qualità dell'aria presenta una carenza di stazioni ubicate in aree rurali dedicate al rilevamento della qualità dell'aria ai fini della protezione della vegetazione e degli ecosistemi. La classificazione è stata quindi effettuata sulla base dei dati forniti dalle stazioni di rilevamento ubicate principalmente nelle aree urbane.

Il DM n. 60/02 riporta, in allegato VIII che i punti destinati alla protezione degli ecosistemi o della vegetazione dovrebbero essere ubicati a più di 20 km dagli agglomerati o a più di 5 km da aree edificate o da impianti industriali o autostrade. Ad oggi solo alcuni punti di misura rispettano queste indicazioni. In tal senso sarebbe auspicabile individuare un set di stazioni rispondenti a tali criteri da utilizzare per una migliore valutazione ai fini della protezione degli ecosistemi e della vegetazione.

L'utilizzo per la classificazione anche di stazioni di rilevamento ubicate in aree urbane ad alto traffico, pur non essendo coerente con quanto indicato dalle norme, risponde ad un criterio di cautela nella valutazione degli eventuali effetti nei confronti degli ecosistemi e della vegetazione.

Per quanto riguarda gli ossidi di azoto, i comuni che presentano concentrazioni medie annuali superiori al valore limite per NOx risultano essere 24, con un significativo peggioramento rispetto ai 14 della precedente classificazione.

Per quanto riguarda l'ozono, i comuni che presentano valori di AOT40 superiori al valore limite sono 11. È da notare che nella precedente classificazione questo tipo di valutazione non era stata effettuata per mancanza di dati.

I livelli di concentrazione di biossido di zolfo, ai fini della protezione degli ecosistemi, non presentano variazioni di rilievo, e si mantengono, per tutto il territorio regionale, a livelli significativamente inferiori rispetto ai valori limite.

### **5.1.3 Considerazioni conclusive per tipologia di inquinante**

In questo capitolo vengono analizzate, per ciascuna sostanza inquinante, la necessità di mantenere o meno la misura nelle singole postazioni di rilevamento pubbliche ai fini della protezione della salute umana.

#### ***5.1.3.1 Giudizio sulla obbligatorietà della misura ai fini della protezione della salute umana per il biossido di zolfo (SO<sub>2</sub>)***

Il trend osservato e l'incisività delle norme relative al contenuto di zolfo nei combustibili e carburanti emanate a vario livello per la riduzione delle emissioni e le previsioni di ulteriori misure di contenimento, non evidenziano l'esigenza di incrementare il rilevamento di questo inquinante.

#### ***5.1.3.2 Giudizio sulla obbligatorietà della misura ai fini della protezione della salute umana per il biossido di azoto (NO<sub>2</sub>)***

Le misure per la riduzione delle emissioni di ossidi di azoto hanno stabilizzato i livelli di concentrazione di biossido di azoto osservati negli ultimi anni di rilevamento che rimangono comunque ancora significativi ed, in alcuni casi, ancora elevati.

Nei 256 comuni classificati in zona A le misure non obbligatorie possono essere affiancate e/o sostituite con tecniche di modellizzazione o di stima oggettiva e con campagne discontinue rappresentative almeno per le zone ritenute di interesse.

Si ritiene necessario continuare il monitoraggio del biossido di azoto al livello di numerosità di punti di misura attuali, poiché dall'analisi dei dati risulta che in quasi tutti i siti dove l'inquinante è misurato occorre mantenere tale misura anche per seguirne l'evoluzione collegata alla formazione dell'ozono.

#### ***5.1.3.3 Giudizio sulla obbligatorietà della misura ai fini della protezione della salute umana per il piombo (Pb)***

Il determinante effetto operato dalle norme di qualità dei carburanti in relazione al contenimento delle emissioni di piombo, evidenzia come non esistano ulteriori importanti esigenze di misura e conoscenza. Questo fatto è dimostrato anche dai risultati della classificazione che individuano tutto il territorio regionale in zone di tipo A.

#### ***5.1.3.4 Giudizio sulla obbligatorietà della misura ai fini della protezione della salute umana per il particolato fine (PM<sub>10</sub>)***

Il generale superamento dei valori limite fissati dal D.M. n. 60/02 da rispettarsi dal 1° gennaio 2005 e i trend osservati, evidenziano, anche alla luce dei risultati della classificazione in cui tutti i comuni sono stati individuati in zone B, C e D, quanto sia essenziale ed importante estendere la base conoscitiva per questo inquinante (anche in previsione del raggiungimento dei valori limite più restrittivi previsti per il 1° gennaio 2010).

### **5.1.3.5 Giudizio sulla obbligatorietà della misura ai fini della protezione della salute umana per il monossido di carbonio (CO)**

Il monossido di carbonio non presenta più livelli di concentrazione critici in nessun punto del territorio regionale. Il trend in decremento dei livelli di concentrazione osservati per questo inquinante e le ulteriori previsioni di riduzione delle sue emissioni messe in atto dalle norme di attuale e prossima implementazione mostrano come non sussista la necessità di estendere le misure in altre aree urbane del territorio regionale. Quindi, anche nei 13 comuni classificati di tipo B occorre perseguire il duplice obiettivo di migliorare la qualità del rilevamento e di ridurre progressivamente i punti di misura.

I valori di qualità dell'aria indicano che la misura di questo inquinante è da ritenersi obbligatoria solo nei Comuni di Firenze, Lucca, Viareggio e Pisa limitatamente alle stazioni classificate come Urbana Traffico e nel comune di Grosseto. In generale, si osserva che le stazioni di classificate come di Fondo, sia di area Urbana che Rurale o Periferica, presentano livelli di concentrazione tali da non rendere necessaria la misura di tale inquinante.

### **5.1.3.6 Giudizio sulla obbligatorietà della misura ai fini della protezione della salute umana per il benzene (C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>)**

Gli interventi europei, e in particolare nazionali, di riduzione del contenuto di benzene nelle benzine hanno inizialmente ridotto i livelli di benzene nelle aree urbane, successivamente si è verificato un sostanziale consolidamento di tali livelli di concentrazione. Quindi, nelle aree urbane ad elevato traffico veicolare, si rilevano valori di concentrazione elevati, in specie mediati su tempi brevi (medie giornaliere nei cosiddetti hot spot), e, in alcuni casi, i valori medi annuali sono superiori al valore limite aumentato del margine di superamento.

I risultati della classificazione mostrano l'esigenza di mantenere l'attuale consistenza del monitoraggio nei comuni identificati come zone di tipo B, C e D, mentre nei rimanenti 244 comuni di tipo A le misure possono essere condotte con campagne limitate nel tempo e in modo discontinuo in ambiti urbani rappresentativi di situazioni comuni.

## **5.2 Rapporto sulla qualità dell'aria del comune di Pisa**

Le informazioni riportate nel seguente paragrafo sono desunte dal "Rapporto annuale sulla qualità dell'aria nel Comune di Pisa -Dati 2002", documento predisposto dall'Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente della Toscana (ARPAT). I dati si riferiscono alle osservazioni dell'anno 2002. Si riportano altresì i dati relativi al riepilogo medio annuo (ARPAT di Pisa) per gli anni 2003 e 2004.

### 5.2.1 Rete di monitoraggio

Nel territorio del comune di Pisa sono presenti 6 stazioni fisse, di proprietà dell'Amministrazione Provinciale, facenti parte della rete pubblica di monitoraggio della qualità dell'aria, gestita da ARPAT tramite il Dipartimento provinciale di Pisa.

Si riporta nella tabella seguente una descrizione delle sei postazioni in termini di localizzazione e tipologia di destinazione urbana.

Tabella 4 – Stazioni di misura e monitoraggio inquinanti Comune di Pisa

| Le stazioni fisse di misura nel territorio del Comune di Pisa anno 2002 |      |                          |                   |                          |                         |                          |                         |
|---|------|--------------------------|-------------------|--------------------------|-------------------------|--------------------------|-------------------------|
| Nome stazione   | rete | tipo zona                | tipo stazione     |                          | localizzazione stazione |                          | quota s.l.m.<br>(metri) |
|   |      | Decisione<br>2001/752/CE | DM<br>20/5/<br>91 | Decisione<br>2001/752/CE | distanza<br>strada (m)  | distanza<br>semaforo (m) |                         |
| Borghetto   | PUB  | URBANA                   | B                 | TRAFFICO                 | 4                       |                          | NONNOTA                 |
| Matilde   | PUB  | URBANA                   | C                 | TRAFFICO                 | 1                       | 2                        | NONNOTA                 |
| Guerrazzi   | PUB  | URBANA                   | C                 | TRAFFICO                 | 2                       | 200                      | NONNOTA                 |
| Fazio   | PUB  | URBANA                   | B                 | TRAFFICO                 | 2                       | 300                      | NONNOTA                 |
| Scotto  | PUB  | URBANA                   | A                 | FONDO                    |                         |                          | NONNOTA                 |
| Passi   | PUB  | SUBURBANA                | D                 | FONDO                    | 8                       |                          | NONNOTA                 |

La composizione della Rete è sintetizzata in tabella 5, ove si evidenziano per ciascuna postazione gli inquinanti monitorati.

Tabella 5 – Stazioni di misura e inquinanti monitorati Comune di Pisa

| Stazione  | CO | NOx | BTX | PM <sub>10</sub> | OZONO | METEO |
|-----------|----|-----|-----|------------------|-------|-------|
| Borghetto | X  | X   | X   | X                |       |       |
| Matilde   | X  | X   |     |                  |       |       |
| Guerrazzi | X  | X   |     |                  |       |       |
| Fazio     |    | X   |     | X                |       |       |
| Scotto    | X  |     |     |                  | X     |       |
| Passi     |    | X   |     |                  | X     | X     |

Ai fini della valutazione della qualità dell'aria su base annua, per ogni stazione ed inquinante, l'insieme dei dati raccolti viene considerato significativo quando il rendimento strumentale è almeno pari al 90%. Il rendimento strumentale è calcolato come percentuale di dati validati rispetto al totale teorico. Nella tabella 6 sono riportati i rendimenti annuali delle postazioni fisse, per ciascun inquinante monitorato.

Tabella 6 – Rendimenti annuali degli analizzatori Comune di Pisa

| <b>Rendimenti annuali (%) degli analizzatori delle postazioni fisse</b> |           |                       |            |                        |              |
|---|-----------|-----------------------|------------|------------------------|--------------|
| <b>Stazione</b>   | <b>CO</b> | <b>NO<sub>x</sub></b> | <b>BTX</b> | <b>PM<sub>10</sub></b> | <b>OZONO</b> |
| Borghetto   | 94        | 94                    | 97         | 98                     |              |
| Matilde   | 96        | 96                    |            |                        |              |
| Guerrazzi   | 99        | 99                    |            |                        |              |
| Fazio   |           | 91                    |            | 88                     |              |
| Scotto  | 99        |                       |            |                        | 97           |
| Passi   |           | 97                    |            |                        | 94           |

I rendimenti strumentali sono quasi tutti superiori al 90%, tranne per le polveri misurate nella stazione di Fazio, che ha risentito delle frequenti interruzioni di corrente. Poiché i periodi di fermo non sono stati consecutivi pertanto è ragionevole considerare comunque le misure rappresentative dell'intero anno. I restanti analizzatori hanno avuto soltanto degli sporadici fermi giornalieri generalmente della durata di alcune ore.

### 5.2.2 Valutazione della qualità dell'aria

È stata effettuata la valutazione della qualità dell'aria sulla scorta dei dati raccolti dalle postazioni fisse della rete di monitoraggio. Nella tabella 7 è riportata l'indicazione del livello medio annuale registrato per ciascun inquinante da ogni singola stazione di misura. Nella tabella 8 è riportata la casistica degli episodi acuti di inquinamento atmosferico (DM 25/11/94) verificatisi nell'intero anno, con i superamenti dei livelli di attenzione e di allarme delle singole postazioni.

Tabella 7 – Concentrazioni medie annuali Comune di Pisa

| <b>Le concentrazioni medie annuali nell'anno 2002</b> |                                |  |                        |                                      |  |
|---|--------------------------------|--|------------------------|--------------------------------------|--|
| <b>stazioni</b>                                       | <b>CO<br/>mg/m<sup>3</sup></b> | <b>NO<sub>2</sub><br/>µg/m<sup>3</sup></b> | <b>Ozono<br/>µg/mc</b> | <b>Benzene*<br/>µg/m<sup>3</sup></b> | <b>PM<sub>10</sub>*<br/>µg/m<sup>3</sup></b> |
| Borghetto   | 1.4                            | 42   |                        | 3.1                                  | 30   |
| Matilde   | 1.5                            | 48   |                        |                                      |  |
| Guerrazzi   | 1.2                            | 46   |                        |                                      |  |
| Fazio   |                                | 47   |                        |                                      | 40   |
| Scotto  | 0.7                            |  | 33                     |                                      |  |
| Passi   |                                | 20   | 44                     |                                      |  |

\*media giornaliera

Tabella 8 – Episodi di inquinamento Comune di Pisa

### Gli episodi acuti di inquinamento atmosferico nell'anno 2002

| stazione  | NO <sub>2</sub> |        | CO     |        | O <sub>3</sub> |        |       |       |
|-----------|-----------------|--------|--------|--------|----------------|--------|-------|-------|
|           | gg att          | gg all | gg att | gg all | gg att         | gg all | gg 8h | gg24h |
| Borghetto | 0               | 0      | 0      | 0      |                |        |       |       |
| Matilde   | 0               | 0      | 0      | 0      |                |        |       |       |
| Guerrazzi | 0               | 0      | 0      | 0      |                |        |       |       |
| Fazio     | 0               | 0      |        |        |                |        |       |       |
| Scotto    |                 |        | 0      | 0      | 0              | 0      | 6     | 0     |
| Passi     | 0               | 0      |        |        | 0              | 0      | 46    | 0     |
| Oratoio   | 0               | 0      |        |        |                |        |       |       |

Lo stato di attenzione/allarme nel territorio di Pisa non è mai stato raggiunto ai sensi del DM 25/11/94 in quanto le concentrazioni orarie di biossido d'azoto e monossido di carbonio non hanno mai superato i rispettivi livelli di attenzione (15 mg/m<sup>3</sup> per CO, 200 µg/m<sup>3</sup> per NO<sub>2</sub>, anzi sono sempre state sensibilmente inferiori agli stessi. Si sono verificati superamenti per l'Ozono secondo il DM 16/05/96 relativamente alla media mobile su otto ore (110 µg/m<sup>3</sup>).

La tabella 2.3 riporta i valori dei parametri statistici atti a verificare il rispetto o meno dei valori limite (DPCM 28.03.83, DPR 203/88) e dei valori obiettivo (DM 24/11/94) nell'anno 2002.

Non si è verificata violazione dei suddetti limiti solo per l'inquinante PM<sub>10</sub>. Nella stazione di Fazio la media annua ha uguagliato il valore obiettivo (40 µg/m<sup>3</sup>).

Tabella 9 – Confronto valori limite e i valori obiettivo Comune di Pisa

### Confronto con i valori limite e i valori obiettivo nell'anno 2002

| inquinante e parametri        |  | stazioni  |         |           |       |        |       |
|-------------------------------|--|-----------|---------|-----------|-------|--------|-------|
|                               |  | Borghetto | Matilde | Guerrazzi | Fazio | Scotto | Passi |
| NO <sub>2</sub>               | 98° percentile (200 µg/m <sup>3</sup> )                | 90        | 112     | 97        | 104   |        | 57    |
| CO                            | n° ore con conc. media oraria ≥ 40 mg/m <sup>3</sup>   | 0         | 0       | 0         |       | 0      |       |
|                               | n° ore con conc. media di 8 ore ≥ 10 mg/m <sup>3</sup> | 0         | 0       | 0         |       | 0      |       |
| O <sub>3</sub>                | n° mesi con più di una conc media oraria ≥ 200 µg/mc   |           |         |           |       | 0      | 0     |
| PM <sub>10</sub>              | media anno (40 µg/m <sup>3</sup> )                     | 30        |         |           | 40    |        |       |
| C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> | media anno (10 µg/mc)                                  | 3.1       |         |           |       |        |       |

Nonostante il legislatore italiano abbia disposto in via transitoria (art. 14 del D.Lgs. 351/1999) che restino in vigore i valori limite e i valori obiettivo fissati dalla normativa precedente, si ritiene utile ai fini della predisposizione di interventi di contenimento e prevenzione dell'inquinamento atmosferico dare un quadro della situazione attuale anche alla luce dei nuovi valori limite, che dovranno essere

rispettati nei prossimi anni. Nella tabella 10 sono confrontati i valori obiettivo, definiti dal DM 60/02, che devono essere conseguiti entro il 2005 per alcuni inquinanti (PM<sub>10</sub> e monossido di carbonio) e 2010 per gli altri (ossidi d'azoto, benzene). Dal confronto emerge che i valori limite, considerate le tolleranze previste per l'anno 2002, non risultano rispettati per il seguente inquinante: gli Ossidi d'Azoto hanno superato il valore medio annuale previsto a protezione della vegetazione

I valori limite, considerate le tolleranze previste per l'anno 2002, non risultano rispettati per l'ozono. Occorre tuttavia precisare che, secondo la normativa comunitaria, la misura dell'ozono dovrebbe essere effettuata in una stazione di tipo rurale. Nessuna delle due stazioni in cui tale inquinante si misura rispetta questa condizione, fra le due misure comunque quella effettuata in zona suburbana Passi si ritiene più rispondente alla richieste della normativa.

Tabella 10 – Rispetto valori limite e obiettivo (DM 60/2002) anno 2002 Comune di Pisa

| inquinante e parametro        |   | stazioni  |         |           |       |        |       |
|-------------------------------|---|-----------|---------|-----------|-------|--------|-------|
|                               |   | Borghetto | Matilde | Guerrazzi | Fazio | Scotto | Passi |
| NO <sub>2</sub>               | protezione salute umana<br>(media 1h $\geq 200+80 \mu\text{g}/\text{m}^3$ non più di 18 volte/anno) | sì        | sì      | sì        | sì    |        | sì    |
|                               | protezione salute umana<br>(media anno $\leq 40+16 \mu\text{g}/\text{m}^3$ )                        | sì        | sì      | sì        | sì    |        | sì    |
| NO <sub>x</sub>               | protezione ecosistemi<br>(media anno $\leq 30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ )                             | no        | no      | no        | no    |        | no    |
|                               | protezione salute umana<br>(media 24h $\geq 50+15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ non più di 35 volte/anno) | sì        |         |           | sì    |        |       |
| PM <sub>10</sub>              | protezione salute umana<br>(media anno $\leq 40+ 4.8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ )                      | sì        |         |           | sì    |        |       |
|                               | protezione salute umana<br>(media anno $\leq 5+ 5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ )                         | sì        |         |           |       |        |       |
| C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> | protezione salute umana<br>(max media 8h $\leq 10+6 \text{mg}/\text{m}^3$ )                         | sì        | sì      | sì        |       | sì     |       |

Si = rispetto di "valore limite + tolleranza", No = violazione di "valore limite + tolleranza"

Tabella 11 – Rispetto valori limite e obiettivo (DM 60/2002) per l'ozono Comune di Pisa

| inquinante e parametro |  | stazioni  |         |           |       |        |       |
|------------------------|--|-----------|---------|-----------|-------|--------|-------|
|                        |  | Borghetto | Matilde | Guerrazzi | Fazio | Scotto | Passi |
| O <sub>3</sub>         | protezione salute umana<br>(max media $\leq 120 \text{mg}/\text{m}^3$ da non superare più di 20 gg/anno mediando su ultimi 3 anni) |           |         |           |       | sì*    | no    |
|                        | protezione vegetazione<br>(AOT40 mag-lug $\leq 17 \text{mg}/\text{m}^3\text{h}$ mediando su ultimi 5 anni)                         |           |         |           |       | sì*    | no    |

Si = rispetto di "valore limite + tolleranza", No = violazione di "valore limite + tolleranza"

\*media sugli ultimi due anni

### 5.2.3 Andamenti temporali degli inquinanti atmosferici

Il presente paragrafo sintetizza l'andamento degli inquinanti aerodispersi nel corso dell'anno sull'intera area, in relazione ai fattori antropici e meteorologici occorsi, e confronta i livelli attuali con quelli degli ultimi 5 anni.

Nel caso di reti di rilevamento di centri urbani di grandi dimensioni o di aree metropolitane, costituite da un elevato numero di stazioni, la lettura dei dati e dei relativi trend per ogni inquinante e ogni singola stazione è stata elaborata attraverso l'utilizzo di indicatori sintetici che rappresentano in modo sintetico, ma completo, l'evoluzione della qualità dell'aria nel territorio che la rete sottende. L'obiettivo è ottenere un quadro generale di quella che è la situazione complessiva dell'area in questione. Ciò riveste un duplice significato: da un lato permette di evidenziare con chiarezza le maggiori criticità e la tipologia di area interessata, dall'altro risulta essere uno strumento decisivo nel processo di valutazione dei risultati ottenuti a seguito dell'adozione di provvedimenti per la riduzione dei livelli di inquinamento.

Nella tabella 12 sono sintetizzati, per gli ultimi 5 anni, i valori esistenti degli indicatori sintetici di lungo periodo scelti per ciascun inquinante e per ogni stazione. Per gli stessi anni, in tabella 13 sono confrontate le frequenze di accadimento degli stati di attenzione e allarme ai sensi del DM 24.11.94 occorsi sul territorio, al fine di individuare una tendenza anche relativamente ai livelli acuti di inquinamento.

Tabella 12 – Indicatori sintetici Comune di Pisa

| Indicatori sintetici di qualità dell'aria negli anni dal 1998 al 2002 |   |                         |             |             |             |             |           |
|---|---|-------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-----------|
|   | parametri   | stazioni di riferimento | anno - 1998 | anno - 1999 | anno - 2000 | anno - 2001 | anno 2002 |
| NO <sub>2</sub>   | 98° percentile concentrazioni medie orarie nell'anno (µg/m <sup>3</sup> ) | Borghetto               | 105         | 100         | 97          | 86          | 90        |
|   |   | Matilde                 | 136         | 126         | 95          | 110         | 112       |
|   |   | Guerrazzi               | 101         | ---         | ---         | 87          | 97        |
|   |   | Fazio                   | 115         | 140         | 114         | 119         | 104       |
|   |   | Passi                   | 63          | 51          | 64          | 60          | 57        |
| CO  | massima concentrazione media di 8 ore nell'anno (mg/m <sup>3</sup> )      | Borghetto               | ---         | ---         | ---         | 6.3         | 9.1       |
|   |   | Matilde                 | 11.4        | 8.2         | 6.8         | 6.1         | 6.5       |
|   |   | Guerrazzi               | 12.6        | 7.7         | 6.6         | 6.4         | 6.2       |
|   |   | Fazio                   | 9.2         | 6.8         | ---         | ---         | ---       |
|   |   | Scotto                  | 6.2         | 5.0         | 4.1         | 3.2         | 3.6       |
| PM <sub>10</sub>  | concentrazione media annuale (µg/m <sup>3</sup> )                         | Borghetto               | 44          | 42          | 36          | 29          | 30        |
|   |   | Fazio                   | 40          | 36          | 36          | 39          | 40        |
| O <sub>3</sub>  | concentrazione media estiva (giu-ago) (µg/m <sup>3</sup> )                | Passi                   | 62          | 78          | 78          | 74          | 66        |
|   |   | Scotto                  | 66          | 57          | ---         | 62          | 54        |
| O <sub>3</sub>  | quantità di ore/anno concentrazioni medie orarie ≥ 200 µg/m <sup>3</sup>  | Passi                   | 0           | 2           | 3           | 0           | 0         |
|   |   | Scotto                  | 0           | 0           | 0           | 0           | 0         |
| C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>   | concentrazione media annuale (µg/m <sup>3</sup> )                         | Borghetto               | ---         | ---         | ---         | 3.6         | 3.1       |
|   |   | Fazio                   | 5.7         | ---         | ---         | ---         | ---       |
|   |   | Guerrazzi               | 8.1         | 5.0         | 4.8         | ---         | ---       |

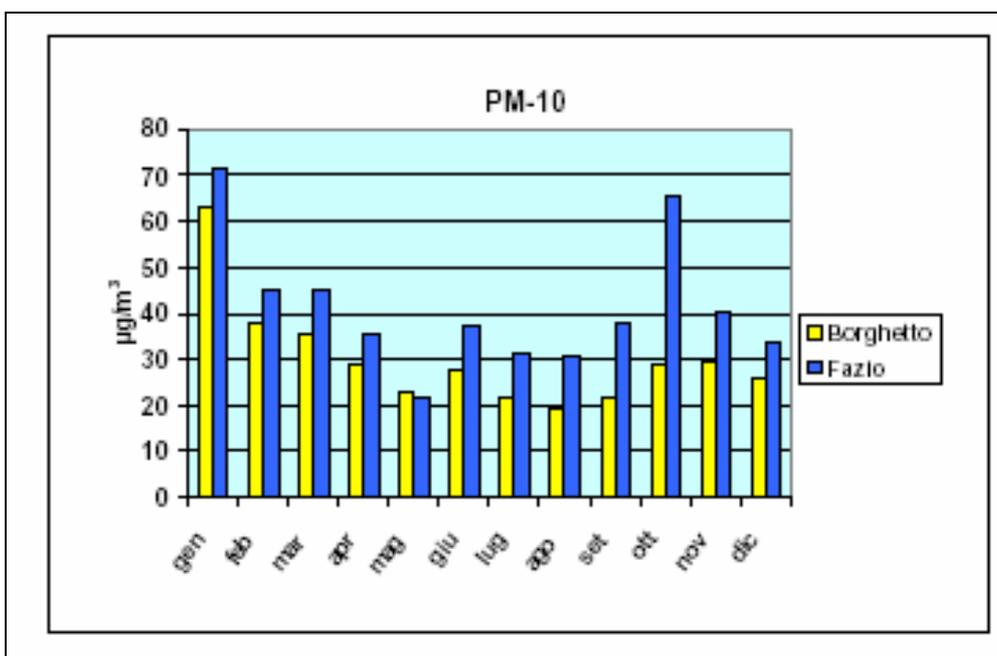
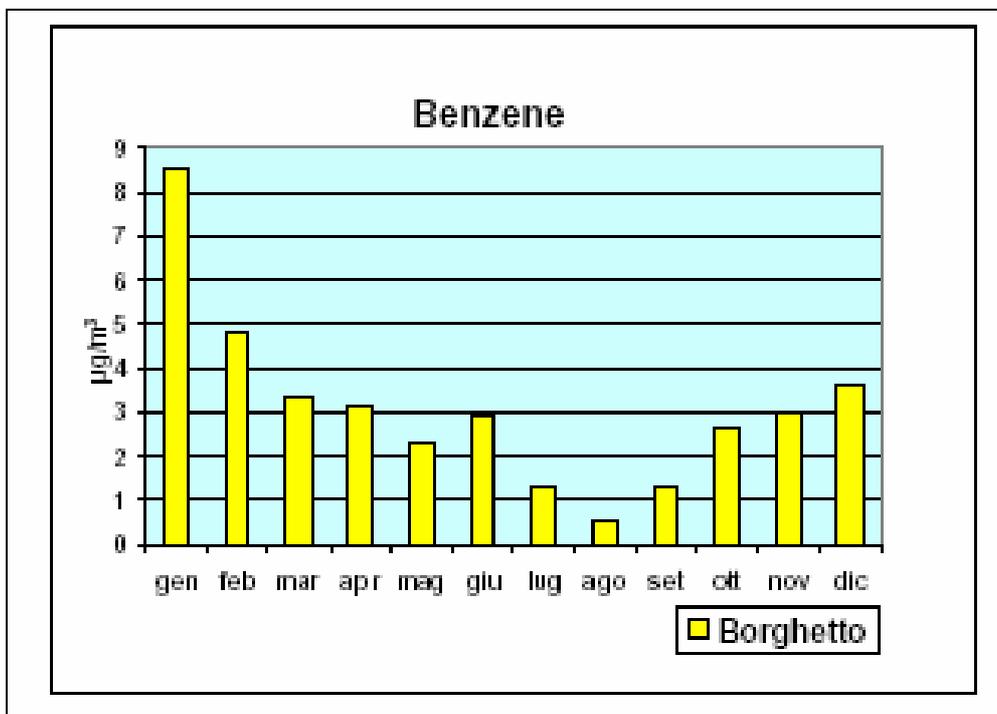
Tabella 13 – Indicatori sintetici Comune di Pisa

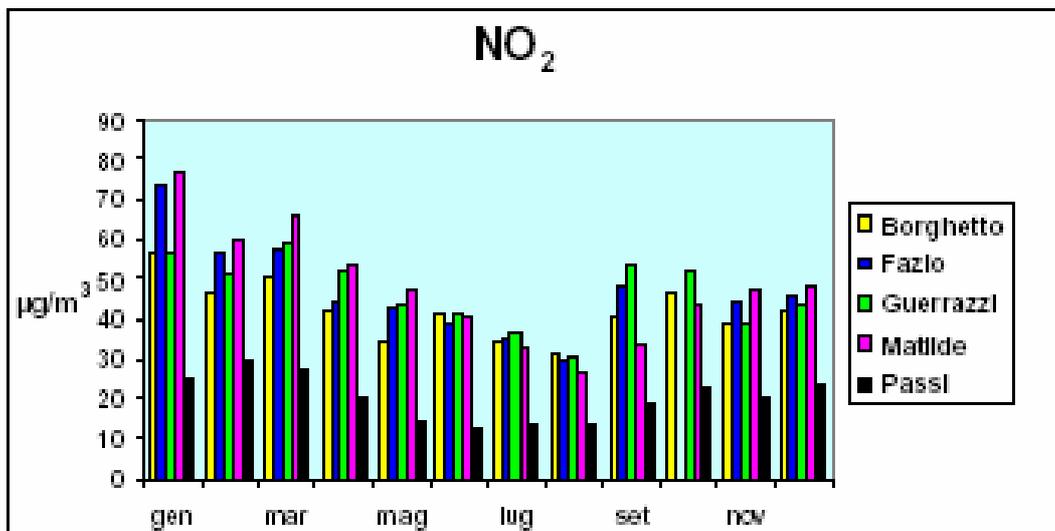
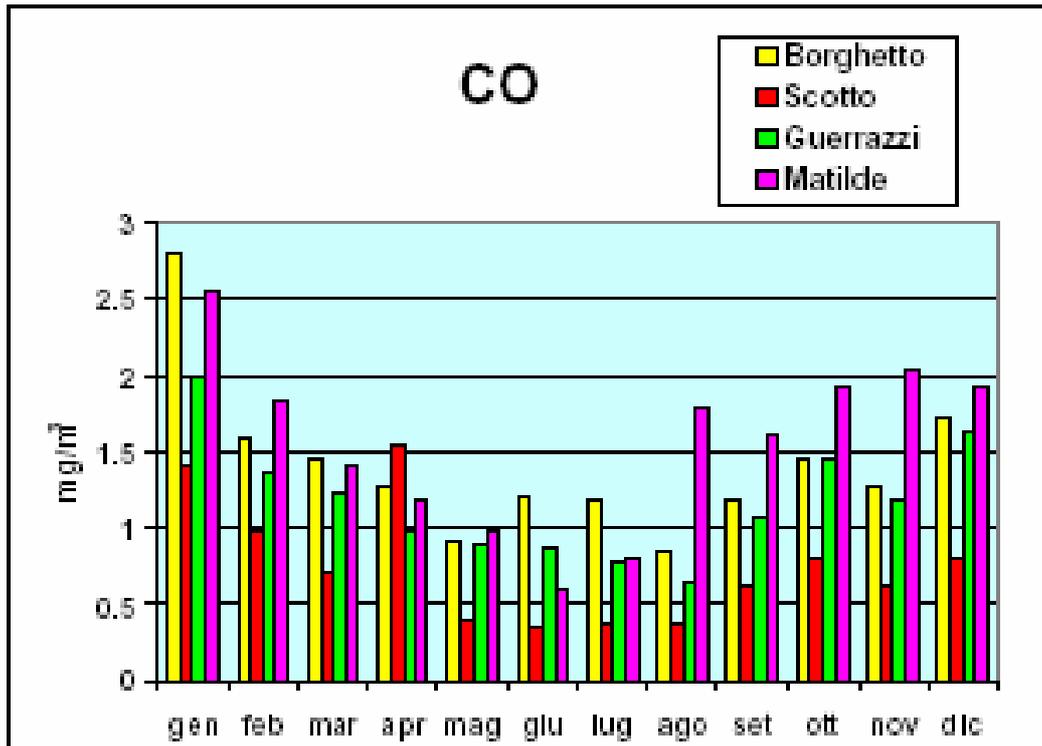
| Stati di attenzione e allarme nel territorio di comunale di Pisa |                                  |     |             |     |             |     |             |     |           |     |
|--|----------------------------------|-----|-------------|-----|-------------|-----|-------------|-----|-----------|-----|
| inquinante   | N° STATI DI ATTENZIONE E ALLARME |     |             |     |             |     |             |     |           |     |
|  | anno 1998                        |     | anno - 1999 |     | anno - 2000 |     | anno - 2001 |     | anno 2002 |     |
|  | ATT                              | ALL | ATT         | ALL | ATT         | ALL | ATT         | ALL | ATT       | ALL |
| NO <sub>2</sub>  | 0                                | 0   | 0           | 0   | 0           | 0   | 0           | 0   | 0         | 0   |
| CO   | 3                                | 0   | 0           | 0   | 0           | 0   | 0           | 0   | 0         | 0   |
| O <sub>3</sub>   | 9                                | 0   | 6           | 0   | 14          | 0   | 2           | 0   | 0         | 0   |

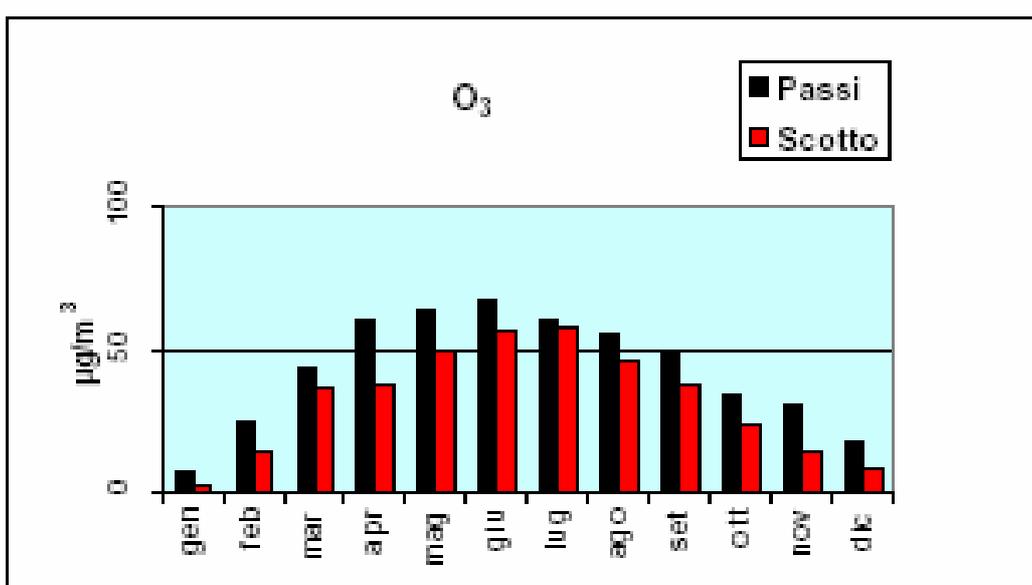
Relativamente all'inquinante biossido d'azoto si può osservare una tendenza, anche se non lineare, alla diminuzione per tutte le stazioni dove si effettua il monitoraggio, ad eccezione di Passi dove i livelli sono sostanzialmente costanti; i valori di monossido di carbonio, come concentrazione massima sulle 8 ore, dopo un'iniziale tendenza alla diminuzione mostrano per gli ultimi tre anni valori stabili. Nel caso del PM<sub>10</sub>, si osserva per la stazione di Borghetto, dopo una netta tendenza alla diminuzione, un assestamento dei dati negli ultimi due anni, per la stazione di Fazio invece gli ultimi anni hanno fatto registrare valori più elevati che nel passato. L'andamento dell'ozono è fortemente influenzato dalle

condizioni meteorologiche (temperatura ed irraggiamento) che si verificano nella primavera inoltrata ed inizio estate. L'inquinante benzene, dopo una iniziale diminuzione, sembra essere stabile.

Si riporta inoltre nelle figure seguenti l'andamento delle concentrazioni medie mensili nel corso dell'anno 2002, registrati nel territorio del comune di Pisa.







Per l'andamento del PM<sub>10</sub> si può rilevare che le concentrazioni medie mensili sono state per le due stazioni abbastanza prossime, tranne che per i mesi di settembre ed ottobre in cui la stazione di Fazio ha fatto registrare concentrazioni sensibilmente più elevate rispetto a Borghetto. Si può rilevare inoltre come le medie mensili sono state più elevate nel periodo invernale (il mese di gennaio è stato caratterizzato da un lungo periodo di inversione termica, protrattosi fino ai primi di febbraio) e che le stesse sono state comunque sostenute durante il corso dell'intero anno, ovvero si osserva solo un leggero decremento in corrispondenza della stagione primavera-estate. Questo sta ad indicare un contributo continuo all'inquinante durante l'intero anno, nonostante che le condizioni meteo in primavera ed in estate consentano una migliore e più efficace dispersione degli inquinanti. Il grafico del benzene conferma elevati livelli nei primi mesi dell'anno, soprattutto in gennaio, dopodiché si osserva una tendenza più marcata alla diminuzione in corrispondenza della primavera ed estate. occorre rilevare che l'inquinante è totalmente attribuibile al traffico veicolare. Infatti osservando poi il grafico relativo al monossido di carbonio si rileva una tendenza alla diminuzione durante il periodo primavera-estate ed un brusco aumento in corrispondenza dell'autunno-inverno. Considerato che l'inquinante CO è attribuibile in gran parte al traffico veicolare, si possono avanzare due ipotesi probabilmente entrambe effettive:

1. la diffusione e persistenza degli inquinanti, benzene e CO da un lato PM<sub>10</sub> dall'altro, sono diverse e pertanto non paragonabili;
2. se paragonabili, i livelli di PM<sub>10</sub> non possono essere imputati esclusivamente alla circolazione dei veicoli, altrimenti anche il PM<sub>10</sub> dovrebbe avere un andamento analogo al CO ed al benzene.

Per quanto riguarda l'andamento delle medie mensili del biossido d'azoto si può rilevare una netta differenza tra le stazioni urbane e la stazione suburbana che presenta livelli di biossido d'azoto

abbastanza costanti durante l'anno, mentre le altre stazioni risentono notevolmente delle differenze stagionali. Per i livelli di ozono la stazione di Passi suburbana ha registrato sempre i valori più elevati rispetto a Scotto.

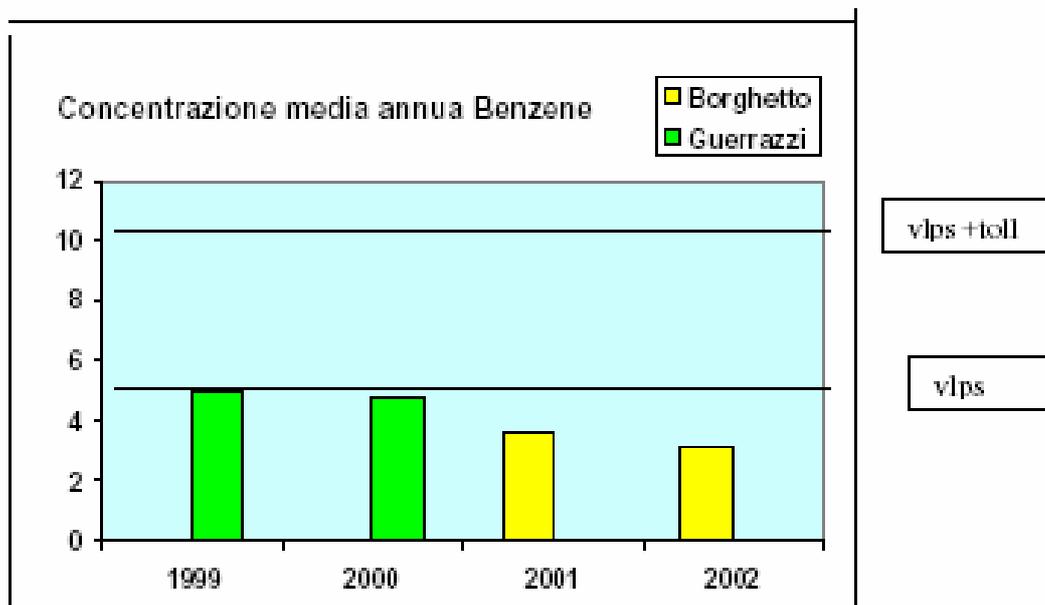
Per i principali inquinanti monitorati si riporta l'andamento dell'inquinamento atmosferico, a partire dal 1999, in confronto ai valori limite del DM 60/02 e della direttiva europea per l'ozono.

Relativamente al benzene si può osservare che il limite incrementato della tolleranza è stato rispettato anche il limite risulta rispettato solo che il margine tra i valori osservati ed il limite è ridotto; per  $PM_{10}$ , si può osservare come il numero di superi sia sempre stato rispettato negli ultimi anni, come del resto il limite annuo incrementato della tolleranza, invece il limite annuale è stato superato o uguagliato.

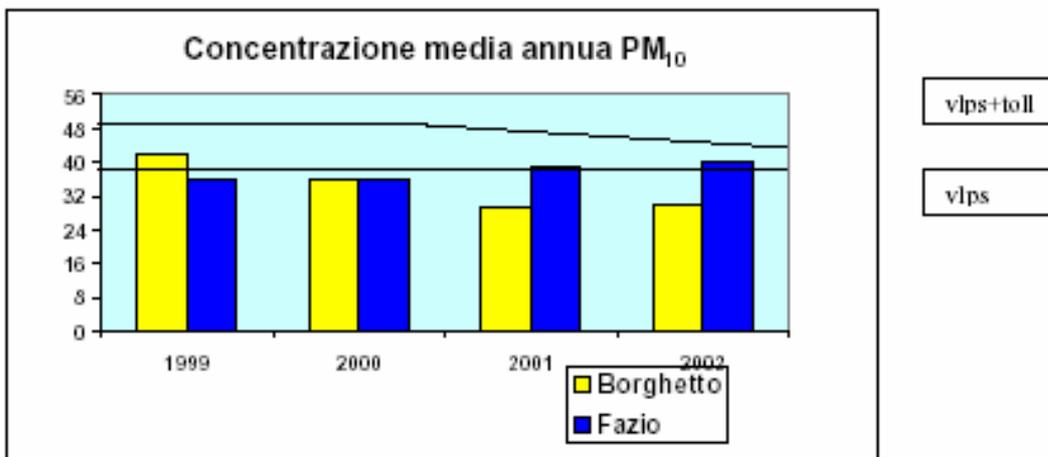
Relativamente al biossido d'azoto il valore limite di protezione della salute incrementato della tolleranza è sempre stato rispettato, invece il valore limite per la protezione della salute è stato spesso superato nel corso degli ultimi quattro anni in tutte le stazioni con la sola eccezione della stazione di Passi. Per il monossido di carbonio risultano rispettati sia il limite di protezione della salute umana incrementato della tolleranza che il limite stesso.

### Confronto con i valori limite europei

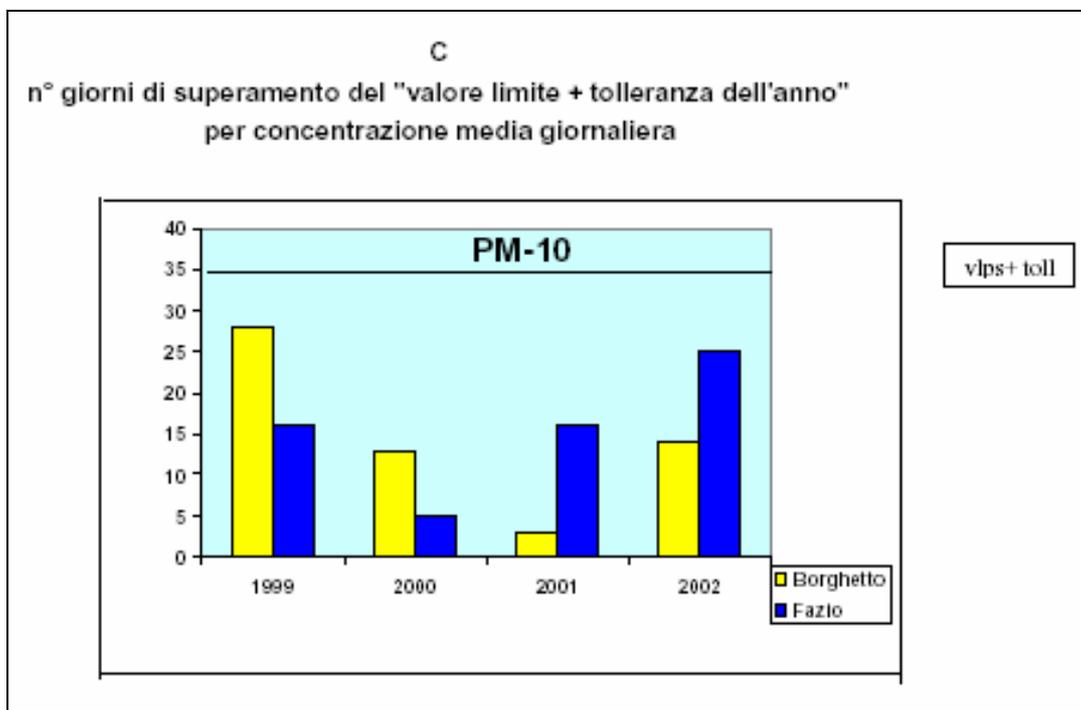
A



B

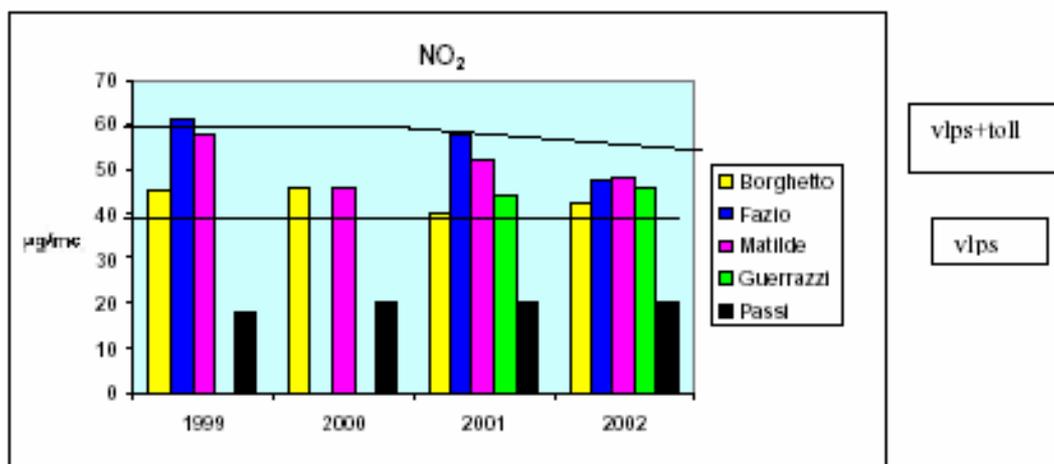


C



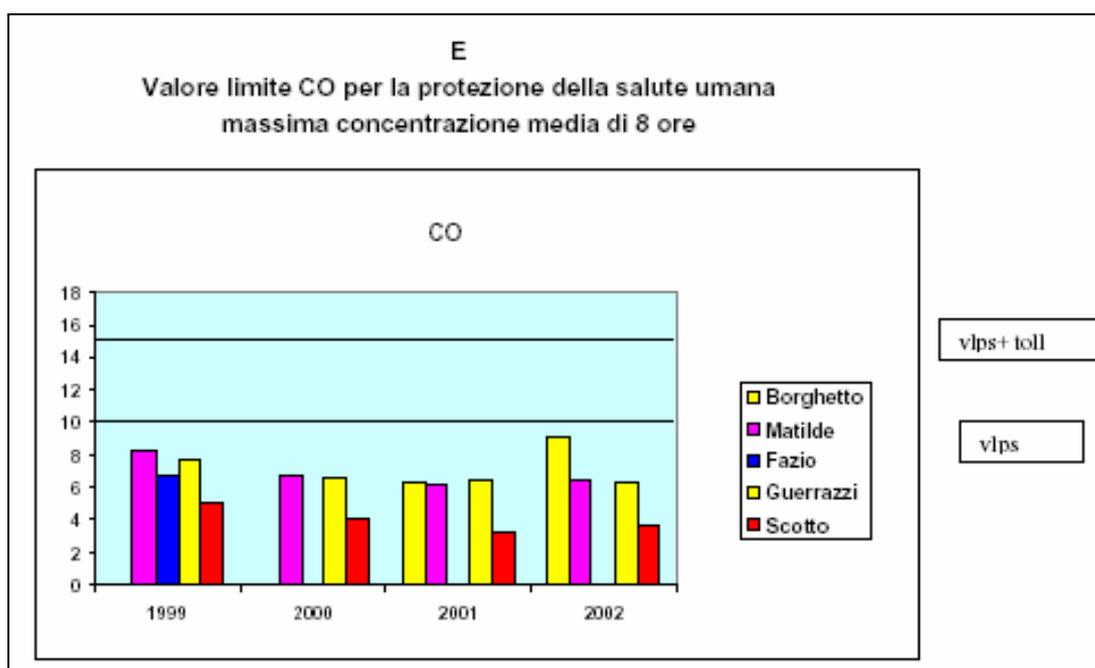
D

Valore limite di NO<sub>2</sub> per la protezione della salute umana  
concentrazione media annua



E

Valore limite CO per la protezione della salute umana  
massima concentrazione media di 8 ore



### 5.2.4 Periodo 2003 -2004

Nel periodo 2003 e 2004 la rete pubblica di monitoraggio della qualità dell'aria, gestita da ARPAT tramite il Dipartimento provinciale di Pisa, è composta da 6 stazioni di monitoraggio.

Si riporta nella tabella seguente una descrizione delle sei postazioni in termini di localizzazione e tipologia di destinazione urbana.

Tabella 14 Stazioni fisse di misura nel territorio del Comune di Pisa, periodo 2003 -2004.

| Nome -<br>ubicazione                           | Rete<br>(1) | tipo zona                | tipo stazione        |                                 | localizzazione stazione   |                             | quota<br>s.l.m.<br>(m) |
|--|-------------|--------------------------|----------------------|---------------------------------|---------------------------|-----------------------------|------------------------|
|  |             | Decisione<br>2001/752/CE | DM<br>20/5/91<br>(2) | Decisione<br>2001/752/CE<br>(3) | distanza<br>strada<br>(m) | distanza<br>semaforo<br>(m) |                        |
| Fazio - Via Conte<br>Fazio                     | PUB         | Urbana                   | B                    | traffico                        | 5                         | n.p.                        | 4                      |
| Guerrazzi - Piazza<br>Guerrazzi                | PUB         | Urbana                   | C                    | traffico                        | 3                         | n.p.                        | 4                      |
| Matilde - Via Contessa<br>Matilde              | PUB         | Urbana                   | C                    | traffico                        | 3                         | 3                           | 4                      |
| Passi - Piazza I. Nieveo                       | PUB         | Urbana                   | D                    | fondo                           | 10                        | n.p.                        | 4                      |
| Borghetto - Piazza Del<br>Rosso                | PUB         | Urbana                   | B                    | traffico                        | 3                         | n.p.                        | 4                      |
| Oratoio - c/o campo<br>sportivo - Loc. Oratoio | PUB         | Industriale              | I                    | periferica                      | >10                       | n.p.                        | 4                      |

n.p. = non pertinente  
 (1) PUB = pubblica; PRIV = privata  
 (2) B=area residenziale; C=sito ad alto traffico; I=area industriale ; D=  
 (3) Definizione provvisoria (soggetta a verifica)

Gli inquinanti monitorati per ogni singola stazione sono riportati nella tabella seguente.

Tabella 15 - Stazioni fisse e inquinanti monitorati.

| Stazione  | CO | NO <sub>x</sub> | O <sub>3</sub> | BTX | PM <sub>10</sub> | HCl |
|-----------|----|-----------------|----------------|-----|------------------|-----|
| Fazio     | X  | X               |                |     | X                |     |
| Guerrazzi | X  | X               |                |     |                  |     |
| Matilde   | X  | X               |                |     |                  |     |
| Passi     |    | X               | X              |     |                  |     |
| Borghetto | X  | X               |                | X   | X                |     |
| Oratoio   |    | X               |                |     | X                | X   |

LEGENDA  
 CO = monossido di carbonio (monitorato dal 2004 per la stazione Fazio)  
 NO<sub>x</sub> = ossidi di azoto totali, ovvero monossido di azoto (NO) e biossido di azoto (NO<sub>2</sub>)  
 O<sub>3</sub> = ozono  
 HCl = acido cloridrico  
 PM<sub>10</sub> = polveri con diametro aerodinamico inferiore a 10 micron  
 BTX = Benzene

**PM<sub>10</sub> - Dati 2003**

|   | <b>Limite di rif.</b> | Fazio | Borghetto | Oratoio |
|---|-----------------------|-------|-----------|---------|
| Media annuale<br>$\mu\text{g}/\text{m}^3$ | <b>43.2</b>           | 37    | 28        | 40      |

**CO - dati 2003**

|   | <b>Limite di rif.</b> | Guerrazzi | Matilde | Borghetto |
|---|-----------------------|-----------|---------|-----------|
| Max media mobile di 8 h<br>[ $\text{mg}/\text{m}^3$ ] | <b>14</b>             | 4.8       | 5.5     | 5.1       |
| Medie mobili di 8 h > valore limite n°                | <b>0</b>              | 0         | 0       | 0         |

**NO<sub>2</sub> - dati 2003**

|  | <b>Limite di rif.</b> | Fazio | Matilde | Guer.zzi | Passi | Borg.to | Oratoio |
|--|-----------------------|-------|---------|----------|-------|---------|---------|
| Valori orari >270 $\mu\text{g}/\text{m}^3$<br>[n.] | <b>18</b>             | 0     | 0       | 0        | 0     | 0       | 0       |
| Media annuale<br>[ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]      | <b>54</b>             | 48    | 50      | 47       | 20    | 43      | 23      |
| Media oraria<br>98° percentile                     | -                     | 118   | 121     | 101      | 68    | 103     | 71      |

**PM<sub>10</sub> - Dati 2004**

|   | <b>Limite di rif.</b> | Fazio | Borghetto | Oratoio |
|---|-----------------------|-------|-----------|---------|
| Media annuale<br>$\mu\text{g}/\text{m}^3$ | <b>41,6</b>           | 33    | 29        | 36      |

**CO - dati 2004**

|   | <b>Limite di rif.</b> | Guerrazzi | Matilde | Borghetto | Fazio |
|---|-----------------------|-----------|---------|-----------|-------|
| Max media mobile di 8 h<br>[ $\text{mg}/\text{m}^3$ ] | <b>12</b>             | 4.4       | 4.7     | 4.0       | 2.8   |
| Medie mobili di 8 h > valore limite n°                | <b>0</b>              | 0         | 0       | 0         | 0     |

**NO<sub>2</sub> - dati 2004**

|  | <b>Limite di rif.</b> | Fazio | Matilde | Guer.zzi | Passi | Borg.to | Oratoio |
|--|-----------------------|-------|---------|----------|-------|---------|---------|
| Valori orari >270 $\mu\text{g}/\text{m}^3$<br>[n.] | <b>18</b>             | 0     | 0       | 0        | 0     | 0       | 0       |
| Media annuale<br>[ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]      | <b>52</b>             | 47    | 46      | 48       | 17    | 42      | 23      |
| Media oraria<br>98° percentile                     | -                     | 106   | 95      | 98       | 50    | 94      | 65      |

### 5.2.5 Considerazioni finali

Nella prospetto sono riportati in forma sintetica per ogni singolo inquinante determinato i risultati emersi dalla discussione precedente; la situazione rilevata per l'anno 2002 è stazionaria rispetto al 2001 ovvero i livelli degli inquinanti sono sostanzialmente invariati rispetto al 2001.

| Inquinante            | Aspetti positivi  | Aspetti negativi   | Popolazione esposta | Interventi  |
|-----------------------|---|--|---------------------|---|
| PM-10                 | Rispetto valore obiettivo, rispetto vlps a regime I fase, rispetto numero di superi giornalieri consentiti. | Concentrazione uguale al vlps per Fazio. Valutazione regionale mediata sugli ultimi anni colloca la città in zona D.<br>Valori nettamente superiori a quelli previsti per la II fase che inizia dal 1.01.2005. | 60-80%              | Necessità di programmare piani per riportare sotto controllo i valori. Obbligo di continuare il monitoraggio. |
| Biossido d'azoto      | Rispetto vlps incrementato della tolleranza. Rispetto soglie attenzione ed allarme, standard di QA          | Superamento del vlps per tutte le stazioni urbane. Collocazione del Comune in zona D   | 60-80%              | Necessità di programmare piani per riportare sotto controllo i valori. Obbligo di monitoraggio.               |
| Monossido di carbonio | Rispetto degli standard di QA, dei valori di attenzione e di allarme; rispetto del vlps.                    | Collocazione in fascia B   | 60%                 | Necessità di programmare piani di mantenimento della QA. Obbligo di monitoraggio.                             |
| Benzene               | Rispetto del valore obiettivo, rispetto del vlps  | Nel periodo invernale si sono osservati giorni caratterizzati da concentrazioni significative. Collocazione in zona C  | 60%                 | Necessità di programmare piani di contenimento. Obbligo di monitoraggio                                       |
| Ozono                 | Rispetto del valore di allarme, sostanziale rispetto della soglia di attenzione o informazione              | Numerosi superi del livello di protezione della salute. Collocazione in zona C   | 100%                | Necessità di programmare piani di contenimento. Obbligo di monitoraggio                                       |

Nello specifico del caso di studio, poiché l'area di progetto ricade in località Marina di Pisa, si constata che le stazioni di monitoraggio e misura non potrebbero essere indicative in quanto distanti e non direttamente influenzate dall'area di progetto. Tuttavia poiché la caratterizzazione fornita indica una descrizione qualitativa e media di tutto il territorio comunale, facendo comunque riferimento a delle zone critiche individuate nell'ambito degli strumenti di pianificazione, non si perviene ad incappare ad errori se non di sottostima cautelativa se le considerazioni suddette valgano per l'area di progetto.

In definitiva quindi per quello che concerne le emissioni da traffico stradale gli inquinanti da considerare sono il particolato sottile gli ossidi di azoto e in maniera non preoccupabile il monossido di carbonio.

## 6 METODOLOGIA DISPERSIONE DI INQUINANTI SITUAZIONE IN PROGETTO

### 6.1 Obiettivi

La realizzazione delle opere previste nel progetto a seguito dell'interruzione del tratto urbano della SS 224 (Via Lungarno D'Annunzio) con la realizzazione del nuovo tratto di strada avrà sicuramente degli effetti non trascurabili sulla viabilità dell'area, nonché sui livelli di concentrazione degli inquinanti emessi dalle sorgenti ad essa associati. Le motivazioni sono da ricercarsi in due motivi fondamentali:

- Maggiore densità di traffico dovuta al nuovo polo ricettivo
- Deviazione planimetrica della SS 224.

L'obiettivo del presente studio è quello di evidenziare l'esistenza o meno di un impatto sulla componente atmosferica. La valutazione dell'assetto complessivo della componente in esame non può prescindere da considerazioni generali in relazione al fatto che il nuovo assetto viario in progetto modifica nella sostanza le relazioni tra ambiente territoriale e emissioni complessive da traffico veicolare. Sia per quanto riguarda le nuove edificazioni previste nel progetto ma soprattutto gli edifici esistenti di Via G. da Verazzano e quelli in prossimità di Via Pigafetta.

Nel seguito si farà riferimento alle procedure di valutazione dell'aria previste anche dal D.Lgs. n. 351 del 04.08.1999.

Obiettivo dell'analisi è quello di prevedere gli effetti ambientali nella situazione "post-operam", generati nell'area di progetto durante l'esercizio delle opere in progetto mediante la previsione della dispersione in atmosfera di inquinanti aeriformi, col fine ultimo di valutare la qualità dell'aria in corrispondenza di recettori sensibili. Sono stati scelti alcuni recettori puntuali, identificativi di gruppi di case o case isolate - edifici abitativi o aree residenziali secondo le indicazioni progettuali e della situazione esistente. A tal proposito si rimanda alla tavola grafica allegata " Tav. B.6.4. Carta dei recettori acustici ed atmosferici".

In questi recettori puntuali, il modello calcola le concentrazioni degli inquinanti indagati nelle condizioni meteorologiche e di traffico medie e più critiche, nelle condizioni operative di progetto (post-operam).

Lo scenario ambientale suddetto è sottoposto a verifica mediante confronto con i limiti imposti dalle normative vigenti, così da poter evidenziare eventuali situazioni critiche.

Il fine ultimo è quindi, quello di porre l'attenzione di eventuali criticità ambientali in corrispondenza dei recettori, mediante la stima previsionale di valori di concentrazione di inquinanti.

Alla luce di quanto detto, occorre precisare, che i risultati ottenuti devono essere considerati indicativi alla stregua di tutti i risultati di modelli fisico-matematici di simulazione previsionale; infatti, oltre all'approssimazione del codice di calcolo numerosi sono i fattori che intervengono quali le stime dei dati di ingresso.

## 6.2 Definizioni grandezze inquinamento atmosferico

Ai sensi del D.Lgs. n. 351 del 04.08.1999 ed ai fini della presente relazione si intende per:

- Aria ambiente: l'aria esterna presente nella troposfera, ad esclusione di quella presente nei luoghi di lavoro;
- Inquinante: qualsiasi sostanza immessa direttamente o indirettamente dall'uomo nell'aria ambiente che può avere effetti dannosi sulla salute umana o sull'ambiente nel suo complesso;
- Livello: concentrazione nell'aria ambiente di un inquinante o deposito di questo su una superficie in un dato periodo di tempo;
- Valutazione: impiego di metodologie per misurare, calcolare, prevedere o stimare il livello di un inquinante nell'aria ambiente;
- Valore limite: livello fissato in base alle conoscenze scientifiche al fine di evitare, prevenire o ridurre gli effetti dannosi sulla salute umana o per l'ambiente nel suo complesso, tale livello deve essere raggiunto entro un dato termine e in seguito non superato;
- Valore obiettivo: livello fissato al fine di evitare, a lungo termine, ulteriori effetti dannosi per la salute umana o per l'ambiente nel suo complesso; tale livello deve essere raggiunto per quanto possibile nel corso di un dato periodo;
- Soglia di allarme: livello oltre il quale vi è un rischio per la salute umana in caso di esposizione di breve durata e raggiunto il quale si deve immediatamente intervenire a norma di legge;
- Margine di tolleranza: la percentuale del valore limite nella cui misura tale valore può essere superato alle condizioni stabilite dalla legge.

L'Allegato I del D.Lgs. n. 351 del 04.08.1999 (vedasi capitolo normativa di riferimento) elenca gli inquinanti atmosferici da considerare nel quadro della valutazione e della gestione della qualità dell'aria ambiente; inquinanti che devono essere esaminati allo stadio iniziale, ivi compresi gli inquinanti disciplinati da direttive comunitarie esistenti in materia di qualità dell'aria ambiente:

Visto il tipo di opera in progetto, la natura della sorgente di inquinanti costituita dal traffico veicolare e l'applicabilità dei modelli di dispersione atmosferica, si ritiene opportuno selezionare da questo elenco i tre inquinanti maggiormente significativi, per gli effetti sulla salute umana e sull'ambiente nel suo complesso, che costituiscono l'oggetto del presente studio:

- Ossidi di azoto (NO<sub>x</sub>);
- Monossido di carbonio (CO);
- Materiale particolato (PM).

La simulazione è effettuata all'interno dell'area di studio e riportata nelle cartografie allegare vengono riportate le dispersioni atmosferiche degli inquinanti e quindi l'immissione in corrispondenza dei recettori. I risultati ottenuti sono analizzati sulla base dei limiti imposti dalla normativa vigente, in particolare sono confrontati con i valori limite della qualità dell'aria per la protezione della salute umana, riportati nella tabella seguente.

Tabella 16 – Valore limite per la protezione della salute umana

| Inquinante       | Valore limite per la protezione della salute umana | Periodo di mediazione | Fonte normativa                                      |
|------------------|--|-----------------------|--|
| NO <sub>2</sub>  | 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$                       | 1 ora                 | D.M. n. 60 del 02.04.2002                            |
|                  | 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$                        | anno                  | D.P.R. 203 del 24.05.1988                            |
| NO <sub>x</sub>  | 30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$                        | anno                  | D.P.C.M. del 28.03.1983                              |
| CO               | 10 $\text{mg}/\text{m}^3$                          | 8 ore                 | D.M. n. 60 del 02.04.2002<br>D.P.C.M. del 28.03.1983 |
| PM <sub>10</sub> | 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$                        | 24 ore                | D.M. n. 60 del 02.04.2002                            |
|                  | 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$                        | anno                  | D.M. del 25.11.1994                                  |

### 6.3 Metodologia e codice di calcolo

Nell'ambito del presente studio la previsione delle dispersione di sostanze inquinanti è articolata in due fasi operative.

La prima fase consta nella determinazione del valore dell'emissione (sorgente) complessiva in riferimento al parco veicolare in funzione del tipo di alimentazione, della cilindrata, della massa e dell'età; per i dati riguardanti la composizione del parco veicolare si fa riferimento ai dati riportati nella pubblicazione dell'ANPA dal titolo "Le emissioni in atmosfera da trasporto stradale. I fattori di emissione medi per il parco circolante in Italia" Serie Stato dell'Ambiente n. 12/2000, che riporta elaborazioni compiute sulla base di dati di percorrenze fonte ACI e sulla base del modello europeo COPERTIII.

La seconda fase, una volta individuati i recettori e i valori di emissione delle sorgenti inquinanti (traffico veicolare), consiste nella taratura del modello del codice di calcolo Miskam finalizzato all'ottenimento della dispersione di inquinanti nell'area di progetto ed in particolar modo in corrispondenza dei recettori sensibili.

#### 6.3.1 Stima delle emissioni con Metodologia COPERT

La stima delle emissioni di inquinanti atmosferici da trasporti stradali si avvale di un modello di calcolo denominato COPERT (COmputer Programme to calculate Emissions from Road Traffic) (Eggleston et al., 1993) basato su un ampio insieme di parametri che tengono conto delle caratteristiche generali del fenomeno e delle specifiche realtà di applicazione. Questa metodologia è stata indicata dall'EEA (European Environment Agency, Agenzia Europea per l'Ambiente) come lo strumento da utilizzare per la stima delle emissioni da trasporto stradale nell'ambito del programma CORINAIR per la realizzazione dell'inventario nazionale delle emissioni. (CORINAIR, 1988; EMEP/CORINAIR, 1999).

Il progetto Corinair (COoRdination-INformation-AIR)(CE, 1985) è stato sviluppato in ambito europeo, alla metà degli anni '80, finalizzato all'armonizzazione, la raccolta e l'organizzazione di informazioni coerenti sulle emissioni in atmosfera nella comunità europea.

Il principale obiettivo della prima fase delle attività del progetto Corinair è stato la realizzazione di un inventario prototipo delle emissioni di ossidi di zolfo (SO<sub>x</sub>), ossidi di azoto (NO<sub>x</sub>) e composti organici volatili (COV) in otto principali settori di attività (combustione (centrali), raffinerie, combustione industriale, processi, evaporazione solventi, trasporti, natura), riferito all'anno 1985 da utilizzare come base scientifica per la definizione di politiche ambientali in materia di inquinamento atmosferico. Il progetto ha anche sviluppato la nomenclatura NAPSEA (Nomenclature for Air Pollution Socio-Economic Activity) per i settori sorgente e la nomenclatura SNAP (Selected Nomenclature for Air Pollution) per le sorgenti emissive di settori, sub-settori e attività. I macrosettori compresi erano 8 e le attività 70.

Il successivo inventario del '90 ha opportunamente ampliato e rivisto la metodologia applicata nel 1985 in special modo è stato esteso il numero di inquinanti (sono stati aggiunti ammoniaca (NH<sub>3</sub>) e monossido di carbonio (CO)), ed il numero di attività è passato a 260 suddivise secondo tre livelli gerarchici ed 11 macrosettori che sono:

- Centrali elettriche, cogenerazione e impianti di teleriscaldamento;
- Impianti di combustione non industriali (residenziali, commerciali);
- Combustione industriale;
- Processi produttivi;
- Estrazione e distribuzione dei combustibili fossili;
- Uso di solventi;
- Trasporti su strada;
- Altre sorgenti mobili e macchinari;
- Trattamento rifiuti;
- Agricoltura;
- Natura.

In seguito è stato sviluppato un Corinair '94 (EEA, 1996), ampliando gli inquinanti previsti con l'aggiunta di polveri inalabili minori di 10 micron (PM<sub>10</sub>), metalli pesanti (HM), inquinanti organici persistenti (POP). Con la pubblicazione di "Atmospheric Emission Inventory Guidebook" 2nd edition (EEA, 1999), è stata adottata la nomenclatura SNAP97 e sono stati individuati i seguenti macrosettori:

1. Combustione -Energia e industria di trasformazione;
2. Combustione - Non industriale;
3. Combustione – Industria;
4. Processi Produttivi;
5. Estrazione, distribuzione combustibili fossili / geotermico;
6. Uso di solventi;
7. Trasporti Stradali;
8. Altre Sorgenti Mobili;
9. Trattamento e Smaltimento Rifiuti;

10. Agricoltura;

11. Altre sorgenti di Emissione ed Assorbimenti.

Come si evince dalla suindicata classificazione SNAP la categoria dei trasporti stradali rientra nel Macrosettore 7. Il macrosettore include i settori: automobili, veicoli leggeri, veicoli pesanti, motocicli tutti suddivisi ulteriormente, in base alla tipologia del percorso, nelle attività autostrade, strade extra urbane, strade urbane, ciclomotori, evaporazione di benzina, pneumatici e usura dei freni.

La stima delle emissioni viene effettuata in modo diversificato a seconda della tipologia delle sorgenti:

- per le sorgenti puntuali, è possibile riportare direttamente il dato di emissione, sulla base delle dichiarazioni delle singole aziende (cfr. ex DPR203/88) o delle misurazioni effettuate. Nel caso di mancanza di dati in riferimento ad uno specifico inquinante è possibile fare delle stime sulla base di un fattore di emissione opportuno;
- per le sorgenti lineari e areali le emissioni sono stimate su base territoriale utilizzando il seguente approccio:

$$E/\text{anno} = A \times FE$$

dove:

E sono le emissioni (es. in g di inquinante/anno);

A è un indicatore dell'attività le cui fonti di informazione possono essere: i censimenti ISTAT, le Associazioni di categoria, vari enti pubblici e privati (es. kg di prodotto/anno);

FE è il fattore di emissione per unità di attività e per specifico inquinante (es. g di inquinante/Kg di prodotto).

Come ogni tipo di emissioni, anche quelle da traffico vengono calcolate secondo la formula generale

$E = f \times I$ , dove:  $f$  rappresenta il fattore di emissione, in generale fornito per tipo di inquinante e di veicolo nell'unità di spazio e/o di tempo, ed  $I$  un indicatore di attività.

Tuttavia in pratica non ci si può limitare a questo: i fattori di emissione dei veicoli non sono costanti e fissabili una volta per tutte dato che sono in realtà dipendenti, oltre che dalla tipologia del mezzo, dal tempo (cioè dall'anzianità del veicolo, ma anche dal tempo trascorso a partire dalla messa in moto fino allo spegnimento), dal tipo di guida (da sportivo a tranquillo con tutte le possibili sfumature), dal tipo di tragitto che il veicolo compie (con relative fermate, velocità, accelerazioni e decelerazioni, ecc.), dalle condizioni ambientali in cui il veicolo si trova (temperatura, altitudine, ecc.) e via di seguito. Per tutte queste ragioni, si è sviluppata una metodologia che potesse offrire uno strumento di facile impiego anche laddove i dati effettivi non siano tutti disponibili.

Il programma COPERT III (COmputer Programme to calculate Emissions from Road Transport), offre una metodologia per stimare le emissioni da traffico in vista della compilazione di inventari rispondenti alle norme del CORINAIR. COPERT può essere utilizzato sia ad un alto livello di aggregazione spaziale e temporale, per esempio per la stima annuale a livello nazionale sia ad una risoluzione maggiore, come nel caso della valutazione delle emissioni a livello urbano. La

metodologia, come accennato precedentemente, con cui vengono ricavati i fattori di emissione si basa sui seguenti variabili:

- classe del veicolo (nella quale rientra anche il tipo di carburante e l'anzianità del mezzo);
- temperatura del motore (a sua volta la temperatura individua se un motore è a pieno regime o in condizioni di avviamento) e degli strumenti adottati per l'abbattimento delle emissioni (catalizzatori);
- tipo di tragitto percorso (a sua volta caratterizzato da una curva di velocità).

Secondo tale metodologia le emissioni da veicoli su strada sono espresse come la somma di tre tipologie di contributi:

$$E = E_{hot} + E_{cold} + E_{evap}$$

dove:

$E_{hot}$  sono le emissioni a caldo (hot emission), ovvero le emissioni dai veicoli i cui motori hanno raggiunto la loro temperatura di esercizio;

$E_{cold}$  (cold over-emission) è il termine che tiene conto dell'effetto delle emissioni a freddo, ovvero delle emissioni durante il riscaldamento del veicolo (convenzionalmente, sono le emissioni che si verificano quando la temperatura dell'acqua di raffreddamento è inferiore a 70°C).

Alla somma delle emissioni a caldo e di quelle a freddo viene abitualmente dato il nome di emissioni allo scarico (exhaust emission);

$E_{evap}$  sono le emissioni evaporative costituite dai soli COVNM (composti organici volatili non metanici).

Le emissioni a caldo sono stimate per tutte le tipologie di veicoli, le emissioni a freddo per i veicoli leggeri, quelle evaporative sono rilevanti per i soli veicoli a benzina.

I veicoli vengono classificati a partire dallo standard proposto da CORINAIR 90, raffinando ulteriormente la suddivisione in base ad altre caratteristiche che risultano fondamentali nel determinare le emissioni e ottenendo in totale 105 classi veicolari. La suddivisione dei veicoli sviluppata in COPERT III significativa per l'Italia è riportata nella figura seguente. Vengono altresì indicate le corrispondenze tra le classi individuate e la data di immatricolazione a partire dalla quale un veicolo è considerato aderente alle specifiche di tale classe. In primo luogo, come si osserva, si distinguono delle macroclassi in base alla tipologia ed all'uso del mezzo; successivamente queste vengono in generale ripartite in base al combustibile utilizzato, al peso (per i veicoli commerciali) o alla cilindrata (per le automobili) ed infine in base all'entrata in vigore della normativa europea di regolamentazione delle emissioni per i veicoli immessi sul mercato a partire da una certa data.

Tabella 17- Classi COPERT e rispettive date d'immatricolazione in Italia

| CATEGORIA COPERT                                      | Nome COPERT   | Intervallo validità EU                    | Intervallo validità ITALIA                |
|---|---|---|---|
| Auto passeggeri a benzina (< 2,5 t)                   | PRE ECE   | Fino al 1971                              | Immat. fino al 31.03.1973                 |
|   | ECE 15 00/01  | Dal 1972 al 1977                          | Immat. fino al 31.09.1978                 |
|   | ECE 15 02   | Dal 1978 al 1980                          | Immat. fino al 31.12.1981                 |
|   | ECE 15 03   | Dal 1981 al 1985                          | Immat. fino al 31.12.1984                 |
|   | ECE 15 04   | Dal 1985 al 1992                          | Immat. fino al 31.12.1992                 |
|   | EURO I <sup>90</sup>  | Dal 1992 al 1996                          | Immat. dal 01.01.1993 al 31.12.1996       |
|   | EURO II <sup>90</sup>   | Dal 1997 al 2000                          | Immat. dal 01.01.1997 al 31.12.2000       |
|   | EURO III <sup>00</sup>  | Dal 2000 al 2005                          | Immat. dal 01.01.2001                     |
|   | EURO IV   | Oltre il 2005                             | ND  |
| Auto passeggeri diesel (< 2,5 t)                      | Convenzionali   | Fino al 1992                              | Immat. fino al 30.06.1994                 |
|   | EURO I  | Dal 1992 al 1996                          | Immat. dal 01.07.1994 al 31.12.1996       |
|   | EURO II   | Dal 1996/97 <sup>00</sup> al 2000         | Immat. dal 01.01.1997 al 31.12.2000       |
|   | EURO III <sup>00</sup>  | Dal 2000 al 2005                          | Immat. dal 01.01.2001                     |
|   | EURO IV   | Oltre il 2005                             | ND  |
| Auto passeggeri a GPL (< 2,5 t)                       | Convenzionali   | Fino al 1992                              | Immat. fino al 31.12.1992                 |
|   | Successivamente al 31.12.1992 stessa ripartizione che per le auto a benzina |   |   |
| Commercioli leggeri a benzina (< 3,5 t complessive)   | Convenzionali   | Fino al 1993                              | Immat. fino al 30.09.1994                 |
|   | EURO I <sup>90</sup>  | Dal 1993 al 1997                          | Immat. dal 01.10.1994 al 30.09.1998       |
|   | EURO II <sup>90</sup>   | Dal 1997 al 2001                          | Immat. dal 01.10.1998                     |
|   | EURO III <sup>00</sup>  | Dal 2001 al 2006                          | ND  |
|   | EURO IV   | Oltre il 2006                             | ND  |
| Commercioli leggeri diesel (< 3,5 t complessive)      | Come per i veicoli commerciali leggeri a benzina                            |   |   |
| Commercioli pesanti a benzina <sup>90</sup> (> 3,5 t) | Convenzionali   | Tutti i veicoli esistenti della categoria | Tutti i veicoli esistenti della categoria |
| Commercioli pesanti diesel (< 7,5 t)                  | Convenzionali   | Fino al 1992                              | Immat. fino al 30.09.93                   |
|   | Euro I <sup>90</sup>  | Dal 1993 al 1995                          | Immat. dal 01.10.1993 al 30.09.1997       |
|   | Euro II   | Dal 1996 al 2000                          | Immat. dal 01.10.1997 al 31.12.2000       |
|   | Euro III <sup>90</sup> - COM(1997)  | Dal 2001 al 2005                          | Immat. dal 01.01.2001                     |
|   | Euro IV - COM(1998)   | Dal 2006 al 2008                          | ND  |
|   | Euro V - COM(1998)  | Oltre il 2008                             | ND  |
| Commercioli pesanti diesel (tra 7,5 e 16 t)           | Convenzionali   | Fino al 1992                              | Immat. fino al 30.09.93                   |
|   | Euro I  | Dal 1993 al 1995                          | Immat. dal 01.10.1993 al 30.09.1997       |
|   | Euro II   | Dal 1996 al 2000                          | Immat. dal 01.10.1997 al 31.12.2000       |
|   | Euro III - COM(1997)  | Dal 2001 al 2005                          | Immat. dal 01.01.2001                     |
|   | Euro IV - COM(1998)   | Dal 2006 al 2008                          | ND  |
|   | Euro V - COM(1998)  | Oltre il 2008                             | ND  |
| Commercioli pesanti diesel (tra 16 e 32 t)            | Convenzionali   | Fino al 1992                              | Immat. fino al 30.09.93                   |
|   | Euro I  | Dal 1993 al 1995                          | Immat. dal 01.10.1993 al 30.09.1997       |
|   | Euro II   | Dal 1996 al 2000                          | Immat. dal 01.10.1997 al 31.12.2000       |
|   | Euro III - COM(1997)  | Dal 2001 al 2005                          | Immat. dal 01.01.2001                     |
|   | Euro IV - COM(1998)   | Dal 2006 al 2008                          | ND  |
|   | Euro V - COM(1998)  | Oltre il 2008                             | ND  |
| Commercioli pesanti diesel (> 32 t)                   | Convenzionali   | Fino al 1992                              | Immat. fino al 30.09.93                   |
|   | Euro I  | Dal 1993 al 1995                          | Immat. dal 01.10.1993 al 30.09.1997       |
|   | Euro II   | Dal 1996 al 2000                          | Immat. dal 01.10.1997 al 31.12.2000       |
|   | Euro III - COM(1997)  | Dal 2001 al 2005                          | Immat. dal 01.01.2001                     |
|   | Euro IV - COM(1998)   | Dal 2006 al 2008                          | ND  |
|   | Euro V - COM(1998)  | Oltre il 2008                             | ND  |
| Autobus urbani  | Convenzionali   | Fino al 1992                              | Immat. fino al 30.09.1993                 |
|   | 91/542/EEC Stage 1  | Dal 1993 al 1995                          | Immat. dal 01.10.1993 al 30.09.1996       |
|   | 91/542/EEC Stage 2  | Dal 1996 al 2000                          | Immat. dal 01.10.1997 al 31.12.2000       |
|   | EURO III COM(1997)  | Dal 2001 al 2005                          | Immat. dal 01.01.2001                     |
|   | EURO IV COM(1998)   | Dal 2006 al 2008                          | ND  |
|   | EURO V COM(1998)  | Oltre il 2008                             | ND  |
| Autobus extraurbani                                   | Convenzionali   | Fino al 1992                              | Immat. fino al 30.09.1993                 |
|   | 91/542/EEC Stage 1  | Dal 1993 al 1995                          | Immat. dal 01.10.1993 al 30.09.1996       |
|   | 91/542/EEC Stage 2  | Dal 1996 al 2000                          | Immat. dal 01.10.1997 al 31.12.2000       |
|   | EURO III COM(1997)  | Dal 2001 al 2005                          | Immat. dal 01.01.2001                     |
|   | EURO IV COM(1998)   | Dal 2006 al 2008                          | ND  |
|   | EURO V COM(1998)  | Oltre il 2008                             | ND  |
| Motocini (< 50 cm <sup>3</sup> )                      | Convenzionali   | Fino al 30.06.1999                        | Immat. fino al 30.06.1999                 |
|   | 97/24/EC Stage 1  | Dal 01.07.1999 al 30.06.2000              | Immat. dal 01.07.1999 al 30.06.2000       |
|   | 97/24/EC Stage 2  | Dal 01.07.2000                            | Immat. dal 01.07.2000                     |
| Motocicli a due tempi (> 50 cm <sup>3</sup> )         | Convenzionali   | Fino al 30.06.1999                        | ND  |
|   | 97/24/EC  | Oltre il 01.07.1999                       | ND  |
| Motocicli a quattro tempi (50-250 cm <sup>3</sup> )   | Convenzionali   | Fino al 30.06.1999                        | Immat. fino al 30.06.1999                 |
|   | 97/24/EC  | Oltre il 01.07.1999                       | Immat. dal 01.07.1999 ad oggi             |
| Motocicli a quattro tempi (250-750 cm <sup>3</sup> )  | Convenzionali   | Fino al 30.06.1999                        | Immat. fino al 30.06.1999                 |
|   | 97/24/EC  | Oltre il 01.07.1999                       | Immat. dal 01.07.1999 ad oggi             |
| Motocicli a quattro tempi (> 750 cm <sup>3</sup> )    | Convenzionali   | Fino al 30.06.1999                        | Immat. fino al 30.06.1999                 |
|   | 97/24/EC  | Oltre il 01.07.1999                       | Immat. dal 01.07.1999 ad oggi             |

Al fine di determinare per ciascun inquinante delle funzioni di stima delle emissioni, per ogni classe dei veicoli, riportati nella figura precedente, è utile conoscere ulteriori informazioni relative alle condizioni di guida: le percorrenze medie annue e le velocità medie distinte in base al ciclo di guida ovvero alla tipologia di percorso effettuato (urbano, extraurbano, autostradale).

Per gli algoritmi e le procedure che portano alla definizione delle funzioni di stima delle emissioni si rimanda a trattazioni specifiche, si riportano di seguito i dati di input utilizzati per la metodologia in questione:

- **Dati di attività:**
  - Numero di veicoli;
  - Percorrenza media per tipo di tragitto (urbano, extraurbano, autostradale);
  - Velocità media;
- **Dati di tragitto:**
  - Frazioni di percorrenza compiute “a freddo”;
- **Dati ambientali:**
  - Condizioni climatiche;
  - Altitudine;
- **Dati sul carburante:**
  - Consumi;
  - Caratteristiche (composizione, volatilità, ecc.);

Il metodo COPERT III consente di modellizzare l'effetto di alcuni parametri che influenzano l'andamento dei fattori di emissione; i principali sono:

- Età del veicolo (chilometraggio percorso);
- Manutenzione del veicolo;
- Fattori di gradiente
- Effetto della pendenza stradale;
- Carico dei veicoli.

Applicando le funzioni di trasferimento a questi dati in input, si ottengono i fattori di emissione per ciascun inquinante, per ciascuna categoria di veicolo e per ciascun tipo di percorrenza, solitamente espressi in [g/km\*veicolo].

Dato che è impossibile conoscere le vere emissioni, è altrettanto impossibile fornire una misura precisa dell'incertezza derivante dall'applicazione della metodologia COPERT; è però ottenibile una stima di massima di tale incertezza. In primo luogo è opportuno distinguere i tipi di errore che si possono commettere:

- incertezza strumentale nelle operazioni di misura
- incertezza dovuta alla modellizzazione (per esempio: qual è l'affidabilità delle curve che forniscono il fattore di emissione al variare della velocità? e via di questo passo).

All'interno di queste due categorie principali, è possibile fare la solita distinzione statistica tra errori casuali ed errori sistematici. I primi sono quelli dovuti sostanzialmente a malfunzionamenti occasionali delle apparecchiature, a scarsità di dati o ad errori di calcolo. I secondi, invece, possono essere insiti nelle formule che si usano o derivare da una sottostima (o sovrastima) ripetuta dei parametri che vi intervengono (sia per i fattori di emissione che per gli indici di attività). La tabella seguente ripartisce tra le categorie di errore a) e b) viste sopra i più comuni errori sistematici.

Tabella 18 - Errori sistematici nell'applicazione della metodologia e per tipologia

| Step della metodologia                             | Tipi di errori sistematici   |
|--|--|
| Misure e fattori di emissione<br>Tipo di errore a) | Errori nella scelta dei parametri di simulazione del traffico reale (per esempio, i cicli di guida riprodotti sul banco a rulli non corrispondono ai cicli di guida effettivi).<br>Errori nella misura dei fattori di emissione, specialmente nel caso delle emissioni a freddo ed evaporative.  |
| Fattori di emissione<br>Tipo di errore b)          | Errori nella scelta dei fattori di emissione usati per il calcolo (non rappresentatività dei valori reali del parco auto circolante).<br>Errori di calcolo e/o nell'implementazione della metodologia.   |
| Parametri statistici<br>Tipo di errore b)          | Errori nella valutazione delle percorrenze, nella stima della lunghezza del tragitto medio $l_{trip}^{(52)}$ , nella velocità media (per tipologia di tragitto e/o su base temporale); in questo caso un controllo è offerto dal bilancio dei consumi di combustibile, ma non sempre è facilmente applicabile, né tiene sempre conto di errori sistematici nel caso delle emissioni evaporative.<br>Errori nella ripartizione del parco auto circolante all'interno delle 105 classi COPERT. |

Mentre, è chiaro, poco può essere fatto per cercare di ovviare agli errori casuali, si può cercare di intervenire sugli errori sistematici sostanzialmente seguendo due strade diverse:

- fornendo una valutazione statistica dell'affidabilità dei valori e delle formule applicati (generalmente tramite la deviazione standard dal valore medio, i minimi quadrati e la propagazione degli errori);
- confrontando tra loro i risultati forniti da diverse metodologie di calcolo e raffrontarli ai valori reali misurati (per esempio, restando all'interno della metodologia COPERT, verificare la discrepanza di valori tra un approccio top-down ed uno bottom-up su una stessa zona nel medesimo arco temporale).

### 6.3.2 Codice di calcolo MISKAM stima delle immissioni

In termini generali un modello di qualità dell'aria o "modello di dispersione in atmosfera" è un algoritmo matematico che ha come obiettivo il calcolo delle concentrazioni in atmosfera di uno o più inquinanti emessi da un insieme di sorgenti definito.

Le due principali categorie di modelli sono i modelli stocastici e quelli deterministici. Nel caso del presente studio utilizzando il modello MISKAM si fa riferimento ad un modello di tipo deterministico. I modelli deterministici sono costituiti da algoritmi matematici che riproducono ( in misura più o meno approfondita a seconda della tipologia del modello stesso) i processi di diffusione, trasporto e trasformazione chimica a cui gli inquinanti sono sottoposti una volta emessi nell'atmosfera.

La normativa, in particolare il D.M. 261/2002, fa riferimento a modelli di tipo deterministico in quanto permettono potenzialmente di affrontare qualsiasi tipo di scenario di simulazione.

I modelli deterministici, per la loro stessa natura, hanno la necessità di essere alimentati con una serie di dati di ingresso, suddivisibili in tre tipologie generali:

- dati geografici, che descrivono le caratteristiche geografiche del territorio in cui avviene l'emissione, in particolare l'orografia. L'ambito territoriale in cui avviene l'applicazione del modello viene chiamato dominio di calcolo;
- dati emissivi (esaminati nel paragrafo precedente), che descrivono le caratteristiche delle fonti di inquinamento atmosferico che vengono prese in considerazione, in particolare la quantità e la tipologia degli inquinanti emessi;
- dati meteorologici, che descrivono le modalità con cui gli inquinanti vengono dispersi nell'atmosfera, in particolare l'anemologia e i fenomeni legati alla turbolenza e alla stabilità atmosferica.

I modelli suddetti sono in grado di sviluppare gli scenari così caratterizzati:

- scenario 1 - Dispersione di inquinanti rilasciati da sorgenti lineari, sorgenti aerali, sorgenti puntiformi non isolate (microscala e scala locale);
- scenario 2 - Dispersione di inquinanti rilasciati da sorgenti puntiformi anche isolate, aerali e lineari relative al traffico extraurbano (scala locale e mesoscala);
- scenario 3 - Formazione e dispersione di inquinanti secondari (mesoscala).

La suddivisione proposta si presta, come tutte, a una parziale sovrapposizione degli scenari che la compongono, ma è stata preferita ad altre in quanto ogni scenario è relativo ad una delle situazioni che coloro che operano nel campo dell'inquinamento atmosferico si trovano ad affrontare con più frequenza: la valutazione dell'aria ambiente su un'area urbana anche di dimensioni estese (scenario 1), la valutazione di impatto sull'aria ambiente di un'emissione industriale o di una infrastruttura viaria (scenario 2), la valutazione dell'inquinamento da ozono troposferico sul territorio di una o più regioni confinanti (scenario 3).

É da sottolineare inoltre che le indicazioni relative agli scenari 2 e 3, nel loro insieme, forniscono l'inquadramento metodologico utile all'utilizzo dei modelli all'interno della valutazione dell'aria ambiente in ambito regionale, prevista dal D.Lgs n. 351/1999.

La suddivisione suindicata è riportata nel documento dell'ANPA :“Linee guida per la selezione e l'applicazione dei modelli di dispersione atmosferica per la valutazione della qualità dell'aria”. In particolare si eseguono le indicazioni relative allo Scenario 2.

Lo scenario in questione si presta bene per dispersioni di inquinanti emessi da traffico veicolare di un'arteria stradale e dallo studio di episodi critici della durata di pochi minuti fino alla definizione delle concentrazioni medie annue; i domini di calcolo su cui effettuare le valutazioni possono essere pianeggianti o di grande complessità topografica e le caratteristiche meteo - diffusive semplici o complesse.

Si riportano di seguito le caratteristiche dello scenario per il nuovo assetto viario in progetto:

- Scala spaziale: dominio rettangolari per sorgenti lineari estese solo in una dimensione.
- Scala temporale: sono considerati i casi relativi al valore medio giornaliero ed un caso critico nell'ora di punta;
- Ambito territoriale: sito semplice (orografia semplice, caratteristiche territoriali e/o meteorologiche omogenee).
- Tipologia di sorgente: lineare;
- Tipologia di inquinanti: inquinanti primari con scarsa reattività o comunque con processi di trasformazione non rilevanti sul dominio di calcolo e per il tempo di permanenza;
- Tipologia di modelli di calcolo: modello Euleriano a griglia tridimensionale, che risolve numericamente le equazioni euleriane del moto di diffusione dell'inquinante, in un dominio tridimensionale discretizzato in una griglia con celle di dimensione variabile.

Questa modellazione numerica è effettuata mediante il codice di calcolo MISKAM (Mikroskaliges Klima und Ausbreitungsmodell) sviluppato dall'Istituto di fisica dell'atmosfera dell'Università di Mainz, ed integrato nell'ambiente di lavoro del software SoundPLAN della Braunstein + Berndt GmbH (Backnang - Germany), diffuso e validato a livello internazionale anche per il calcolo e la previsione della propagazione nell'ambiente del rumore derivato da traffico veicolare, ferroviario, aeroportuale e da insediamenti industriali.

### 6.3.3 Definizione del modello e simulazione dello stato di progetto

I dati utilizzati per la definizione del modello di simulazione sono:

- classificazione e caratteristiche tecnico-geometriche dell'assetto viario stradale in progetto ed esistente
- elaborati progettuali digitali, comprendenti tracciati planimetrici, profili altimetrici e sezioni trasversali delle strade
- rilievo celerimetrico di dettaglio e planimetria di progetto;
- Elaborati progettuali relativi a i nuovi edifici in progetto;
- dati di traffico;
- dati anemometrici caratteristici dell'area in esame.

Il materiale documentale è stato integrato da sopralluoghi in sito mirati a definire le porzioni di territorio interessate dallo studio, ad analizzarne la relativa morfologia e corografia e in particolar modo ad individuare i principali recettori. A tal proposito si rimanda alla Tav. B.6.3, Planimetria con punti di vista fotografici dello stato attuale.

Sulla scorta del materiale disponibile si è proceduto all'inserimento nel software dei seguenti elementi:

- modello digitale del terreno (DGM Digital Ground Model) ottenuto sulla base di curve di livello e punti di elevazione provenienti dalla cartografia numerica, che descrive con sufficiente accuratezza la morfologia del terreno, opportunamente modificata tenendo conto degli interventi sul terreno previsti dal progetto stesso;
- modelli tridimensionali degli edifici ottenuti sulla base del rilievo di dettaglio e integrazioni dovute a sopralluoghi;
- modelli tridimensionali degli edifici in progetto;
- modello tridimensionale delle opere stradali in progetto;
- dati di emissione degli inquinanti e caratterizzazione delle sorgenti
- dati meteorologici nella fattispecie dati di vento e gradiente termico

La disponibilità di dati cartografici in formato numerico permette di ottenere un controllo completo ed un'accuratezza elevata nella modellazione dello stato reale.

Inoltre, ciascuno degli elementi è caratterizzato mediante l'attribuzione di tutte le grandezze e le caratteristiche d'esercizio idonee per simulare con accuratezza lo stato reale; infatti vengono assegnate specifiche per le strade (tipo di profilo, tipo di pavimentazione, dati di traffico, ecc.) e per gli edifici (numero di piani, destinazione d'uso, ecc.).

Come sorgenti di emissione vengono considerate oltre a quella principale ossia SS 224 anche alcune sorgenti che si possono ritenere secondarie per avere un livello di emissione che potrebbe essere trascurabile. Pertanto per una migliore caratterizzazione dell'emissione all'interno dell'area di progetto si tiene conto anche delle seguenti strade:

- SS 224
- Variante SS 224 (tra le due rotatorie)
- Via Da Verazzano
- Viale D'Annunzio (accesso residenze)
- Via Barbolani
- Via Curzolani
- Via Corsini
- Via Sirenetta
- Via Maiorca
- Via Ginestra
- Via Ciurini
- Variante SS 234 (tronco a Sud dell'innesto con via Barbolani- Via Nizza)
- Via Milazzo

Inoltre per quanto riguarda i parcheggi in progetto vengono ipotizzate delle emissioni a freddo e considerati come sorgenti lineari secondo le condizioni medie giornaliere e nelle condizioni critiche.

## 7 CALCOLO DISPERSIONE DI INQUINANTI SITUAZIONE IN PROGETTO

### 7.1 Stima delle emissioni

Per la stima delle emissioni si fa riferimento in primo luogo a “Effetti sulla mobilità” redatto nell’ambito del presente studio Valutazione degli effetti ambientali delle opere in progetto. In particolare si fa riferimento all’anno di probabile entrata in esercizio delle opere e quindi ai valori di volume di traffico massimo mensile nel mese di Agosto ( $TGMM_{max}$  pari al 142 % del TGMA) e volume di *traffico giornaliero medio su base annuale* (TGMA) per gli anni 2010 e 2015.

Si fa riferimento ai valori di traffico del grafo urbano di interesse per l’area di progetto secondo quando riportato nella tabella seguente.

Tabella 19- Valori di traffico medio annuo per la viabilità nell’area di progetto

| Sorgente | Descrizione   | Veicoli Totali | Veicoli Leggeri | Veicoli Pesanti |
|----------|---|----------------|-----------------|-----------------|
| 1        | SS 224  | 24542          | 22479           | 2063            |
| 2        | Variante SS 224 (tra le due rotatorie)                                    | 22479          | 20390           | 2089            |
| 3        | Via Da Verazzano  | 1692           | 1631            | 61              |
| 4        | Viale D'Annunzio (accesso residenze)                                      | 2998           | 2889            | 109             |
| 5        | Via Barbolani   | 15416          | 14858           | 558             |
| 6        | Via Curzolani   | 2244           | 2163            | 81              |
| 7        | Via Corsini   | 2386           | 2300            | 86              |
| 8        | Via Sirenetta   | 6994           | 6741            | 253             |
| 9        | Via Maiorca   | 14744          | 14210           | 534             |
| 10       | Via Ginestra  | 6953           | 6701            | 252             |
| 11       | Via Ciurini   | 13785          | 13286           | 499             |
| 12       | Variante SS 234 (tronco a Sud dell'innesto con via Barbolani- Via Ivizza) | 16762          | 16155           | 607             |
| 13       | Via Milazzo   | 4261           | 4107            | 154             |

Tabella. 20 - Valori di traffico critico mese di agosto per la viabilità nell'area di progetto

| Sorgente | Descrizione   | Veicoli Totali | Veicoli Leggeri | Veicoli Pesanti |
|----------|---|----------------|-----------------|-----------------|
| 1        | SS 224  | 34850          | 31920           | 2929            |
| 2        | Variante SS 224 (tra le due rotatorie)                                    | 31920          | 28954           | 2966            |
| 3        | Via Da Verazzano  | 2403           | 2316            | 87              |
| 4        | Viale D'Annunzio (accesso residenze)                                      | 4257           | 4102            | 155             |
| 5        | Via Barbolani   | 21891          | 21098           | 792             |
| 6        | Via Curzolani   | 3186           | 3071            | 115             |
| 7        | Via Corsini   | 3388           | 3266            | 122             |
| 8        | Via Sirenetta   | 9931           | 9572            | 359             |
| 9        | Via Maiorca   | 20936          | 20178           | 758             |
| 10       | Via Ginestra  | 9873           | 9515            | 358             |
| 11       | Via Ciurini   | 19575          | 18866           | 709             |
| 12       | Variante SS 234 (tronco a Sud dell'innesto con via Barbolani- Via Ivizza) | 23802          | 22940           | 862             |
| 13       | Via Milazzo   | 6051           | 5832            | 219             |

Ad esclusione del tratto in variante della S.S. 224 dove la percentuale dei veicoli pesanti si attesta al valore 10,7 % (3,3% nelle ore notturne) nella direzione Pisa Tirrenia, la viabilità urbana è caratterizzata da modeste percentuali di traffico pesante che non superano mai il valore del 4% diurno e del 2% notturno. Occorre per altro precisare che nelle analisi svolte si sono considerati “pesanti” anche caravan, roulotte, e veicoli commerciali leggeri; pertanto, le percentuali dei veicoli più nocivi in termini di emissioni di inquinanti, di rumori, e vibrazioni, come autobus, autosnodati, mezzi speciali, ecc., sono praticamente trascurabili.

In secondo luogo poiché i dati di rilievo esistenti risultano insufficienti per poter applicare la metodologia COPERT III , si è ritenuto procedere alla stima, mediante l'utilizzo di “Fattori di emissione medi per il parco circolante in Italia nel 1997” che rappresentano i dati più aggiornati e rappresentativi della realtà in esame.

I cui valori estratti dal documento pubblicato dell'ANPA (Le emissioni in atmosfera da traffico veicolare – Stato dell'ambiente n.12/2000) sono riportati in APPENDICE A.

Al fine di affinare il calcolo delle emissioni tenendo conto di come varia notevolmente l'emissione di inquinanti al variare dell'anno di immatricolazione, tipologia di carburante, tipo di veicolo, ecc.; si è proceduto utilizzando i dati del parco macchine nazionale desunto dall'annuario statistico del giugno 2005 fornito dall'ACI (vedasi APPENDICE B).

Nella fattispecie si è proceduto ad effettuare un calcolo più preciso per quanto concerne le autovetture mentre per quanto concerne i veicoli pesanti si è proceduto ad individuare il valore di emissione medio fornito dai dati ANPA. Quest'ultima considerazione consiste nell'attribuire ai veicoli pesanti un valore

di emissione che prescinde dai dati statistici dell'ACI ma che comunque è da ritenersi cautelativo in quanto si provvede da utilizzare il valore maggiore.

Si riportano nei paragrafi seguenti i calcoli per la quantificazione delle emissioni.

Per quanto concerne le emissioni dei parcheggi in progetto si è provveduto ad effettuare una analogia secondo quanto previsto dal modello SoundPlan per la valutazione di impatto acustico. I dati di input sono il numero dei posti per ogni parcheggio e gli spostamenti medi orari di giorno e di notte. In questo modo avendo il numero di veicoli che si spostano si attribuisce al parcheggio stesso una sorgente lineare di emissione moltiplicando il numero di veicoli per l'emissione di sostanza inquinante nelle condizioni a freddo.

### 7.1.1 Calcolo Emissioni Ossidi di azoto NOx

Tabella 21 - NOx Valore medio Autovetture a benzina (< 1400 cm<sup>3</sup>)

| EMISSIONE A CALDO [g / veic x km]       |               |               |               |
|---|---------------|---------------|---------------|
|   | Urbano        | Extra Urbano  | Autostradale  |
| Autovetture immatricolate<br>1985-1992  | 1.5576        | 1.9372        | 2.7744        |
| Autovetture immatricolate<br>1993 -1996 | 0.3880        | 0.3840        | 0.6890        |
| Autovetture immatricolate<br>dal 1997   | 0.1663        | 0.1559        | 0.2436        |
| <b>Valore medio</b>                     | <b>0.7040</b> | <b>0.8257</b> | <b>1.2357</b> |
| EMISSIONE TOTALE [g / veic x km]        |               |               |               |
|   | Urbano        | Extra Urbano  | Autostradale  |
| Autovetture immatricolate<br>1985-1992  | 1.6428        | 1.9372        | 2.7744        |
| Autovetture immatricolate<br>1993 -1996 | 1.2931        | 0.3913        | 0.6090        |
| Autovetture immatricolate<br>dal 1997   | 0.5540        | 0.1590        | 0.2436        |
| <b>Valore medio</b>                     | <b>1.1633</b> | <b>0.8292</b> | <b>1.2090</b> |

Tabella 22 - NOx Valore medio Autovetture a benzina (1400 – 2000 cm<sup>3</sup>)

| EMISSIONE A CALDO [g / veic x km]       |               |               |               |
|---|---------------|---------------|---------------|
|   | Urbano        | Extra Urbano  | Autostradale  |
| Autovetture immatricolate<br>1985-1992  | 1.8553        | 2.5304        | 4.1096        |
| Autovetture immatricolate<br>1993 -1996 | 0.3764        | 0.2644        | 0.6329        |
| Autovetture immatricolate<br>dal 1997   | 0.1656        | 0.1164        | 0.2787        |
| <b>Valore medio</b>                     | <b>0.7991</b> | <b>0.9704</b> | <b>1.6737</b> |
| EMISSIONE TOTALE [g / veic x km]        |               |               |               |
|   | Urbano        | Extra Urbano  | Autostradale  |
| Autovetture immatricolate<br>1985-1992  | 1.9686        | 2.5521        | 4.1096        |
| Autovetture immatricolate<br>1993 -1996 | 1.3479        | 0.4104        | 0.6329        |
| Autovetture immatricolate<br>dal 1997   | 0.5932        | 0.1807        | 0.2787        |
| <b>Valore medio</b>                     | <b>1.3032</b> | <b>1.0478</b> | <b>1.6737</b> |

Tabella 23 - NOx Valore medio Autovetture a benzina (> 2000 cm<sup>3</sup>)

| EMISSIONE A CALDO [g / veic x km]       |               |               |               |
|---|---------------|---------------|---------------|
|   | Urbano        | Extra Urbano  | Autostradale  |
| Autovetture immatricolate<br>1985-1992  | 2.2433        | 2.6409        | 4.5774        |
| Autovetture immatricolate<br>1993 -1996 | 0.2717        | 0.2037        | 0.6327        |
| Autovetture immatricolate<br>dal 1997   | 0.1197        | 0.0901        | 0.2793        |
| <b>Valore medio</b>                     | <b>0.8782</b> | <b>0.9782</b> | <b>1.8298</b> |
| EMISSIONE TOTALE [g / veic x km]        |               |               |               |
|   | Urbano        | Extra Urbano  | Autostradale  |
| Autovetture immatricolate<br>1985-1992  | 2.3803        | 2.6807        | 4.5774        |
| Autovetture immatricolate<br>1993 -1996 | 0.9730        | 0.3792        | 0.6327        |
| Autovetture immatricolate<br>dal 1997   | 0.4287        | 0.1674        | 0.2793        |
| <b>Valore medio</b>                     | <b>1.2607</b> | <b>1.0758</b> | <b>1.8298</b> |

Tabella 24 Pesì percentuali per cilindrata Autovetture a benzina

| CILINDRATA           |                        |                             |                        |
|----------------------|------------------------|-----------------------------|------------------------|
|                      | < 1400 cm <sup>3</sup> | 1400 - 2000 cm <sup>3</sup> | > 2000 cm <sup>3</sup> |
| Peso percentuale [%] | 67.9                   | 30.5                        | 1.6                    |

Tabella 25 Emissioni NOx medie ponderate Autovetture a benzina

| EMISSIONI NOx PER TIPOLOGIA DI TRAFFICO |        |              |              |
|---|--------|--------------|--------------|
|   | Urbano | Extra Urbano | Autostradale |
| EMISSIONE A CALDO<br>[g / veic x km]    | 0.7358 | 0.8723       | 1.3788       |
| EMISSIONE TOTALE<br>[g / veic x km]     | 1.2075 | 0.9000       | 1.3606       |

Tabella 26 - NOx Valore medio Autovetture a diesel (< 2000 cm<sup>3</sup>)

| EMISSIONE A CALDO [g / veic x km]         |               |               |               |
|---|---------------|---------------|---------------|
|   | Urbano        | Extra Urbano  | Autostradale  |
| Autovetture immatricolate<br>fino al 1994 | 0.6311        | 0.4416        | 0.6001        |
| Autovetture immatricolate<br>1994 -1996   | 0.5462        | 0.2557        | 0.2657        |
| Autovetture immatricolate<br>dal 1997     | 0.2403        | 0.1126        | 0.1171        |
| <b>Valore medio</b>                       | <b>0.4725</b> | <b>0.2670</b> | <b>0.3276</b> |
| EMISSIONE TOTALE [g / veic x km]          |               |               |               |
|   | Urbano        | Extra Urbano  | Autostradale  |
| Autovetture immatricolate<br>fino al 1994 | 0.7125        | 0.4632        | 0.6001        |
| Autovetture immatricolate<br>1994 -1996   | 0.6167        | 0.2744        | 0.2657        |
| Autovetture immatricolate<br>dal 1997     | 0.2714        | 0.1208        | 0.1171        |
| <b>Valore medio</b>                       | <b>0.5335</b> | <b>0.2861</b> | <b>0.3276</b> |

Tabella 27 - NOx Valore medio Autovetture a diesel (> 2000 cm<sup>3</sup>)

| EMISSIONE A CALDO [g / veic x km]      |               |               |               |
|--|---------------|---------------|---------------|
|  | Urbano        | Extra Urbano  | Autostradale  |
| Autovetture immatricolate fino al 1994 | 0.9641        | 0.7229        | 1.0862        |
| Autovetture immatricolate 1994 -1996   | 0.5462        | 0.2342        | 0.3277        |
| Autovetture immatricolate dal 1997     | 0.2403        | 0.1032        | 0.1444        |
| <b>Valore medio</b>                    | <b>0.5835</b> | <b>0.3534</b> | <b>0.5194</b> |
| EMISSIONE TOTALE [g / veic x km]       |               |               |               |
|  | Urbano        | Extra Urbano  | Autostradale  |
| Autovetture immatricolate fino al 1994 | 1.0885        | 0.7593        | 1.0862        |
| Autovetture immatricolate 1994 -1996   | 0.6167        | 0.2548        | 0.3277        |
| Autovetture immatricolate dal 1997     | 0.2714        | 0.1122        | 0.1444        |
| <b>Valore medio</b>                    | <b>0.6589</b> | <b>0.3754</b> | <b>0.5194</b> |

Tabella 28 - Pesi percentuali per cilindrata Autovetture a diesel

| CILINDRATA           |                        |                             |                        |
|----------------------|------------------------|-----------------------------|------------------------|
|                      | < 1400 cm <sup>3</sup> | 1400 - 2000 cm <sup>3</sup> | > 2000 cm <sup>3</sup> |
| Peso percentuale [%] | 7.0                    | 72.6                        | 20.4                   |

Tabella 29 Emissioni NOx medie ponderate Autovetture a diesel

| EMISSIONI NOx PER TIPOLOGIA DI TRAFFICO |        |              |              |
|---|--------|--------------|--------------|
|   | Urbano | Extra Urbano | Autostradale |
| EMISSIONE A CALDO [g / veic x km]       | 0.4951 | 0.2846       | 0.3667       |
| EMISSIONE TOTALE [g / veic x km]        | 0.5591 | 0.3043       | 0.3667       |

Tabella 30 - NOx Valore medio Autovetture a GPL

| EMISSIONE A CALDO [g / veic x km]    |               |               |               |
|--------------------------------------|---------------|---------------|---------------|
|                                      | Urbano        | Extra Urbano  | Autostradale  |
| Autovetture immatricolate al 1992    | 1.9250        | 2.5263        | 2.9347        |
| Autovetture immatricolate 1993 -1996 | 0.3953        | 0.2873        | 0.3188        |
| Autovetture immatricolate dal 1997   | 0.1742        | 0.1282        | 0.1453        |
| <b>Valore medio</b>                  | <b>0.8315</b> | <b>0.9806</b> | <b>1.1329</b> |
| EMISSIONE TOTALE [g / veic x km]     |               |               |               |
|                                      | Urbano        | Extra Urbano  | Autostradale  |
| Autovetture immatricolate al 1992    | 1.7601        | 2.5254        | 2.9347        |
| Autovetture immatricolate 1993 -1996 | 0.3614        | 0.2871        | 0.3188        |
| Autovetture immatricolate dal 1997   | 0.1593        | 0.1281        | 0.1453        |
| <b>Valore medio</b>                  | <b>0.7603</b> | <b>0.9802</b> | <b>1.1329</b> |

Tabella 31 - Percentuale censita per tipologia di carburante autovetture anno 2004

|         | Benzina [%] | Diesel [%] | Altro (GPL) [%] |
|---------|-------------|------------|-----------------|
| TOSCANA | 73.4        | 23.3       | 3.3             |
| ITALIA  | 70.9        | 25.2       | 3.8             |

Tabella 32 Emissioni NOx Veicoli leggeri

| EMISSIONI NOx PER TIPOLOGIA DI TRAFFICO |        |              |              |
|---|--------|--------------|--------------|
|   | Urbano | Extra Urbano | Autostradale |
| EMISSIONE A CALDO<br>[g / veic x km]    | 0.6028 | 0.7389       | 1.1349       |
| EMISSIONE TOTALE<br>[g / veic x km]     | 1.0417 | 0.7638       | 1.1215       |
| EMISSIONE A FREDDO<br>[g / veic x km]   | 0.4137 | ---          | --           |

Tabella 33 - NOx Veicoli pesanti Diesel (&gt;3.5 t)

| EMISSIONE A CALDO [g / veic x km] |                |               |               |
|-----------------------------------|----------------|---------------|---------------|
|                                   | Urbano         | Extra Urbano  | Autostradale  |
| Immatricolati fino al 1993        | 12.2946        | 5.9683        | 6.8087        |
| Immatricolati 1993 -1996          | 8.3554         | 4.4769        | 4.5052        |
| Immatricolati dal 1997            | 6.3389         | 3.5583        | 4.8678        |
| <b>Valore medio</b>               | <b>8.9963</b>  | <b>4.6678</b> | <b>5.3939</b> |
| <b>Valore Utilizzato</b>          | <b>12.2946</b> | <b>5.9683</b> | <b>6.8087</b> |
| EMISSIONE TOTALE [g / veic x km]  |                |               |               |
|                                   | Urbano         | Extra Urbano  | Autostradale  |
| Immatricolati fino al 1993        | 12.2946        | 5.9683        | 6.8087        |
| Immatricolati 1993 -1996          | 8.3554         | 4.4769        | 4.5052        |
| Immatricolati dal 1997            | 6.3389         | 3.5583        | 4.8678        |
| <b>Valore medio</b>               | <b>8.9963</b>  | <b>4.6678</b> | <b>5.3939</b> |
| <b>Valore Utilizzato</b>          | <b>12.2946</b> | <b>5.9683</b> | <b>6.8087</b> |

Tabella 34 Emissioni NOx Veicoli pesanti

| EMISSIONI NOx PER TIPOLOGIA DI TRAFFICO |         |              |              |
|---|---------|--------------|--------------|
|   | Urbano  | Extra Urbano | Autostradale |
| EMISSIONE A CALDO<br>[g / veic x km]    | 12.2946 | 5.9683       | 6.8087       |
| EMISSIONE TOTALE<br>[g / veic x km]     | 12.2946 | 5.9683       | 6.8087       |

Si riportano infine nelle tabelle contenenti i valori di emissione del NOx di calcolo utilizzati nella simulazione con il modello Miskam per il progetto in questione. Il calcolo viene effettuato nell'ipotesi di emissione totale e tipologia di traffico di tipo urbano considerando il contributo dei veicoli leggeri e pesanti. Le emissioni sono state calcolate in due condizioni: medie (Traffico giornaliero medio annuo) e estreme (Traffico giornaliero medio mensile massimo) nell'anno 2010. Si riportano altresì i valori di emissione per i parcheggi in progetto.

Tabella 35a Emissioni di calcolo NOx in condizioni medie

| SORGENTE 1      | NOx<br>[g / veic x km] | NOx<br>[kg / km giorno] |
|-----------------|------------------------|-------------------------|
| LEGGERI         |                        |                         |
| 22479           | 1.0417                 | 23.42                   |
| PESANTI         |                        |                         |
| 2063            | 12.2946                | 25.36                   |
| TOTALE<br>24542 | 1.9876                 | 48.78                   |
|                 |                        |                         |
| SORGENTE 2      | NOx<br>[g / veic x km] | NOx<br>[kg / km giorno] |
| LEGGERI         |                        |                         |
| 20390           | 1.0417                 | 21.24                   |
| PESANTI         |                        |                         |
| 2089            | 12.2946                | 25.68                   |
| TOTALE<br>22479 | 2.0874                 | 46.92                   |
|                 |                        |                         |
| SORGENTE 3      | NOx<br>[g / veic x km] | NOx<br>[kg / km giorno] |
| LEGGERI         |                        |                         |
| 1631            | 1.0417                 | 1.70                    |
| PESANTI         |                        |                         |
| 61              | 12.2946                | 0.75                    |
| TOTALE<br>1692  | 1.4474                 | 2.45                    |
|                 |                        |                         |
| SORGENTE 4      | NOx<br>[g / veic x km] | NOx<br>[kg / km giorno] |
| LEGGERI         |                        |                         |
| 2889            | 1.0417                 | 3.01                    |
| PESANTI         |                        |                         |
| 109             | 12.2946                | 1.34                    |
| TOTALE<br>2998  | 1.4508                 | 4.35                    |
|                 |                        |                         |
| SORGENTE 5      | NOx<br>[g / veic x km] | NOx<br>[kg / km giorno] |
| LEGGERI         |                        |                         |
| 14858           | 1.0417                 | 15.48                   |
| PESANTI         |                        |                         |
| 558             | 12.2946                | 6.86                    |
| TOTALE<br>15416 | 1.4490                 | 22.34                   |
|                 |                        |                         |
| SORGENTE 6      | NOx<br>[g / veic x km] | NOx<br>[kg / km giorno] |
| LEGGERI         |                        |                         |
| 2163            | 1.0417                 | 2.25                    |
| PESANTI         |                        |                         |
| 81              | 12.2946                | 1.00                    |
| TOTALE<br>2244  | 1.4479                 | 3.25                    |

Tabella 35b Emissioni di calcolo NOx in condizioni medie

| SORGENTE 7  | NOx<br>[g / veic x km] | NOx<br>[kg / km giorno] |
|-------------|------------------------|-------------------------|
| LEGGERI     |                        |                         |
| 2300        | 1.0417                 | 2.40                    |
| PESANTI     |                        |                         |
| 86          | 12.2946                | 1.06                    |
| TOTALE      |                        |                         |
| 2386        | 1.4473                 | 3.45                    |
|             |                        |                         |
| SORGENTE 8  | NOx<br>[g / veic x km] | NOx<br>[kg / km giorno] |
| LEGGERI     |                        |                         |
| 6741        | 1.0417                 | 7.02                    |
| PESANTI     |                        |                         |
| 253         | 12.2946                | 3.11                    |
| TOTALE      |                        |                         |
| 6994        | 1.4488                 | 10.13                   |
|             |                        |                         |
| SORGENTE 9  | NOx<br>[g / veic x km] | NOx<br>[kg / km giorno] |
| LEGGERI     |                        |                         |
| 14210       | 1.0417                 | 14.80                   |
| PESANTI     |                        |                         |
| 534         | 12.2946                | 6.57                    |
| TOTALE      |                        |                         |
| 14744       | 1.4493                 | 21.37                   |
|             |                        |                         |
| SORGENTE 10 | NOx<br>[g / veic x km] | NOx<br>[kg / km giorno] |
| LEGGERI     |                        |                         |
| 6701        | 1.0417                 | 6.98                    |
| PESANTI     |                        |                         |
| 252         | 12.2946                | 3.10                    |
| TOTALE      |                        |                         |
| 6953        | 1.4495                 | 10.08                   |
|             |                        |                         |
| SORGENTE 11 | NOx<br>[g / veic x km] | NOx<br>[kg / km giorno] |
| LEGGERI     |                        |                         |
| 13286       | 1.0417                 | 13.84                   |
| PESANTI     |                        |                         |
| 499         | 12.2946                | 6.14                    |
| TOTALE      |                        |                         |
| 13785       | 1.4490                 | 19.98                   |
|             |                        |                         |
| SORGENTE 12 | NOx<br>[g / veic x km] | NOx<br>[kg / km giorno] |
| LEGGERI     |                        |                         |
| 16155       | 1.0417                 | 16.83                   |
| PESANTI     |                        |                         |
| 607         | 12.2946                | 7.46                    |
| TOTALE      |                        |                         |
| 16762       | 1.4492                 | 24.29                   |

Tabella 35c Emissioni di calcolo NOx in condizioni medie

| SORGENTE 13 | NOx<br>[g / veic x km] | NOx<br>[kg / km giorno] |
|-------------|------------------------|-------------------------|
| LEGGERI     |                        |                         |
| 4107        | 1.0417                 | 4.28                    |
| PESANTI     |                        |                         |
| 154         | 12.2946                | 1.89                    |
| TOTALE      |                        |                         |
| 4261        | 1.4484                 | 6.17                    |

Tabella 36a Emissioni di calcolo NOx in condizioni critiche

| SORGENTE 1 | NOx<br>[g / veic x km] | NOx<br>[kg / km giorno] |
|------------|------------------------|-------------------------|
| LEGGERI    |                        |                         |
| 31920      | 1.0417                 | 33.25                   |
| PESANTI    |                        |                         |
| 2929       | 12.2946                | 36.01                   |
| TOTALE     |                        |                         |
| 34849      | 1.9875                 | 69.26                   |
|            |                        |                         |
| SORGENTE 2 | NOx<br>[g / veic x km] | NOx<br>[kg / km giorno] |
| LEGGERI    |                        |                         |
| 28954      | 1.0417                 | 30.16                   |
| PESANTI    |                        |                         |
| 2966       | 12.2946                | 36.47                   |
| TOTALE     |                        |                         |
| 31920      | 2.0873                 | 66.63                   |
|            |                        |                         |
| SORGENTE 3 | NOx<br>[g / veic x km] | NOx<br>[kg / km giorno] |
| LEGGERI    |                        |                         |
| 2316       | 1.0417                 | 2.41                    |
| PESANTI    |                        |                         |
| 87         | 12.2946                | 1.07                    |
| TOTALE     |                        |                         |
| 2403       | 1.4491                 | 3.48                    |
|            |                        |                         |
| SORGENTE 4 | NOx<br>[g / veic x km] | NOx<br>[kg / km giorno] |
| LEGGERI    |                        |                         |
| 4102       | 1.0417                 | 4.27                    |
| PESANTI    |                        |                         |
| 155        | 12.2946                | 1.91                    |
| TOTALE     |                        |                         |
| 4257       | 1.4514                 | 6.18                    |

Tabella 36b Emissioni di calcolo NOx in condizioni critiche

|             |                        |                         |
|-------------|------------------------|-------------------------|
| SORGENTE 5  | NOx<br>[g / veic x km] | NOx<br>[kg / km giorno] |
| LEGGERI     |                        |                         |
| 21908       | 1.0417                 | 22.82                   |
| PESANTI     |                        |                         |
| 792         | 12.2946                | 9.74                    |
| TOTALE      |                        |                         |
| 22700       | 1.4343                 | 32.56                   |
| SORGENTE 6  | NOx<br>[g / veic x km] | NOx<br>[kg / km giorno] |
| LEGGERI     |                        |                         |
| 3071        | 1.0417                 | 3.20                    |
| PESANTI     |                        |                         |
| 115         | 12.2946                | 1.41                    |
| TOTALE      |                        |                         |
| 3186        | 1.4479                 | 4.61                    |
| SORGENTE 7  | NOx<br>[g / veic x km] | NOx<br>[kg / km giorno] |
| LEGGERI     |                        |                         |
| 3266        | 1.0417                 | 3.40                    |
| PESANTI     |                        |                         |
| 122         | 12.2946                | 1.50                    |
| TOTALE      |                        |                         |
| 3388        | 1.4469                 | 4.90                    |
| SORGENTE 8  | NOx<br>[g / veic x km] | NOx<br>[kg / km giorno] |
| LEGGERI     |                        |                         |
| 9572        | 1.0417                 | 9.97                    |
| PESANTI     |                        |                         |
| 359         | 12.2946                | 4.41                    |
| TOTALE      |                        |                         |
| 9931        | 1.4485                 | 14.38                   |
| SORGENTE 9  | NOx<br>[g / veic x km] | NOx<br>[kg / km giorno] |
| LEGGERI     |                        |                         |
| 20178       | 1.0417                 | 21.02                   |
| PESANTI     |                        |                         |
| 758         | 12.2946                | 9.32                    |
| TOTALE      |                        |                         |
| 20936       | 1.4491                 | 30.34                   |
| SORGENTE 10 | NOx<br>[g / veic x km] | NOx<br>[kg / km giorno] |
| LEGGERI     |                        |                         |
| 9515        | 1.0417                 | 9.91                    |
| PESANTI     |                        |                         |
| 358         | 12.2946                | 4.40                    |
| TOTALE      |                        |                         |
| 9873        | 1.4497                 | 14.31                   |

Tabella 36c Emissioni di calcolo NOx in condizioni critiche

| SORGENTE 11 | NOx<br>[g / veic x km] | NOx<br>[kg / km giorno] |
|-------------|------------------------|-------------------------|
| LEGGERI     |                        |                         |
| 18866       | 1.0417                 | 19.65                   |
| PESANTI     |                        |                         |
| 709         | 12.2946                | 8.72                    |
| TOTALE      |                        |                         |
| 19575       | 1.4493                 | 28.37                   |
|             |                        |                         |
| SORGENTE 12 | NOx<br>[g / veic x km] | NOx<br>[kg / km giorno] |
| LEGGERI     |                        |                         |
| 22940       | 1.0417                 | 23.90                   |
| PESANTI     |                        |                         |
| 862         | 12.2946                | 10.60                   |
| TOTALE      |                        |                         |
| 23802       | 1.4492                 | 34.49                   |
|             |                        |                         |
| SORGENTE 13 | NOx<br>[g / veic x km] | NOx<br>[kg / km giorno] |
| LEGGERI     |                        |                         |
| 5832        | 1.0417                 | 6.08                    |
| PESANTI     |                        |                         |
| 219         | 12.2946                | 2.69                    |
| TOTALE      |                        |                         |
| 6051        | 1.4490                 | 8.77                    |

Tabella 37 Emissioni di calcolo NOx per i parcheggi nella situazione media

| EMISSIONI DI CALCOLO NOx PARCHEGGI IN PROGETTO |                        |              |         |                         |
|--|------------------------|--------------|---------|-------------------------|
| SORGENTE                                       | NOx<br>[g / veic x km] | Numero posti | Veicoli | NOx<br>[kg / km giorno] |
| P1   | 0.4137                 | 80           | 800     | 0.3310                  |
| P2   | 0.4137                 | 45           | 450     | 0.1862                  |
| P3   | 0.4137                 | 45           | 450     | 0.1862                  |
| P4   | 0.4137                 | 20           | 200     | 0.0827                  |
| P5   | 0.4137                 | 135          | 1350    | 0.5585                  |
| Pb2  | 0.4137                 | 102          | 1020    | 0.4220                  |
| Pb3  | 0.4137                 | 53           | 530     | 0.2193                  |

## 7.1.2 Calcolo Emissioni CO

Tabella 38 - CO Valore medio Autovetture a benzina (< 1400 cm<sup>3</sup>)

| EMISSIONE A CALDO [g / veic x km]       |                |               |               |
|---|----------------|---------------|---------------|
|   | Urbano         | Extra Urbano  | Autostradale  |
| Autovetture immatricolate<br>1985-1992  | 13.9368        | 6.2830        | 4.3846        |
| Autovetture immatricolate<br>1993 -1996 | 2.9259         | 1.9619        | 4.7024        |
| Autovetture immatricolate<br>dal 1997   | 2.0474         | 1.3714        | 3.2884        |
| <b>Valore medio</b>                     | <b>6.3034</b>  | <b>3.2054</b> | <b>4.1251</b> |
| EMISSIONE TOTALE [g / veic x km]        |                |               |               |
|   | Urbano         | Extra Urbano  | Autostradale  |
| Autovetture immatricolate<br>1985-1992  | 32.3329        | 6.2830        | 4.3846        |
| Autovetture immatricolate<br>1993 -1996 | 21.1856        | 2.1215        | 4.7024        |
| Autovetture immatricolate<br>dal 1997   | 14.8246        | 1.4831        | 3.2884        |
| <b>Valore medio</b>                     | <b>22.7810</b> | <b>3.2958</b> | <b>4.1251</b> |

Tabella 39 - CO Valore medio Autovetture a benzina (1400 – 2000 cm<sup>3</sup>)

| EMISSIONE A CALDO [g / veic x km]       |                |               |               |
|---|----------------|---------------|---------------|
|   | Urbano         | Extra Urbano  | Autostradale  |
| Autovetture immatricolate<br>1985-1992  | 13.9368        | 6.2830        | 5.0002        |
| Autovetture immatricolate<br>1993 -1996 | 2.0486         | 0.8406        | 6.4946        |
| Autovetture immatricolate<br>dal 1997   | 1.4340         | 0.5884        | 4.5462        |
| <b>Valore medio</b>                     | <b>5.8065</b>  | <b>2.5707</b> | <b>5.3470</b> |
| EMISSIONE TOTALE [g / veic x km]        |                |               |               |
|   | Urbano         | Extra Urbano  | Autostradale  |
| Autovetture immatricolate<br>1985-1992  | 35.0667        | 9.9725        | 5.0002        |
| Autovetture immatricolate<br>1993 -1996 | 16.0941        | 3.0162        | 6.4946        |
| Autovetture immatricolate<br>dal 1997   | 11.2657        | 2.1113        | 4.5462        |
| <b>Valore medio</b>                     | <b>20.8088</b> | <b>5.0333</b> | <b>5.3470</b> |

Tabella 40 - CO Valore medio Autovetture a benzina (> 2000 cm<sup>3</sup>)

| EMISSIONE A CALDO [g / veic x km]       |                |               |               |
|---|----------------|---------------|---------------|
|   | Urbano         | Extra Urbano  | Autostradale  |
| Autovetture immatricolate<br>1985-1992  | 13.9368        | 5.2667        | 5.0002        |
| Autovetture immatricolate<br>1993 -1996 | 1.9283         | 0.9163        | 2.6598        |
| Autovetture immatricolate<br>dal 1997   | 1.3500         | 0.6420        | 1.8630        |
| <b>Valore medio</b>                     | <b>5.7384</b>  | <b>2.2750</b> | <b>3.1743</b> |
| EMISSIONE TOTALE [g / veic x km]        |                |               |               |
|   | Urbano         | Extra Urbano  | Autostradale  |
| Autovetture immatricolate<br>1985-1992  | 35.0667        | 11.0692       | 5.0002        |
| Autovetture immatricolate<br>1993 -1996 | 15.1490        | 4.2862        | 2.6598        |
| Autovetture immatricolate<br>dal 1997   | 10.6058        | 3.0013        | 1.8630        |
| <b>Valore medio</b>                     | <b>20.2738</b> | <b>6.1189</b> | <b>3.1743</b> |

Tabella 41 Pesì percentuali per cilindrata Autovetture a benzina

| CILINDRATA           |                        |                             |                        |
|----------------------|------------------------|-----------------------------|------------------------|
|                      | < 1400 cm <sup>3</sup> | 1400 - 2000 cm <sup>3</sup> | > 2000 cm <sup>3</sup> |
| Peso percentuale [%] | 67.9                   | 30.5                        | 1.6                    |

Tabella 42 Emissioni CO medie ponderate Autovetture a benzina

| EMISSIONI CO PER TIPOLOGIA DI TRAFFICO |         |              |              |
|--|---------|--------------|--------------|
|  | Urbano  | Extra Urbano | Autostradale |
| EMISSIONE A CALDO<br>[g / veic x km]   | 6.1428  | 2.9969       | 4.4826       |
| EMISSIONE TOTALE<br>[g / veic x km]    | 22.1394 | 3.8709       | 4.4826       |

Tabella 43 - CO Valore medio Autovetture a diesel (< 2000 cm<sup>3</sup>)

| EMISSIONE A CALDO [g / veic x km]      |               |               |               |
|--|---------------|---------------|---------------|
|  | Urbano        | Extra Urbano  | Autostradale  |
| Autovetture immatricolate fino al 1994 | 0.8521        | 0.5154        | 0.3639        |
| Autovetture immatricolate 1994 -1996   | 0.5712        | 0.2737        | 0.2737        |
| Autovetture immatricolate dal 1997     | 0.3998        | 0.1916        | 0.1916        |
| <b>Valore medio</b>                    | <b>0.6077</b> | <b>0.3269</b> | <b>0.2764</b> |
| EMISSIONE TOTALE [g / veic x km]       |               |               |               |
|  | Urbano        | Extra Urbano  | Autostradale  |
| Autovetture immatricolate fino al 1994 | 1.2828        | 0.6229        | 0.3639        |
| Autovetture immatricolate 1994 -1996   | 0.8599        | 0.3458        | 0.2737        |
| Autovetture immatricolate dal 1997     | 0.6019        | 0.2420        | 0.1916        |
| <b>Valore medio</b>                    | <b>0.9149</b> | <b>0.4046</b> | <b>0.2764</b> |

Tabella 44 - CO Valore medio Autovetture a diesel (> 2000 cm<sup>3</sup>)

| EMISSIONE A CALDO [g / veic x km]      |               |               |               |
|--|---------------|---------------|---------------|
|  | Urbano        | Extra Urbano  | Autostradale  |
| Autovetture immatricolate fino al 1994 | 0.8521        | 0.4922        | 0.3461        |
| Autovetture immatricolate 1994 -1996   | 0.5712        | 0.2512        | 0.3337        |
| Autovetture immatricolate dal 1997     | 0.3998        | 0.1758        | 0.2336        |
| <b>Valore medio</b>                    | <b>0.6077</b> | <b>0.3064</b> | <b>0.3045</b> |
| EMISSIONE TOTALE [g / veic x km]       |               |               |               |
|  | Urbano        | Extra Urbano  | Autostradale  |
| Autovetture immatricolate fino al 1994 | 1.2828        | 0.6105        | 0.3461        |
| Autovetture immatricolate 1994 -1996   | 0.8599        | 0.3305        | 0.3337        |
| Autovetture immatricolate dal 1997     | 0.6019        | 0.2313        | 0.2336        |
| <b>Valore medio</b>                    | <b>0.9149</b> | <b>0.3908</b> | <b>0.3045</b> |

Tabella 45 - Pesi percentuali per cilindrata Autovetture a diesel

| CILINDRATA           |                        |                             |                        |
|----------------------|------------------------|-----------------------------|------------------------|
|                      | < 1400 cm <sup>3</sup> | 1400 - 2000 cm <sup>3</sup> | > 2000 cm <sup>3</sup> |
| Peso percentuale [%] | 7.0                    | 72.6                        | 20.4                   |

Tabella 46 Emissioni CO medie ponderate Autovetture a diesel

| EMISSIONI CO PER TIPOLOGIA DI TRAFFICO |        |              |              |
|--|--------|--------------|--------------|
|  | Urbano | Extra Urbano | Autostradale |
| EMISSIONE A CALDO<br>[g / veic x km]   | 0.6077 | 0.3227       | 0.2821       |
| EMISSIONE TOTALE<br>[g / veic x km]    | 0.9149 | 0.4018       | 0.2821       |

Tabella 47 - CO Valore medio Autovetture a GPL

| EMISSIONE A CALDO [g / veic x km]       |               |               |               |
|---|---------------|---------------|---------------|
|   | Urbano        | Extra Urbano  | Autostradale  |
| Autovetture immatricolate<br>al 1992    | 4.5137        | 1.8466        | 13.7752       |
| Autovetture immatricolate<br>1993 -1996 | 1.9848        | 1.2848        | 4.7048        |
| Autovetture immatricolate<br>dal 1997   | 1.3894        | 0.8994        | 3.2934        |
| <b>Valore medio</b>                     | <b>2.6293</b> | <b>1.3436</b> | <b>7.2578</b> |
| EMISSIONE TOTALE [g / veic x km]        |               |               |               |
|   | Urbano        | Extra Urbano  | Autostradale  |
| Autovetture immatricolate<br>al 1992    | 10.7704       | 1.9454        | 13.7752       |
| Autovetture immatricolate<br>1993 -1996 | 4.7361        | 1.3282        | 4.7048        |
| Autovetture immatricolate<br>dal 1997   | 3.3153        | 0.9298        | 3.2934        |
| <b>Valore medio</b>                     | <b>6.2739</b> | <b>1.4011</b> | <b>7.2578</b> |

Tabella 48 - Percentuale censita per tipologia di carburante autovetture anno 2004

|         | Benzina [%] | Diesel [%] | Altro (GPL) [%] |
|---------|-------------|------------|-----------------|
| TOSCANA | 73.4        | 23.3       | 3.3             |
| ITALIA  | 70.9        | 25.2       | 3.8             |

Tabella 49 Emissioni CO Veicoli leggeri

| EMISSIONI CO PER TIPOLOGIA DI TRAFFICO |         |              |              |
|--|---------|--------------|--------------|
|  | Urbano  | Extra Urbano | Autostradale |
| EMISSIONE A CALDO<br>[g / veic x km]   | 4.7372  | 2.3106       | 3.5955       |
| EMISSIONE TOTALE<br>[g / veic x km]    | 16.6705 | 2.9811       | 3.5955       |
| EMISSIONE A FREDDO<br>[g / veic x km]  | 11.9333 | --           | --           |

Tabella 50 - CO Valore medio Veicoli pesanti Diesel (&gt;3.5 t)

| EMISSIONE A CALDO [g / veic x km] |               |               |               |
|-----------------------------------|---------------|---------------|---------------|
|                                   | Urbano        | Extra Urbano  | Autostradale  |
| Immatricolati fino al 1993        | 4.4909        | 2.1646        | 1.7465        |
| Immatricolati 1993 -1996          | 2.3536        | 1.2977        | 1.1090        |
| Immatricolati dal 1997            | 1.9365        | 1.1134        | 1.0975        |
| <b>Valore medio</b>               | <b>2.9720</b> | <b>1.5252</b> | <b>1.3177</b> |
| EMISSIONE TOTALE [g / veic x km]  |               |               |               |
|                                   | Urbano        | Extra Urbano  | Autostradale  |
| Immatricolati fino al 1993        | 4.4909        | 2.1646        | 1.7465        |
| Immatricolati 1993 -1996          | 2.3536        | 1.2977        | 1.1090        |
| Immatricolati dal 1997            | 1.9365        | 1.1134        | 1.0975        |
| <b>Valore medio</b>               | <b>2.9270</b> | <b>1.5252</b> | <b>1.3177</b> |

Tabella 51 Emissioni CO Veicoli pesanti

| EMISSIONI CO PER TIPOLOGIA DI TRAFFICO |        |              |              |
|--|--------|--------------|--------------|
|  | Urbano | Extra Urbano | Autostradale |
| EMISSIONE A CALDO<br>[g / veic x km]   | 4.4909 | 2.1646       | 1.7465       |
| EMISSIONE TOTALE<br>[g / veic x km]    | 4.4909 | 2.1646       | 1.7465       |

Tabella 52a Emissioni di calcolo CO in condizioni medie

| SORGENTE 1 | CO<br>[g / veic x km] | CO<br>[kg / km giorno] |
|------------|-----------------------|------------------------|
| LEGGERI    |                       |                        |
| 22479      | 16.6705               | 374.74                 |
| PESANTI    |                       |                        |
| 2063       | 4.4909                | 9.26                   |
| TOTALE     |                       |                        |
| 24542      | 15.6467               | 384.00                 |
|            |                       |                        |
| SORGENTE 2 | CO<br>[g / veic x km] | CO<br>[kg / km giorno] |
| LEGGERI    |                       |                        |
| 20390      | 16.6705               | 339.91                 |
| PESANTI    |                       |                        |
| 2089       | 4.4909                | 9.38                   |
| TOTALE     |                       |                        |
| 22479      | 15.5386               | 349.29                 |
|            |                       |                        |
| SORGENTE 3 | CO<br>[g / veic x km] | CO<br>[kg / km giorno] |
| LEGGERI    |                       |                        |
| 1631       | 16.6705               | 27.19                  |
| PESANTI    |                       |                        |
| 61         | 4.4909                | 0.27                   |
| TOTALE     |                       |                        |
| 1692       | 16.2314               | 27.46                  |
|            |                       |                        |
| SORGENTE 4 | CO<br>[g / veic x km] | CO<br>[kg / km giorno] |
| LEGGERI    |                       |                        |
| 2889       | 16.6705               | 48.16                  |
| PESANTI    |                       |                        |
| 109        | 4.4909                | 0.49                   |
| TOTALE     |                       |                        |
| 2998       | 16.2277               | 48.65                  |
|            |                       |                        |
| SORGENTE 5 | CO<br>[g / veic x km] | CO<br>[kg / km giorno] |
| LEGGERI    |                       |                        |
| 14858      | 16.6705               | 247.69                 |
| PESANTI    |                       |                        |
| 558        | 4.4909                | 2.51                   |
| TOTALE     |                       |                        |
| 15416      | 16.2296               | 250.20                 |
|            |                       |                        |
| SORGENTE 6 | CO<br>[g / veic x km] | CO<br>[kg / km giorno] |
| LEGGERI    |                       |                        |
| 2163       | 16.6705               | 36.06                  |
| PESANTI    |                       |                        |
| 81         | 4.4909                | 0.36                   |
| TOTALE     |                       |                        |
| 2244       | 16.2309               | 36.42                  |

Tabella 52b Emissioni di calcolo CO in condizioni medie

| SORGENTE 7      | CO<br>[g / veic x km] | CO<br>[kg / km giorno] |
|-----------------|-----------------------|------------------------|
| LEGGERI         |                       |                        |
| 2300            | 16.6705               | 38.34                  |
| PESANTI         |                       |                        |
| 86              | 4.4909                | 0.39                   |
| TOTALE<br>2386  | 16.2315               | 38.73                  |
|                 |                       |                        |
| SORGENTE 8      | CO<br>[g / veic x km] | CO<br>[kg / km giorno] |
| LEGGERI         |                       |                        |
| 6741            | 16.6705               | 112.38                 |
| PESANTI         |                       |                        |
| 253             | 4.4909                | 1.14                   |
| TOTALE<br>6994  | 16.2299               | 113.51                 |
|                 |                       |                        |
| SORGENTE 9      | CO<br>[g / veic x km] | CO<br>[kg / km giorno] |
| LEGGERI         |                       |                        |
| 14210           | 16.6705               | 236.89                 |
| PESANTI         |                       |                        |
| 534             | 4.4909                | 2.40                   |
| TOTALE<br>14744 | 16.2294               | 239.29                 |
|                 |                       |                        |
| SORGENTE 10     | CO<br>[g / veic x km] | CO<br>[kg / km giorno] |
| LEGGERI         |                       |                        |
| 6701            | 16.6705               | 111.71                 |
| PESANTI         |                       |                        |
| 252             | 4.4909                | 1.13                   |
| TOTALE<br>6953  | 16.2291               | 112.84                 |
|                 |                       |                        |
| SORGENTE 11     | CO<br>[g / veic x km] | CO<br>[kg / km giorno] |
| LEGGERI         |                       |                        |
| 13286           | 16.6705               | 221.48                 |
| PESANTI         |                       |                        |
| 499             | 4.4909                | 2.24                   |
| TOTALE<br>13785 | 16.2296               | 223.73                 |
|                 |                       |                        |
| SORGENTE 12     | CO<br>[g / veic x km] | CO<br>[kg / km giorno] |
| LEGGERI         |                       |                        |
| 16155           | 16.6705               | 269.31                 |
| PESANTI         |                       |                        |
| 607             | 4.4909                | 2.73                   |
| TOTALE<br>16762 | 16.2294               | 272.04                 |

Tabella 52c Emissioni di calcolo CO in condizioni medie

| SORGENTE 13 | CO<br>[g / veic x km] | CO<br>[kg / km giorno] |
|-------------|-----------------------|------------------------|
| LEGGERI     |                       |                        |
| 4107        | 16.6705               | 68.47                  |
| PESANTI     |                       |                        |
| 154         | 4.4909                | 0.69                   |
| TOTALE      |                       |                        |
| 4261        | 16.2303               | 69.16                  |

Tabella 53a Emissioni di calcolo CO in condizioni critiche

| SORGENTE 1 | CO<br>[g / veic x km] | CO<br>[kg / km giorno] |
|------------|-----------------------|------------------------|
| LEGGERI    |                       |                        |
| 31920      | 16.6705               | 532.12                 |
| PESANTI    |                       |                        |
| 2929       | 4.4909                | 13.15                  |
| TOTALE     |                       |                        |
| 34849      | 15.6468               | 545.28                 |
|            |                       |                        |
| SORGENTE 2 | CO<br>[g / veic x km] | CO<br>[kg / km giorno] |
| LEGGERI    |                       |                        |
| 28954      | 16.6705               | 482.68                 |
| PESANTI    |                       |                        |
| 2966       | 4.4909                | 13.32                  |
| TOTALE     |                       |                        |
| 31920      | 15.5388               | 496.00                 |
|            |                       |                        |
| SORGENTE 3 | CO<br>[g / veic x km] | CO<br>[kg / km giorno] |
| LEGGERI    |                       |                        |
| 2316       | 16.6705               | 38.61                  |
| PESANTI    |                       |                        |
| 87         | 4.4909                | 0.39                   |
| TOTALE     |                       |                        |
| 2403       | 16.2295               | 39.00                  |
|            |                       |                        |
| SORGENTE 4 | CO<br>[g / veic x km] | CO<br>[kg / km giorno] |
| LEGGERI    |                       |                        |
| 4102       | 16.6705               | 68.38                  |
| PESANTI    |                       |                        |
| 155        | 4.4909                | 0.70                   |
| TOTALE     |                       |                        |
| 4257       | 16.2270               | 69.08                  |

Tabella 53b Emissioni di calcolo CO in condizioni critiche

|             | CO              | CO               |
|-------------|-----------------|------------------|
|             | [g / veic x km] | [kg / km giorno] |
| SORGENTE 5  |                 |                  |
| LEGGERI     |                 |                  |
| 21908       | 16.6705         | 365.22           |
| PESANTI     |                 |                  |
| 792         | 4.4909          | 3.56             |
| TOTALE      |                 |                  |
| 22700       | 16.2456         | 368.77           |
| SORGENTE 6  |                 |                  |
| LEGGERI     |                 |                  |
| 3071        | 16.6705         | 51.20            |
| PESANTI     |                 |                  |
| 115         | 4.4909          | 0.52             |
| TOTALE      |                 |                  |
| 3186        | 16.2309         | 51.71            |
| SORGENTE 7  |                 |                  |
| LEGGERI     |                 |                  |
| 3266        | 16.6705         | 54.45            |
| PESANTI     |                 |                  |
| 122         | 4.4909          | 0.55             |
| TOTALE      |                 |                  |
| 3388        | 16.2319         | 54.99            |
| SORGENTE 8  |                 |                  |
| LEGGERI     |                 |                  |
| 9572        | 16.6705         | 159.57           |
| PESANTI     |                 |                  |
| 359         | 4.4909          | 1.61             |
| TOTALE      |                 |                  |
| 9931        | 16.2302         | 161.18           |
| SORGENTE 9  |                 |                  |
| LEGGERI     |                 |                  |
| 20178       | 16.6705         | 336.38           |
| PESANTI     |                 |                  |
| 758         | 4.4909          | 3.40             |
| TOTALE      |                 |                  |
| 20936       | 16.2295         | 339.78           |
| SORGENTE 10 |                 |                  |
| LEGGERI     |                 |                  |
| 9515        | 16.6705         | 158.62           |
| PESANTI     |                 |                  |
| 358         | 4.4909          | 1.61             |
| TOTALE      |                 |                  |
| 9873        | 16.2289         | 160.23           |

Tabella 53c Emissioni di calcolo CO in condizioni critiche

|             | CO              | CO               |
|-------------|-----------------|------------------|
| SORGENTE 11 | [g / veic x km] | [kg / km giorno] |
| LEGGERI     |                 |                  |
| 18866       | 16.6705         | 314.51           |
| PESANTI     |                 |                  |
| 709         | 4.4909          | 3.18             |
| TOTALE      |                 |                  |
| 19575       | 16.2294         | 317.69           |
|             |                 |                  |
|             | CO              | CO               |
| SORGENTE 12 | [g / veic x km] | [kg / km giorno] |
| LEGGERI     |                 |                  |
| 22940       | 16.6705         | 382.42           |
| PESANTI     |                 |                  |
| 862         | 4.4909          | 3.87             |
| TOTALE      |                 |                  |
| 23802       | 16.2294         | 386.29           |
|             |                 |                  |
|             | CO              | CO               |
| SORGENTE 13 | [g / veic x km] | [kg / km giorno] |
| LEGGERI     |                 |                  |
| 5832        | 16.6705         | 97.22            |
| PESANTI     |                 |                  |
| 219         | 4.4909          | 0.98             |
| TOTALE      |                 |                  |
| 6051        | 16.2297         | 98.21            |

Tabella 54 Emissioni di calcolo CO per i parcheggi nella situazione media

| EMISSIONI DI CALCOLO CO PARCHEGGI IN PROGETTO |                 |              |         |                  |
|---|-----------------|--------------|---------|------------------|
| SORGENTE                                      | CO              | Numero posti | Veicoli | CO               |
|   | [g / veic x km] |              |         | [kg / km giorno] |
| P1  | 11.9333         | 80           | 800     | 9.5466           |
| P2  | 11.9333         | 45           | 450     | 5.3700           |
| P3  | 11.9333         | 45           | 450     | 5.3700           |
| P4  | 11.9333         | 20           | 200     | 2.3867           |
| P5  | 11.9333         | 135          | 1350    | 16.1100          |
| Pb2   | 11.9333         | 102          | 1020    | 12.1720          |
| Pb3   | 11.9333         | 53           | 530     | 6.3246           |

### 7.1.3 Calcolo Emissioni PM

Le emissioni di PM sono attualmente calcolate, con il modello COPERT II, solo per i veicoli diesel e solo all'uscita della marmitta. Per quanto riguarda le emissioni dei veicoli a benzina non vengono prese in considerazione nell'ambito del presente studio in quanto sono di gran lunga inferiori ai diesel e pertanto si può ritenere trascurabile il loro contributo.

Tabella 55 - PM Valore medio Autovetture a diesel (< 2000 cm<sup>3</sup>)

| EMISSIONE A CALDO [g / veic x km]         |               |               |               |
|---|---------------|---------------|---------------|
|   | Urbano        | Extra Urbano  | Autostradale  |
| Autovetture immatricolate<br>fino al 1994 | 0.2712        | 0.1428        | 0.2058        |
| Autovetture immatricolate<br>1994 -1996   | 0.0633        | 0.0248        | 0.0548        |
| Autovetture immatricolate<br>dal 1997     | 0.0286        | 0.0134        | 0.0299        |
| <b>Valore medio</b>                       | <b>0.1210</b> | <b>0.0603</b> | <b>0.0968</b> |
| EMISSIONE TOTALE [g / veic x km]          |               |               |               |
|   | Urbano        | Extra Urbano  | Autostradale  |
| Autovetture immatricolate<br>fino al 1994 | 0.4841        | 0.2015        | 0.2058        |
| Autovetture immatricolate<br>1994 -1996   | 0.1130        | 0.0385        | 0.0548        |
| Autovetture immatricolate<br>dal 1997     | 0.0511        | 0.0196        | 0.0299        |
| <b>Valore medio</b>                       | <b>0.2161</b> | <b>0.0865</b> | <b>0.0968</b> |

Tabella 56 - PM Valore medio Autovetture a diesel (> 2000 cm<sup>3</sup>)

| EMISSIONE A CALDO [g / veic x km]      |               |               |               |
|--|---------------|---------------|---------------|
|  | Urbano        | Extra Urbano  | Autostradale  |
| Autovetture immatricolate fino al 1994 | 0.2712        | 0.1360        | 0.2532        |
| Autovetture immatricolate 1994 -1996   | 0.0633        | 0.0233        | 0.0728        |
| Autovetture immatricolate dal 1997     | 0.0286        | 0.0130        | 0.0386        |
| <b>Valore medio</b>                    | <b>0.1210</b> | <b>0.0574</b> | <b>0.1215</b> |
| EMISSIONE TOTALE [g / veic x km]       |               |               |               |
|  | Urbano        | Extra Urbano  | Autostradale  |
| Autovetture immatricolate fino al 1994 | 0.4841        | 0.2007        | 0.2532        |
| Autovetture immatricolate 1994 -1996   | 0.1130        | 0.0384        | 0.0728        |
| Autovetture immatricolate dal 1997     | 0.0511        | 0.0198        | 0.0386        |
| <b>Valore medio</b>                    | <b>0.2161</b> | <b>0.0863</b> | <b>0.1215</b> |

Tabella 57 - Pesì percentuali per cilindrata Autovetture a diesel

| CILINDRATA           |                        |                             |                        |
|----------------------|------------------------|-----------------------------|------------------------|
|                      | < 1400 cm <sup>3</sup> | 1400 - 2000 cm <sup>3</sup> | > 2000 cm <sup>3</sup> |
| Peso percentuale [%] | 7.0                    | 72.6                        | 20.4                   |

Tabella 58 Emissioni PM medie ponderate Autovetture a diesel

| EMISSIONI PM PER TIPOLOGIA DI TRAFFICO |        |              |              |
|--|--------|--------------|--------------|
|  | Urbano | Extra Urbano | Autostradale |
| EMISSIONE A CALDO [g / veic x km]      | 0.1210 | 0.0597       | 0.1018       |
| EMISSIONE TOTALE [g / veic x km]       | 0.2161 | 0.1129       | 0.1018       |

Tabella 59 Emissioni PM veicoli leggeri

| EMISSIONI PM PER TIPOLOGIA DI TRAFFICO |        |              |              |
|--|--------|--------------|--------------|
|  | Urbano | Extra Urbano | Autostradale |
| EMISSIONE A CALDO<br>[g / veic x km]   | 0.0282 | 0.0139       | 0.0237       |
| EMISSIONE TOTALE<br>[g / veic x km]    | 0.0504 | 0.0263       | 0.0237       |
| EMISSIONE A FREDDO<br>[g / veic x km]  | 0.0222 | --           | --           |

Tabella 60 - PM Valore medio Veicoli pesanti Diesel (&gt;3.5 t)

| EMISSIONE A CALDO [g / veic x km] |               |               |               |
|-----------------------------------|---------------|---------------|---------------|
|                                   | Urbano        | Extra Urbano  | Autostradale  |
| Immatricolati fino al 1993        | 0.9218        | 0.4439        | 0.4070        |
| Immatricolati 1993 -1996          | 0.6606        | 0.3194        | 0.2888        |
| Immatricolati dal 1997            | 0.2992        | 0.1424        | 0.1198        |
| <b>Valore medio</b>               | <b>0.6272</b> | <b>0.3019</b> | <b>0.2719</b> |
| EMISSIONE TOTALE [g / veic x km]  |               |               |               |
|                                   | Urbano        | Extra Urbano  | Autostradale  |
| Immatricolati fino al 1993        | 0.9218        | 0.4439        | 0.4070        |
| Immatricolati 1993 -1996          | 0.6606        | 0.3194        | 0.2888        |
| Immatricolati dal 1997            | 0.2992        | 0.1424        | 0.1198        |
| <b>Valore medio</b>               | <b>0.6272</b> | <b>0.3019</b> | <b>0.2719</b> |

Tabella 61 Emissioni PM veicoli pesanti

| EMISSIONI PM PER TIPOLOGIA DI TRAFFICO |        |              |              |
|--|--------|--------------|--------------|
|  | Urbano | Extra Urbano | Autostradale |
| EMISSIONE A CALDO<br>[g / veic x km]   | 0.9218 | 0.4439       | 0.4070       |
| EMISSIONE TOTALE<br>[g / veic x km]    | 0.9218 | 0.4439       | 0.4070       |

Tabella 62a Emissioni di calcolo PM in condizioni medie

| SORGENTE 1 | PM<br>[g / veic x km] | PM<br>[kg / km giorno] |
|------------|-----------------------|------------------------|
| LEGGERI    |                       |                        |
| 22479      | 0.0504                | 1.13                   |
| PESANTI    |                       |                        |
| 2063       | 0.9218                | 1.90                   |
| TOTALE     |                       |                        |
| 24542      | 0.1236                | 3.03                   |
|            |                       |                        |
| SORGENTE 2 | PM<br>[g / veic x km] | PM<br>[kg / km giorno] |
| LEGGERI    |                       |                        |
| 20390      | 0.0504                | 1.03                   |
| PESANTI    |                       |                        |
| 2089       | 0.9218                | 1.93                   |
| TOTALE     |                       |                        |
| 22479      | 0.1314                | 2.95                   |
|            |                       |                        |
| SORGENTE 3 | PM<br>[g / veic x km] | PM<br>[kg / km giorno] |
| LEGGERI    |                       |                        |
| 1631       | 0.0504                | 0.08                   |
| PESANTI    |                       |                        |
| 61         | 0.9218                | 0.06                   |
| TOTALE     |                       |                        |
| 1692       | 0.0818                | 0.14                   |
|            |                       |                        |
| SORGENTE 4 | PM<br>[g / veic x km] | PM<br>[kg / km giorno] |
| LEGGERI    |                       |                        |
| 2889       | 0.0504                | 0.15                   |
| PESANTI    |                       |                        |
| 109        | 0.9218                | 0.10                   |
| TOTALE     |                       |                        |
| 2998       | 0.0821                | 0.25                   |
|            |                       |                        |
| SORGENTE 5 | PM<br>[g / veic x km] | PM<br>[kg / km giorno] |
| LEGGERI    |                       |                        |
| 14858      | 0.0504                | 0.75                   |
| PESANTI    |                       |                        |
| 558        | 0.9218                | 0.51                   |
| TOTALE     |                       |                        |
| 15416      | 0.0819                | 1.26                   |
|            |                       |                        |
| SORGENTE 6 | PM<br>[g / veic x km] | PM<br>[kg / km giorno] |
| LEGGERI    |                       |                        |
| 2163       | 0.0504                | 0.11                   |
| PESANTI    |                       |                        |
| 81         | 0.9218                | 0.07                   |
| TOTALE     |                       |                        |
| 2244       | 0.0819                | 0.18                   |

Tabella 62b Emissioni di calcolo PM in condizioni medie

| SORGENTE 7      | PM<br>[g / veic x km] | PM<br>[kg / km giorno] |
|-----------------|-----------------------|------------------------|
| LEGGERI         |                       |                        |
| 2300            | 0.0504                | 0.12                   |
| PESANTI         |                       |                        |
| 86              | 0.9218                | 0.08                   |
| TOTALE<br>2386  | 0.0818                | 0.20                   |
|                 |                       |                        |
| SORGENTE 8      | PM<br>[g / veic x km] | PM<br>[kg / km giorno] |
| LEGGERI         |                       |                        |
| 6741            | 0.0504                | 0.34                   |
| PESANTI         |                       |                        |
| 253             | 0.9218                | 0.23                   |
| TOTALE<br>6994  | 0.0819                | 0.57                   |
|                 |                       |                        |
| SORGENTE 9      | PM<br>[g / veic x km] | PM<br>[kg / km giorno] |
| LEGGERI         |                       |                        |
| 14210           | 0.0504                | 0.72                   |
| PESANTI         |                       |                        |
| 534             | 0.9218                | 0.49                   |
| TOTALE<br>14744 | 0.0820                | 1.21                   |
|                 |                       |                        |
| SORGENTE 10     | PM<br>[g / veic x km] | PM<br>[kg / km giorno] |
| LEGGERI         |                       |                        |
| 6701            | 0.0504                | 0.34                   |
| PESANTI         |                       |                        |
| 252             | 0.9218                | 0.23                   |
| TOTALE<br>6953  | 0.0820                | 0.57                   |
|                 |                       |                        |
| SORGENTE 11     | PM<br>[g / veic x km] | PM<br>[kg / km giorno] |
| LEGGERI         |                       |                        |
| 13286           | 0.0504                | 0.67                   |
| PESANTI         |                       |                        |
| 499             | 0.9218                | 0.46                   |
| TOTALE<br>13785 | 0.0819                | 1.13                   |
|                 |                       |                        |
| SORGENTE 12     | PM<br>[g / veic x km] | PM<br>[kg / km giorno] |
| LEGGERI         |                       |                        |
| 16155           | 0.0504                | 0.81                   |
| PESANTI         |                       |                        |
| 607             | 0.9218                | 0.56                   |
| TOTALE<br>16762 | 0.0820                | 1.37                   |

Tabella 62c Emissioni di calcolo PM in condizioni medie

| SORGENTE 13 | PM<br>[g / veic x km] | PM<br>[kg / km giorno] |
|-------------|-----------------------|------------------------|
| LEGGERI     |                       |                        |
| 4107        | 0.0504                | 0.21                   |
| PESANTI     |                       |                        |
| 154         | 0.9218                | 0.14                   |
| TOTALE      |                       |                        |
| 4261        | 0.0819                | 0.35                   |

Tabella 63a Emissioni di calcolo PM in condizioni critiche

| SORGENTE 1 | PM<br>[g / veic x km] | PM<br>[kg / km giorno] |
|------------|-----------------------|------------------------|
| LEGGERI    |                       |                        |
| 31920      | 0.0504                | 1.61                   |
| PESANTI    |                       |                        |
| 2929       | 0.9218                | 2.70                   |
| TOTALE     |                       |                        |
| 34849      | 0.1236                | 4.31                   |
|            |                       |                        |
| SORGENTE 2 | PM<br>[g / veic x km] | PM<br>[kg / km giorno] |
| LEGGERI    |                       |                        |
| 28954      | 0.0504                | 1.46                   |
| PESANTI    |                       |                        |
| 2966       | 0.9218                | 2.73                   |
| TOTALE     |                       |                        |
| 31920      | 0.1314                | 4.19                   |
|            |                       |                        |
| SORGENTE 3 | PM<br>[g / veic x km] | PM<br>[kg / km giorno] |
| LEGGERI    |                       |                        |
| 2316       | 0.0504                | 0.12                   |
| PESANTI    |                       |                        |
| 87         | 0.9218                | 0.08                   |
| TOTALE     |                       |                        |
| 2403       | 0.0819                | 0.20                   |
|            |                       |                        |
| SORGENTE 4 | PM<br>[g / veic x km] | PM<br>[kg / km giorno] |
| LEGGERI    |                       |                        |
| 4102       | 0.0504                | 0.21                   |
| PESANTI    |                       |                        |
| 155        | 0.9218                | 0.14                   |
| TOTALE     |                       |                        |
| 4257       | 0.0821                | 0.35                   |

Tabella 63b Emissioni di calcolo PM in condizioni critiche

| SORGENTE 5  | PM<br>[g / veic x km] | PM<br>[kg / km giorno] |
|-------------|-----------------------|------------------------|
| LEGGERI     |                       |                        |
| 21908       | 0.0504                | 1.10                   |
| PESANTI     |                       |                        |
| 792         | 0.9218                | 0.73                   |
| TOTALE      |                       |                        |
| 22700       | 0.0808                | 1.83                   |
|             |                       |                        |
| SORGENTE 6  | PM<br>[g / veic x km] | PM<br>[kg / km giorno] |
| LEGGERI     |                       |                        |
| 3071        | 0.0504                | 0.15                   |
| PESANTI     |                       |                        |
| 115         | 0.9218                | 0.11                   |
| TOTALE      |                       |                        |
| 3186        | 0.0819                | 0.26                   |
|             |                       |                        |
| SORGENTE 7  | PM<br>[g / veic x km] | PM<br>[kg / km giorno] |
| LEGGERI     |                       |                        |
| 3266        | 0.0504                | 0.16                   |
| PESANTI     |                       |                        |
| 122         | 0.9218                | 0.11                   |
| TOTALE      |                       |                        |
| 3388        | 0.0818                | 0.28                   |
|             |                       |                        |
| SORGENTE 8  | PM<br>[g / veic x km] | PM<br>[kg / km giorno] |
| LEGGERI     |                       |                        |
| 9572        | 0.0504                | 0.48                   |
| PESANTI     |                       |                        |
| 359         | 0.9218                | 0.33                   |
| TOTALE      |                       |                        |
| 9931        | 0.0819                | 0.81                   |
|             |                       |                        |
| SORGENTE 9  | PM<br>[g / veic x km] | PM<br>[kg / km giorno] |
| LEGGERI     |                       |                        |
| 20178       | 0.0504                | 1.02                   |
| PESANTI     |                       |                        |
| 758         | 0.9218                | 0.70                   |
| TOTALE      |                       |                        |
| 20936       | 0.0819                | 1.72                   |
|             |                       |                        |
| SORGENTE 10 | PM<br>[g / veic x km] | PM<br>[kg / km giorno] |
| LEGGERI     |                       |                        |
| 9515        | 0.0504                | 0.48                   |
| PESANTI     |                       |                        |
| 358         | 0.9218                | 0.33                   |
| TOTALE      |                       |                        |
| 9873        | 0.0820                | 0.81                   |

Tabella 63b Emissioni di calcolo PM in condizioni critiche

| SORGENTE 11 | PM<br>[g / veic x km] | PM<br>[kg / km giorno] |
|-------------|-----------------------|------------------------|
| LEGGERI     |                       |                        |
| 18866       | 0.0504                | 0.95                   |
| PESANTI     |                       |                        |
| 709         | 0.9218                | 0.65                   |
| TOTALE      |                       |                        |
| 19575       | 0.0820                | 1.60                   |
|             |                       |                        |
| SORGENTE 12 | PM<br>[g / veic x km] | PM<br>[kg / km giorno] |
| LEGGERI     |                       |                        |
| 22940       | 0.0504                | 1.16                   |
| PESANTI     |                       |                        |
| 862         | 0.9218                | 0.79                   |
| TOTALE      |                       |                        |
| 23802       | 0.0820                | 1.95                   |
|             |                       |                        |
| SORGENTE 13 | PM<br>[g / veic x km] | PM<br>[kg / km giorno] |
| LEGGERI     |                       |                        |
| 5832        | 0.0504                | 0.29                   |
| PESANTI     |                       |                        |
| 219         | 0.9218                | 0.20                   |
| TOTALE      |                       |                        |
| 6051        | 0.0819                | 0.50                   |

Tabella 64 Emissioni di calcolo PM per i parcheggi nella situazione media

| EMISSIONI DI CALCOLO CO PARCHEGGI IN PROGETTO |                       |              |         |                        |
|---|-----------------------|--------------|---------|------------------------|
| SORGENTE                                      | PM<br>[g / veic x km] | Numero posti | Veicoli | PM<br>[kg / km giorno] |
| P1  | 0.0222                | 80           | 800     | 0.0178                 |
| P2  | 0.0222                | 45           | 450     | 0.0100                 |
| P3  | 0.0222                | 45           | 450     | 0.0100                 |
| P4  | 0.0222                | 20           | 200     | 0.0044                 |
| P5  | 0.0222                | 135          | 1350    | 0.0300                 |
| Pb2   | 0.0222                | 102          | 1020    | 0.0226                 |
| Pb3   | 0.0222                | 53           | 530     | 0.0118                 |

### 7.1.4 Riepilogo emissioni di inquinanti

Nelle tabelle seguenti si riporta il dettaglio del calcolo nella situazione in progetto il valore delle emissioni di inquinanti per ogni sorgente stradale.

I valori sono stati normalizzati secondo la tipologia di limite stabilita dalla normativa vigente per ogni tipologia di inquinante.

Tabella 65 Riepilogo emissioni di calcolo in condizioni medie (TGMA)

| EMISSIONI DI CALCOLO |                   |                                       |                          |                          |
|----------------------|-------------------|---------------------------------------|--------------------------|--------------------------|
| SORGENTE             | TOTALE<br>[veic.] | NO <sub>x</sub><br>[kg / km x giorno] | CO<br>[kg / km x giorno] | PM<br>[kg / km x giorno] |
| 1                    | 24542             | 48.78                                 | 384.00                   | 3.03                     |
| 2                    | 22479             | 46.92                                 | 349.29                   | 2.95                     |
| 3                    | 1692              | 2.45                                  | 27.46                    | 0.14                     |
| 4                    | 2998              | 4.35                                  | 48.65                    | 0.25                     |
| 5                    | 15416             | 22.34                                 | 250.20                   | 1.26                     |
| 6                    | 2244              | 3.25                                  | 36.42                    | 0.18                     |
| 7                    | 2386              | 3.45                                  | 38.73                    | 0.20                     |
| 8                    | 6994              | 10.13                                 | 113.51                   | 0.57                     |
| 9                    | 14744             | 21.37                                 | 239.29                   | 1.21                     |
| 10                   | 6953              | 10.08                                 | 112.84                   | 0.57                     |
| 11                   | 13785             | 19.98                                 | 223.73                   | 1.13                     |
| 12                   | 16762             | 24.29                                 | 272.04                   | 1.37                     |
| 13                   | 4261              | 6.17                                  | 69.16                    | 0.35                     |

Tabella 66 Riepilogo emissioni di calcolo in condizioni critiche

| EMISSIONI DI CALCOLO |                   |                                      |                           |                            |
|----------------------|-------------------|--------------------------------------|---------------------------|----------------------------|
| SORGENTE             | TOTALE<br>[veic.] | NO <sub>x</sub><br>[kg / veic x ora] | CO<br>[kg / veic x 8 ore] | PM<br>[kg / veic x giorno] |
| 1                    | 34850             | 69.27                                | 545.28                    | 4.30                       |
| 2                    | 31920             | 66.63                                | 495.99                    | 4.19                       |
| 3                    | 2403              | 3.48                                 | 38.99                     | 0.20                       |
| 4                    | 4257              | 6.18                                 | 69.08                     | 0.36                       |
| 5                    | 21891             | 31.72                                | 355.28                    | 1.79                       |
| 6                    | 3186              | 4.62                                 | 51.72                     | 0.26                       |
| 7                    | 3388              | 4.90                                 | 55.00                     | 0.28                       |
| 8                    | 9931              | 14.38                                | 161.18                    | 0.81                       |
| 9                    | 20936             | 30.35                                | 339.79                    | 1.72                       |
| 10                   | 9873              | 14.31                                | 160.23                    | 0.81                       |
| 11                   | 19575             | 28.37                                | 317.70                    | 1.60                       |
| 12                   | 23802             | 34.49                                | 386.30                    | 1.95                       |
| 13                   | 6051              | 8.76                                 | 98.21                     | 0.50                       |

## 7.2 Caratterizzazione e dislocazione dei recettori significativi

Per analizzare gli impatti indotti dal nuovo assetto stradale in progetto, nella configurazione post-operam, sono stati scelti alcuni recettori puntuali, identificativi di gruppi di case o case isolate - edifici abitativi - potenzialmente più esposti all'inquinamento atmosferico generato dai flussi di traffico.

In questi recettori puntuali, il modello MISKAM ha calcolato le concentrazioni degli inquinanti indagati (CO, NO<sub>x</sub> e PM), nelle condizioni meteorologiche e di traffico medie e più critiche.

Nella Tabella 55 si riporta la lista dei recettori scelti, e per la localizzazione dei recettori sul territorio si rimanda alla Tav. B.6.4 Carta dei recettori acustici ed atmosferici, nella quale sono stati individuati:

- Edifici in progetto;
- Edifici esistenti.

Tabella 67a – Elenco Recettori atmosferici

| Identificativo | Destinazione uso                       | Descrizione         | Indirizzo                     |
|----------------|--|---------------------|-------------------------------|
| R1             | Progetto - Misto                       | Gruppo di case      | U.M.I. 1                      |
| R2             | Progetto - Misto                       | Gruppo di case      | U.M.I. 1                      |
| R3             | Progetto - Residenziale                | Gruppo di case      | U.M.I. 2                      |
| R4             | Progetto - Residenziale                | Gruppo di case      | U.M.I. 2                      |
| R5             | Progetto - Residenziale                | Gruppo di case      | U.M.I. 2                      |
| R6             | Progetto - Residenziale                | Gruppo di case      | U.M.I. 8                      |
| R7             | Progetto - Residenziale                | Gruppo di case      | U.M.I. 8                      |
| R8             | Progetto - Residenziale                | Gruppo di case      | U.M.I. 8                      |
| R9             | Esistente – Caserma guardia di Finanza | Edificio singolo    | Via da Verazzano (lato Est)   |
| R10            | Esistente -residenziale                | Edificio singolo    | Via da Verazzano (lato Est)   |
| R11            | Esistente -residenziale                | Edificio singolo    | Via da Verazzano (lato Est)   |
| R12            | Esistente -residenziale                | Edificio singolo    | Via da Verazzano (lato Est)   |
| R13            | Esistente -residenziale                | Edificio singolo    | Via da Verazzano (lato Est)   |
| R14            | Esistente -residenziale                | Edificio singolo    | Via da Verazzano (lato Ovest) |
| R15            | Esistente -residenziale                | Edificio singolo    | Via da Verazzano (lato Ovest) |
| R16            | Esistente -residenziale                | Edificio singolo    | Via da Verazzano (lato Ovest) |
| R17            | Esistente -residenziale                | Edificio singolo    | Via da Verazzano (lato Ovest) |
| R18            | Progetto - Residenziale                | Gruppo di case      | U.M.I. 7                      |
| R19            | Progetto - Residenziale                | Gruppo di case      | U.M.I.6                       |
| R20            | Progetto - Residenziale                | Gruppo di case      | U.M.I. 3                      |
| R21            | Progetto - Residenziale                | Gruppo di case      | U.M.I. 4                      |
| R22            | Progetto - Residenziale                | Gruppo di case      | U.M.I. 7                      |
| R23            | Progetto - Residenziale                | Gruppo di case      | U.M.I. 4                      |
| R24a           | Progetto - Misto                       | Gruppo di case      | U.M.I. 3                      |
| R24b           | Progetto - Misto                       | Gruppo di case      | U.M.I. 3                      |
| R24c           | Progetto - Misto                       | Gruppo di case      | U.M.I. 3                      |
| R25            | Progetto - Ricettivo                   | Albergo del Fortino | U.M.I. 11                     |
| R26            | Progetto - Misto                       | Gruppo di case      | U.M.I. 3                      |
| R27            | Progetto - Misto                       | Gruppo di case      | U.M.I. 3                      |
| R28            | Restauro esistente                     | Ex Dogana           | --                            |
| R29            | Restauro esistente                     | Casa Ceccherini     | --                            |
| R30            | Restauro esistente                     | Villa Romboli       | --                            |
| R31            | Progetto - Residenziale                | Gruppo di case      | U.M.I. 5                      |
| R32            | Progetto - Residenziale                | Gruppo di case      | U.M.I. 5                      |
| R33            | Esistente                              | Edificio singolo    | Via Curzolani                 |
| R34            | Progetto - Residenziale                | Gruppo di case      | U.M.I. 9a                     |
| R35            | Progetto - Residenziale                | Gruppo di case      | U.M.I. 9a                     |
| R36            | Progetto - Residenziale                | Gruppo di case      | U.M.I. 9b                     |

Tabella 67b – Elenco Recettori atmosferici

| Identificativo | Destinazione uso        | Descrizione      | Indirizzo                      |
|----------------|-------------------------|------------------|--------------------------------|
| R37            | Progetto - Residenziale | Gruppo di case   | U.M.I. 9b                      |
| R38            | Progetto - Misto        | Gruppo di case   | U.M.I. 9c                      |
| R39            | Progetto - Misto        | Gruppo di case   | U.M.I. 9d                      |
| R40            | Progetto - Residenziale | Gruppo di case   | U.M.I. 5                       |
| R41            | Esistente -Residenziale | Edificio singolo | Confine S-O area di intervento |
| R42            | Esistente -Residenziale | Edificio singolo | Confine S-O area di intervento |
| R43            | Esistente -Residenziale | Edificio singolo | Confine S-O area di intervento |
| R44            | Esistente -Residenziale | Edificio singolo | Confine S-O area di intervento |
| R45            | Esistente -Residenziale | Edificio singolo | Confine S-O area di intervento |
| R46            | Esistente -Residenziale | Edificio singolo | Confine S-O area di intervento |
| R47            | Esistente -Residenziale | Edificio singolo | Confine S-O area di intervento |
| R48            | Esistente -Residenziale | Edificio singolo | Confine S-O area di intervento |
| R49            | Esistente -Residenziale | Edificio singolo | Confine S-O area di intervento |
| R50            | Esistente -Residenziale | Edificio singolo | Confine S-O area di intervento |
| R51            | Esistente -Residenziale | Edificio singolo | Confine S-O area di intervento |
| R52            | Esistente -Residenziale | Edificio singolo | Confine S-O area di intervento |
| R53            | Esistente -Residenziale | Edificio singolo | Confine S-O area di intervento |
| R54            | Esistente -Residenziale | Edificio singolo | Confine S-O area di intervento |
| R55            | Esistente -Residenziale | Edificio singolo | Confine S-O area di intervento |
| R56            | Esistente               | Edificio singolo | Via Carosio                    |
| R57            | Esistente - Albergo     | Edificio singolo | Via Carletti                   |
| R58            | Esistente               | Edificio singolo | Via Carletti                   |
| R59            | Esistente               | Edificio singolo | Via Carletti                   |
| R60            | Esistente               | Edificio singolo | Via Carletti                   |
| R61            | Esistente               | Edificio singolo | Via Carletti                   |
| R62            | Esistente               | Gruppo di case   | Via Barbolani- Via Maiorca     |
| R63            | Esistente               | Gruppo di case   | Via Barbolani- Via Ginestra    |
| R64            | Progetto - Ricettivo    | Gruppo di case   | U.M.I. 12                      |
| R65            | Esistente               | Edificio singolo | Via Curzolari                  |
| R66            | Esistente               | Edificio singolo | Via Curzolari                  |
| R67            | Esistente               | Edificio singolo | Via Curzolari                  |
| R68            | Esistente               | Gruppo di case   | Via Corsani                    |
| R69            | Esistente               | Gruppo di case   | Via Corsani (lato Est)         |
| R70            | Esistente               | Gruppo di case   | Via Corsani (lato Ovest)       |
| R71            | Esistente               | Gruppo di case   | Via Sirenetta (lato Est)       |
| R72            | Esistente               | Gruppo di case   | Via Sirenetta (lato Ovest)     |
| R73            | Esistente               | Gruppo di case   | Via Maiorca (lato Est)         |
| R74            | Esistente               | Gruppo di case   | Via Sirenetta (lato Ovest)     |

Tabella 67c – Elenco Recettori atmosferici

| Identificativo | Destinazione uso | Descrizione      | Indirizzo                        |
|----------------|------------------|------------------|----------------------------------|
| R75            | Esistente        | Edificio singolo | Via Maiorca (lato Est)           |
| R76            | Esistente        | Gruppo di case   | Via della Ginestra (lato Ovest)  |
| R77            | Esistente        | Gruppo di case   | Via della Ginestra (lato Ovest)  |
| R78            | Esistente        | Gruppo di case   | Via della Ginestra (lato Ovest)  |
| R79            | Esistente        | Gruppo di case   | Via Ciurini – Via della Ginestra |
| R80            | Esistente        | Edificio singolo | Via Ciurini – Via della Ginestra |
| R81            | Esistente        | Edificio singolo | Via Ciurini                      |
| R82            | Esistente        | Edificio singolo | Via Ciurini                      |
| R83            | Esistente        | Edificio singolo | Lato parcheggio in progetto      |
| R84            | Esistente        | Edificio singolo | Via Maiorca                      |
| R85            | Esistente        | Edificio singolo | Via Ciurini                      |
| R86            | Esistente        | Edificio singolo | Via Maiorca                      |
| R87            | Esistente        | Edificio singolo | Via della Sirenetta              |
| R88            | Esistente        | Edificio singolo | Via Maiorca                      |
| R89            | Esistente        | Edificio singolo | Via Maiorca                      |
| R90            | Esistente        | Edificio singolo | Via Maiorca                      |
| R91            | Esistente        | Edificio singolo | Via Maiorca                      |
| R92            | Esistente        | Gruppo di case   | Lato parcheggio in progetto      |
| R93            | Esistente        | Gruppo di case   | Lato parcheggio in progetto      |
| R94            | Esistente        | Gruppo di case   | Lato parcheggio in progetto      |
| R95            | Esistente        | Gruppo di case   | Via Ivizza                       |
| R96            | Esistente        | Gruppo di case   | Via Ivizza                       |
| R97            | Esistente        | Gruppo di case   | Via Ivizza                       |
| R98            | Esistente        | Gruppo di case   | Via Ivizza                       |
| R99            | Esistente        | Gruppo di case   | Via Ivizza                       |
| R100           | Esistente        | Gruppo di case   | Via Ivizza                       |
| R101           | Area Boscata     | --               | --                               |

### 7.3 Caratterizzazione meteorologica dell'area di progetto

Al fine di un inquadramento climatico generale, il clima nella zona litoranea pisana è tipicamente mediterraneo, con precipitazioni medie annue relativamente contenute (circa 850-900 mm) e temperature medie annuali assai elevate (circa 15° C). La distribuzione stagionale della piovosità registrata in quest'area mette soprattutto in evidenza una accentuata piovosità autunnale ed una buona piovosità primaverile, mentre relativamente scarsa risulta essere quella invernale (con circa 250 mm e 25-26 giorni piovosi) ed assai contenuta quella estiva (circa 100 mm). Anche l'andamento delle temperature medie mensili pone in assoluta evidenza il carattere di "mitezza" invernale del clima dell'area. In nessun caso, infatti, la temperatura minima decadica si abbassa al di sotto degli 0° C, mentre, di contro, la temperatura massima decadica supera solo eccezionalmente i 30° C (ed anche le

temperature minime giornaliere del periodo invernale raggiungono solo raramente valori sotto lo zero).

Nello specifico dell'area oggetto di studio, la caratterizzazione meteorologica è stata effettuata utilizzando i dati forniti dalla stazione di rilevamento di Bocca d'Arno del Centro Funzionale della Regione Toscana. Si sono utilizzati i dati forniti relativi al periodo 2001-2003.

La stazione in questione è ubicata ad una quota di 420 m s.l.m. e molto vicina all'area di progetto.

I dati ai quali si fa riferimento sono:

- Frequenza percentuale del vento con cadenza di 15 minuti secondo le direzioni di provenienza
- Velocità media associata alla direzione.

I dati sono stati opportunamente elaborati riportando di seguito le risultanze delle analisi, utili alla caratterizzazione dei dati di vento per l'area in esame.

| Anno 2001 |                    |                   |        |        |           |             |
|-----------|--------------------|-------------------|--------|--------|-----------|-------------|
|           | Velocità<br>[km/h] | Velocità<br>[m/s] | Numero | Giorni | Frequenza | Percentuale |
| 0°        | 7.10               | 1.97              | 1010   | 11     | 11        | 2.9%        |
| 60°       | 10.31              | 2.86              | 7521   | 78     | 80        | 21.8%       |
| 120°      | 7.56               | 2.10              | 11933  | 124    | 126       | 34.6%       |
| 180°      | 11.57              | 3.21              | 2491   | 26     | 26        | 7.2%        |
| 240°      | 16.66              | 4.63              | 7090   | 74     | 75        | 20.6%       |
| 300°      | 8.06               | 2.24              | 4452   | 46     | 47        | 12.9%       |
|           |                    | TOT               | 34497  | 359    |           |             |
| Anno 2002 |                    |                   |        |        |           |             |
|           | Velocità<br>[km/h] | Velocità<br>[m/s] | Numero | Giorni | Frequenza | Percentuale |
| 0°        | 7.81               | 2.17              | 1060   | 11     | 11        | 3.1%        |
| 60°       | 9.92               | 2.76              | 7534   | 78     | 80        | 21.8%       |
| 120°      | 8.47               | 2.35              | 13932  | 145    | 147       | 40.4%       |
| 180°      | 11.23              | 3.12              | 1930   | 20     | 20        | 5.6%        |
| 240°      | 16.94              | 4.70              | 5578   | 58     | 59        | 16.2%       |
| 300°      | 8.78               | 2.44              | 4841   | 50     | 51        | 14.0%       |
|           |                    | TOT               | 34875  | 363    |           |             |
| Anno 2003 |                    |                   |        |        |           |             |
|           | Velocità<br>[km/h] | Velocità<br>[m/s] | Numero | Giorni | Frequenza | Percentuale |
| 0°        | 6.92               | 1.92              | 787    | 8      | 8         | 2.3%        |
| 60°       | 10.71              | 2.97              | 6820   | 71     | 72        | 19.8%       |
| 120°      | 7.67               | 2.13              | 12036  | 125    | 127       | 34.9%       |
| 180°      | 10.15              | 2.82              | 1294   | 13     | 14        | 3.8%        |
| 240°      | 16.73              | 4.65              | 6128   | 64     | 65        | 17.8%       |
| 300°      | 8.77               | 2.44              | 4897   | 51     | 52        | 14.2%       |
|           |                    | TOT               | 31962  | 333    |           |             |

| Periodo 2001-2003 |        |     |       |       |       |       |       |        |       |             |        |             |                 |
|-------------------|--------|-----|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|-------------|--------|-------------|-----------------|
|                   | Giorni |     | V2001 |       |       | V2002 |       |        | V2003 |             | Giorni | Percentuale | Vmedia<br>[m/s] |
|                   |        |     | [m/s] | [m/s] | [m/s] | [m/s] | [m/s] | [m/s]  | [m/s] |             |        |             |                 |
| 0°                | 11     | 11  | 8     | 1.97  | 2.17  | 1.92  | 30    | 2.82%  | 2.03  | 0.0572947   |        |             |                 |
| 60°               | 78     | 78  | 71    | 2.86  | 2.76  | 2.97  | 228   | 21.59% | 2.86  | 0.6177361   |        |             |                 |
| 120°              | 124    | 145 | 125   | 2.10  | 2.35  | 2.13  | 395   | 37.40% | 2.20  | 0.8237391   |        |             |                 |
| 180°              | 26     | 20  | 13    | 3.21  | 3.12  | 2.82  | 60    | 5.64%  | 3.09  | 0.1744095   |        |             |                 |
| 240°              | 74     | 58  | 64    | 4.63  | 4.70  | 4.65  | 196   | 18.55% | 4.66  | 0.863821    |        |             |                 |
| 300°              | 46     | 50  | 51    | 2.24  | 2.44  | 2.44  | 148   | 14.00% | 2.38  | 0.3326609   |        |             |                 |
|                   |        |     |       |       |       |       | 1056  |        |       | <b>2.87</b> |        |             |                 |

Si riportano nelle figure seguenti i suddetti dati.

Figura 16 Frequenze percentuali del vento Stazione meteorologica Bocca d'Arno

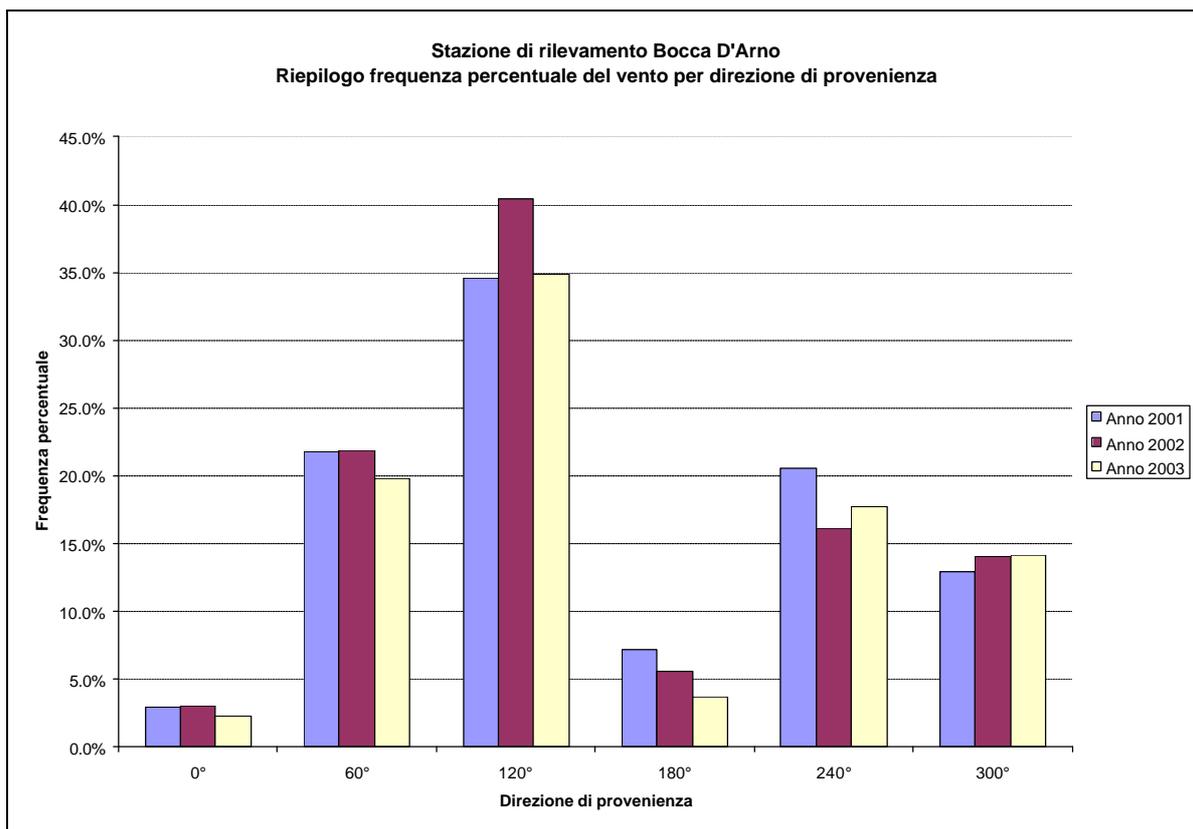


Figura 17 Velocità media del vento Stazione meteorologica Bocca d'Arno

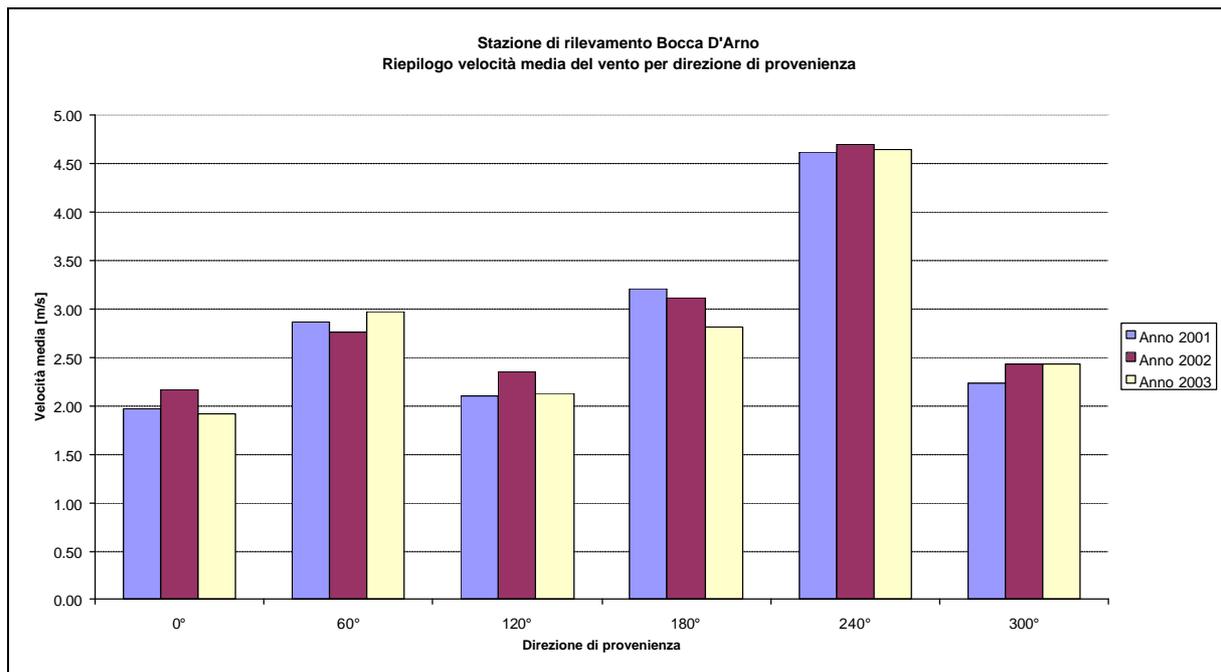


Figura 18 Frequenze percentuali del vento media 2001-2003 Stazione meteorologica Bocca d'Arno

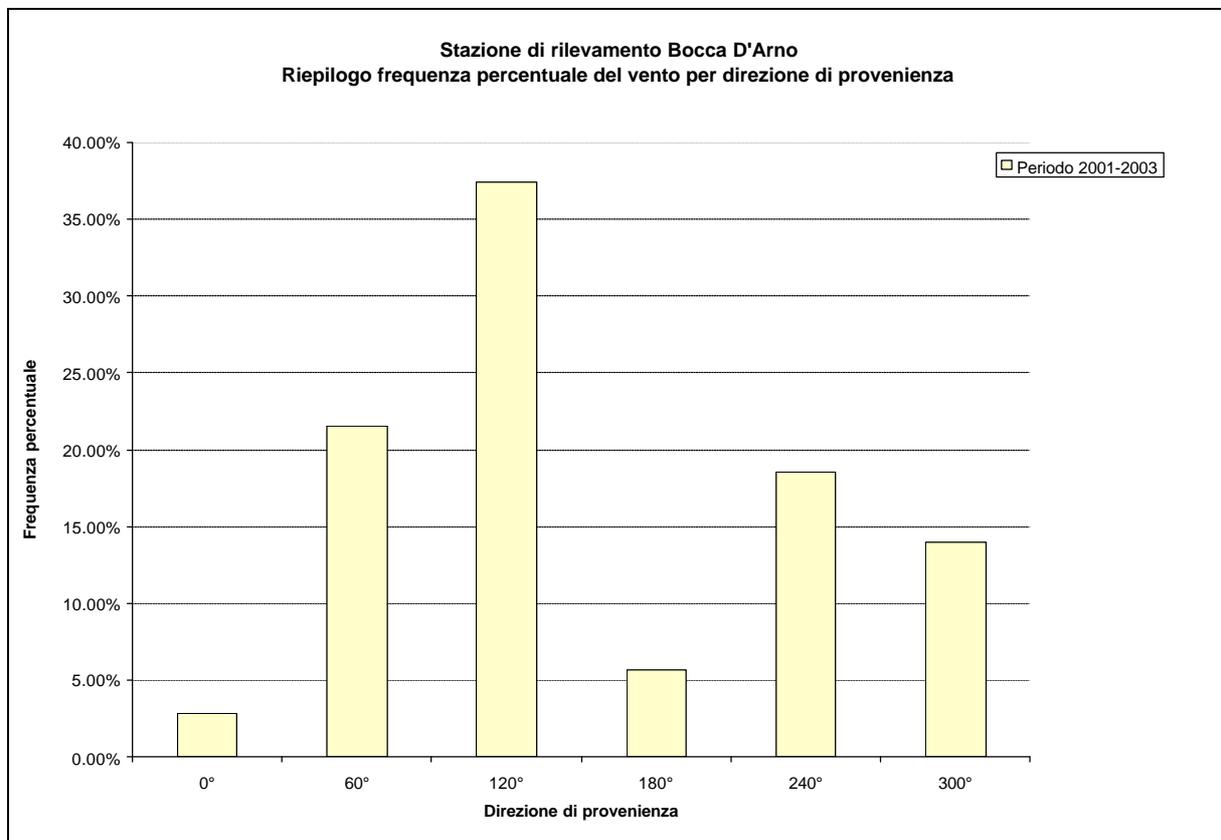


Figura 19 Velocità media del vento media 2001-2003 Stazione meteorologica Bocca d'Arno

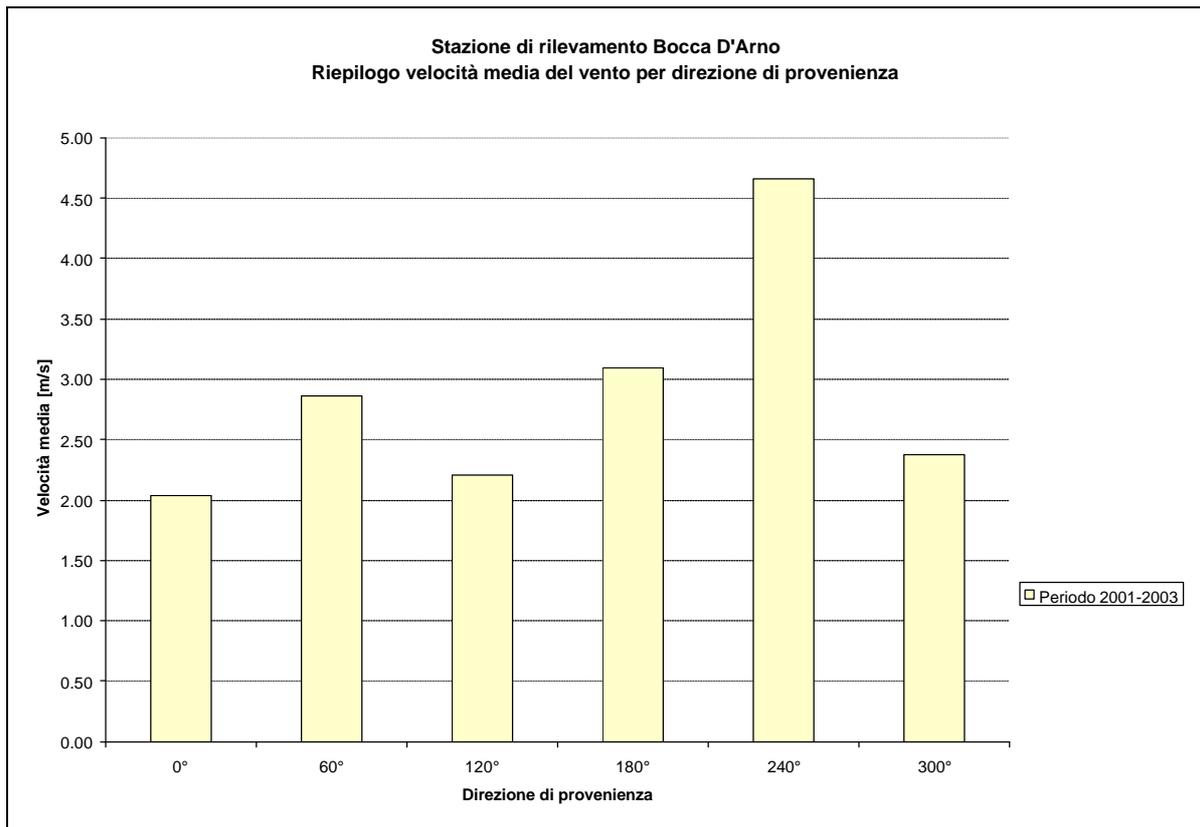
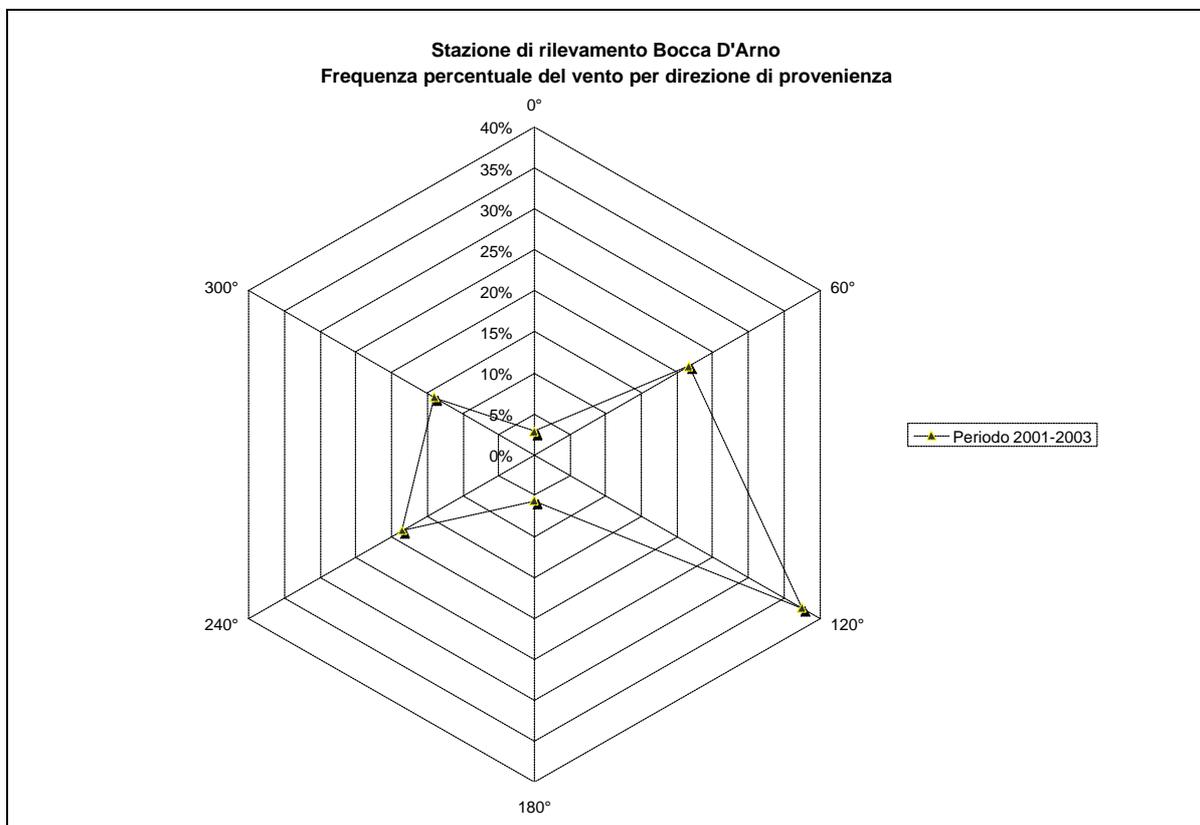


Figura 20 Frequenze percentuali del vento media 2001-2003 Stazione meteorologica Bocca d'Arno



I dati in questione opportunamente elaborati e caratterizzanti l'area di progetto nell'ambito della simulazione effettuata con il modello Miskam. I dati anemometrici inseriti nel modello sono riportati nel prospetto seguente.

|               | Settore di provenienza | Velocità media | Frequenza percentuale |
|---------------|------------------------|----------------|-----------------------|
|               | [°]                    | [m/s]          |                       |
| <b>0° (N)</b> | 330 - 30               | 2.87           | 2.82%                 |
| <b>60</b>     | 30 - 90                | 2.87           | 21.59%                |
| <b>120</b>    | 90 - 150               | 2.87           | 37.40%                |
| <b>180</b>    | 150 - 210              | 2.87           | 5.64%                 |
| <b>240</b>    | 210 - 270              | 2.87           | 18.55%                |
| <b>300</b>    | 270 - 330              | 2.87           | 14.00%                |

#### 7.4 Caratterizzazione del modello di calcolo (Miskam)

Per l'applicazione del metodo di calcolo euleriano è stato definito un preciso dominio di calcolo costituito da una griglia tridimensionale. Tale dominio è stato applicato all'intera area per una lunghezza di 1000 e 1000 m di larghezza. Con le caratteristiche delle celle riportate nel prospetto seguente.

| <b>Griglia di calcolo Miskam</b> |          |          |          |
|----------------------------------|----------|----------|----------|
|                                  | <b>X</b> | <b>Y</b> | <b>Z</b> |
| <b>Numero di celle</b>           | 100      | 100      | 20       |
| <b>Dimensione cella</b>          | 10 m     | 10 m     | 5 m      |
| <b>Lunghezza totale</b>          | 1000 m   | 1000 m   | 100 m    |

## 7.5 Commento dei risultati e conclusioni

Nelle Tavole B.6.5 - B.6.10. sono riportati i risultati dei calcoli di mappatura della immissione dei tre inquinanti analizzati, espressi mediante aree e curve isolivello dei valori di concentrazione.

Dal punto di vista spaziale (viste le indicazioni dell'Allegato VIII del D.M. n. 60 del 02.04.2002 circa l'ubicazione dei punti di campionamento per la misurazione degli inquinanti in esame, che indica per la microscala un'altezza tra 1,5 e 4 metri sul livello del suolo) i valori riportati in pianta sono relativi allo strato orizzontale della griglia di calcolo compreso tra 0 e 5 metri, e pertanto sono calcolati nel baricentro delle celle ad altezza 2,5 metri dal suolo. I valori si riferiscono al valore massimo di concentrazione per l'altezza dal suolo di 5 m.

Il codice di calcolo simula la dispersione per ciascuna condizione meteorologica inserita; i risultati riportati sono il massimo livello di concentrazione raggiunto nelle varie condizioni e dal punto di vista temporale, visti i dati in ingresso inseriti, sono rappresentativi di una situazione nel giorno medio e quindi media annua e di una situazione critica con i dati di traffico riferiti al mese di agosto.

**Dall'analisi dei risultati si evince che l'esercizio dell'assetto stradale non comporta situazioni critiche per quanto concerne la qualità dell'aria per la salvaguardia della salute umana e della vegetazione.**

Infatti, i livelli di immissione previsti nell'ambiente circostante risultano ovunque piuttosto contenuti e inferiori ai limiti fissati dalla normativa (DM 2/4/2004 n .60) di futura applicazione ma che comunque in vigore al 2010 entrata in esercizio delle opere in progetto.

Per quanto concerne le concentrazioni di monossido di carbonio (CO) si riscontra che la totalità dell'area presenta valori prevalentemente compresi tra 1 e 8 mg/m<sup>3</sup> sia nella situazione media che critica quindi inferiore ai 10 mg/m<sup>3</sup> da valutare in 8 ore consecutive secondo il DM n. 60 del 2 aprile 2002.

Per le concentrazioni di PM<sub>10</sub> nella situazione media annua il limite previsto dalla normativa è pari a 20 µg/m<sup>3</sup>. Dai risultati della simulazione si evince come tale valore risulti superato solo in qualche punto localizzato, mentre per quanto concerne i recettori il valore è sempre al di sotto di tale soglia limite. Nella simulazione effettuata nella situazione critica, soprattutto lungo Via Maiorca, si riscontrano valori di concentrazione superiori ai 30 µg/m<sup>3</sup>, mentre in corrispondenza dei recettori si hanno valori al di sotto dei limiti. Occorre precisare che il confronto con il valore limite andrebbe fatto esclusivamente con la situazione media annua e non nella situazione critica mensile.

Discorso diverso per gli ossidi di azoto e quindi il biossido in particolar modo. Per quanto concerne la situazione critica e quindi in riferimento al limite orario, pari a 200 µg/m<sup>3</sup> secondo il D.M. N.60, si evidenzia che tale valore non viene mai superato essendo le concentrazioni previste per gli ossidi di azoto NO<sub>x</sub> comprese tra 20 e 100 µg/m<sup>3</sup>.

Per la salvaguardia della salute umana il limite previsto per il biossido di azoto corrisponde circa al 70-80 % degli ossidi calcolati. Nella situazione media annua e quindi in riferimento al limite previsto, per la salvaguardia della salute umana, di 40 µg/m<sup>3</sup>, dalle mappe si evince come tale valore viene

superato soprattutto in corrispondenza delle sorgenti più trafficate, ossia variante SS 224 e via Maiorca. Mentre per quanto concerne le abitazioni e i recettori si ha un valore contenuto entro i limiti. Inoltre in riferimento alla salvaguardia della vegetazione, nell'area boscata in prossimità dell'area di progetto i valori di concentrazione di NO<sub>x</sub> sono inferiori ai 30 µg/m<sup>3</sup>.

Occorre comunque precisare due limiti fondamentali dell'applicazione che non consentono di escludere l'insorgere di situazioni critiche in corrispondenza di qualche recettore:

- l'immissione prevista è quella dovuta alle emissioni di tipo stradale, senza tener conto di altre possibili sorgenti inquinanti ubicate nell'area di studio che potrebbero direttamente influenzare le concentrazioni sui recettori;
- lo scenario simulato è necessariamente rappresentativo di una situazione meteorologica ed emissiva media annuale e pertanto non può prevedere specifiche congiunture sfavorevoli che determinano nel breve periodo un'accentuazione dei livelli di immissione.

Per ovviare ai limiti suindicati si è proceduto, nell'ambito del presente studio, ad effettuare delle scelte di tipo cautelativo:

- non si è tenuto conto dello svecchiamento del parco macchine all'anno di esercizio e della continua evoluzione nel rispettare quanto stabilito nelle direttive vigenti in materia di riduzione sensibile degli inquinanti emessi in atmosfera;
- scelte cautelative delle emissioni dei mezzi pesanti;
- scelte cautelative sulla categoria dei mezzi pesanti.

In definitiva i risultati della presente applicazione possono ritenersi attendibili e significativi ma sempre da analizzare in maniera integrata con quanto previsto nel piano di monitoraggio, le cui indicazioni e modalità sono riportate nel capitolo successivo.

Per quanto concerne inoltre le fasi di cantiere si potrà prevedere un sistema di protezione di tipo passivo mediante l'installazione di barriere antipolvere. Si potrà inoltre effettuare un monitoraggio in prossimità delle aree sensibili che si possono ritenere influenzate sia dalle aree di cantiere e sia dallo stato di avanzamento dei lavori.

Per quanto concerne l'attività portuale, le quantità di inquinanti emesse da parte dei motori marini è assai limitata o trascurabile rispetto alle emissioni da traffico veicolare. Infatti, nell'ipotesi di saturazione di tutti i posti barca del porto, solo una parte delle imbarcazioni escono contemporaneamente dal porto per la navigazione all'esterno. Il coefficiente massimo di contemporaneità delle uscite/entrate può essere individuato nella domenica mattina dei mesi da giugno a settembre ed è pari a circa il 30% del totale delle imbarcazioni ormeggiate.

Tale percentuale, che per il porto di Marina di Pisa corrisponde a circa 150 imbarcazioni, va comunque distribuita tra le 9:30 e le ore 11:30 tenendo conto che ciascuna imbarcazione opera con motore acceso nel porto per i 10 minuti occorrenti per togliere gli ormeggi e avviarsi verso l'imboccatura portuale.

Pertanto nelle due ore di massima punta si potrà avere, nelle condizioni peggiori, la presenza contemporanea di circa 12/13 motori accesi (150/12), mediamente per i 10 minuti di transito fino all'imboccatura del porto. L'effetto inquinante è pertanto estremamente limitato anche perché si è in presenza di un ambiente ampiamente ventilato e distante dai recettori significativi. Tale impatto può essere ulteriormente mitigato con l'adozione di provvedimenti che vietino l'uso dei motori allorquando l'imbarcazione è ormeggiata in banchina.

## 8 FASCICOLO DI MONITORAGGIO

Al fine di valutare e quantificare il possibile peggioramento della qualità dell'aria, per ciò che concerne i parametri interferiti e quello delle polveri in particolare, legato alla costruzione del porto in progetto, è opportuno sottoporre la componente atmosfera ad un apposito piano di monitoraggio.

A tal fine occorre verificare che la qualità dell'aria, durante le attività di cantiere e nella fase post-operam, rispetti i valori limite dettati dalla normativa vigente e dalle linee guida presenti in materia, con particolare attenzione alla protezione dei possibili recettori, affinché non si verifichino peggioramenti, anche localizzati, della qualità dell'aria, intervenendo, laddove necessario, con opportune misure mitigative.

Il piano di monitoraggio comprende la valutazione della componente atmosfera in corso d'opera, con la misura delle componenti durante le attività di cantiere, e post-operam, per il controllo delle emissioni di inquinanti valutate con un apposito modello previsionale.

Gli inquinanti interessati dal monitoraggio saranno essenzialmente le polveri totali sospese, polveri fini e sedimentabili, e, se ritenuti non trascurabili, i principali inquinanti da traffico veicolare, ponendo attenzione ai parametri meteoroclimatici dell'area, fondamentali per la diffusione degli inquinanti stessi.

### 8.1 Metodologie di monitoraggio

I parametri relativi alla componente atmosfera, indicatori della qualità dell'aria, sottoposti al piano di monitoraggio sono:

- Il particolato totale sospeso (PTS)
- Il particolato cosiddetto "respirabile" con un diametro aerodinamico inferiore a 10  $\mu\text{m}$  ( $\text{PM}_{10}$ )
- Le polveri sedimentabili
- Il monossido di carbonio (CO) proveniente da traffico veicolare
- Gli ossidi di azoto (NOx) provenienti anch'essi da traffico veicolare

Il monitoraggio si articola nelle seguenti fasi:

- Indagine preliminare rivolta alla conoscenza del territorio ed ai caratteri meteorologici che lo caratterizzano, con sopralluoghi finalizzati alla scelta dei punti di monitoraggio ed alla pianificazione delle risoluzioni di tutte le problematiche connesse alla successiva fase di misura degli inquinanti.
- Misura degli inquinanti in corso d'opera con caratterizzazione dei livelli raggiunti dalle polveri sedimentabili, dalle polveri sospese (PTS), dalle polveri fini ( $\text{PM}_{10}$ ) e dagli inquinanti, ritenuti significativi, provenienti da traffico veicolare (Monossido di Carbonio e Ossidi di Azoto). In tale fase, in corrispondenza dei punti di misura degli

inquinanti, si procede alla misurazione dei flussi di traffico nelle sezioni stradali corrispondenti a tali stazioni di misura.

- Fase di monitoraggio post-operam: in questa fase si rilevano gli inquinanti dovuti al traffico veicolare ad opera realizzata

Nelle varie fasi del piano di monitoraggio sopra elencate, le misurazioni degli inquinanti sono da coordinarsi con i dati di velocità e direzione del vento, temperatura e umidità relativa dell'aria, pressione atmosferica, radiazione solare, precipitazioni.

In particolare sono stati acquisiti i dati anemometrici forniti della stazione di rilevamento Bocca d'Arno del Centro funzionale meteorologico nel periodo 2001-2003.

Si riporta in seguito, quanto prescritto dalla normativa in vigore per il monitoraggio degli inquinanti di cui sopra, specificando la tecnica e la metodologia applicata, nel rispetto dei livelli di precisione e sensibilità richiesti, in particolare da 1 Decreto Ministeriale 2 aprile 2002 n. 60 (*Recepimento della direttiva 1999/30/CE del Consiglio del 22 aprile 1999 concernente i valori limite di qualità dell'aria ambiente per il biossido di zolfo, il biossido di azoto, gli ossidi di azoto, le particelle e il piombo e della direttiva 2000/69/CE relativa ai valori limite di qualità dell'aria ambiente per il benzene ed il monossido di carbonio*)

### **1. Monitoraggio del Particolare Totale Sospeso (PTS)**

Il metodo gravimetrico per il monitoraggio del materiale particellare in sospensione nell'aria è riportato nel DPCM 28 marzo 1983 *Limiti massimi di accettabilità delle concentrazioni e di esposizione relativi ad inquinanti dell'aria nell'ambiente esterno*, modificato ed integrato successivamente dal DPR 203/1988. Tale metodo non è automatico e prevede una durata del campionamento di 24 ore, campionamento che invece può essere automatizzato.

Il materiale particellare in sospensione viene raccolto su filtri a membrana micropori; la determinazione viene fatta per gravimetria e riferita al volume di aria filtrato, riportato alle condizioni di pressione e di temperatura prescritte.

I filtri a membrana micropori hanno diametro di 50 mm circa, e pori di diametro medio 0,4-0,5  $\mu$ . I filtri non devono subire alterazione alcuna durante le operazioni di taratura e di prelevamento dei campioni.

Il filtro deve essere sostenuto, durante tutto il periodo di tempo in cui è attraversato dall'aria aspirata, da un apposito supporto. Tale supporto deve essere costruito con materiale metallico resistente alla corrosione e deve avere le superfici interne levigate e corrispondenti per dimensioni alle prescrizioni di legge. Le due parti del supporto una volta montato il filtro, devono combaciare in modo da evitare qualunque trafilemento di aria. A tale scopo le due parti devono risultare premute l'una contro l'altra per mezzo di un dispositivo di blocco tale da non deformare e danneggiare il filtro. Il filtro deve essere sostenuto da un disco di materiale sinterizzato o altro mezzo idoneo che impedisca ogni possibile

deformazione del filtro e che sia perfettamente resistente alla corrosione. Il diametro della superficie effettiva di filtrazione deve essere di 36 mm.

E' necessario l'utilizzo di una pompa aspirante, che permetta la portata prevista per il prelevamento del campione di materiale particellare sospeso, nelle condizioni di esercizio.

Per la determinazione del materiale particellare in sospensione nell'aria, si procede contrassegnando sul margine ogni filtro avendo cura di non oltrepassare 5 mm dal bordo esterno. I filtri contrassegnati vanno collocati su vetrini da orologio a bassa curvatura e mantenuti in stufa alla temperatura di 90-100°C per un periodo di 2 ore. I filtri vengono quindi posti in essiccatore contenente gel di silice per un periodo di almeno 12 ore. I filtri così condizionati vengono pesati con apposita bilancia e conservati negli appositi contenitori.

Le parti componenti la linea di prelevamento vanno disposte nel seguente ordine:

- supporto di filtrazione;
- pompa aspirante con regolatore di portata;
- contatore volumetrico.

Si colloca il filtro tarato sull'apposito supporto di filtrazione e si inizia il prelievo utilizzando una portata di 20 l/min. Il supporto di filtrazione deve essere orientato in modo che la superficie di filtrazione del filtro sia rivolta verso il basso. Qualora nel corso del prelevamento la portata dovesse scendere di sotto di 15 l/min., si deve provvedere a regolare di nuovo la portata al valore iniziale o, qualora ciò non sia possibile, a effettuare il prelievo in due o al massimo tre periodi consecutivi. Completato il prelevamento, il filtro viene collocato nel contenitore e trasportato in laboratorio per il condizionamento e la pesata. Il prelievo (o, nel caso, i prelievi consecutivi) deve avere una durata di 24 ore.

La concentrazione del materiale particellare in sospensione,  $P_s$ , espresso in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , a 25 °C e a 1013 millibar, viene calcolata con la seguente formula:

$$P_s = DP/V$$

dove:

DP è la differenza in  $\mu\text{g}$ , tra i pesi finale e iniziale del filtro (o dei filtri nel caso di più prelievi consecutivi nelle 24 ore) e V è il volume di aria aspirato in 24 ore, espresso in  $\text{m}^3$ , dedotto dalla lettura del contatore volumetrico e riportato alle condizioni prescritte di pressione e di temperatura (25 °C e 1013 millibar).

## 2. Monitoraggio del $\text{PM}_{10}$

Il metodo di riferimento per il campionamento e la misurazione del  $\text{PM}_{10}$  è determinato dalla norma europea EN 12341 "Air quality - Determination of the  $\text{PM}_{10}$  fraction of suspended particulate matter Reference method and field test procedure to demonstrate reference equivalence of measurement

methods”. Il principio di misurazione si basa sulla raccolta su un filtro dei  $PM_{10}$  e sulla determinazione della sua massa per via gravimetrica. Le teste indicate nella norma EN 12341 sono teste di riferimento e quindi non richiedono certificazione da parte dei Laboratori Primari di Riferimento prevista dal D.M. 2 aprile 2002 n. 60.

Tale metodo consente la misura della concentrazione media della massa della frazione  $PM_{10}$  in atmosfera su un periodo di campionamento di 24 ore.

Il processo prevede la separazione granulometrica della frazione  $PM_{10}$ , la sua accumulazione su appositi filtri e la separazione con il metodo gravimetrico. Il sistema di campionamento è costituito, con portata volumetrica costante in ingresso, è costituito da una testa di campionamento e da un separatore ad impatto inerziale.

La testa di prelievo deve essere progettata per permettere il campionamento, con efficienza unitaria, di particelle con diametro aerodinamico superiore a  $10\ \mu m$  nelle condizioni ambientali più generali e per proteggere il filtro dalla pioggia, da insetti e da altri corpi estranei che possono pregiudicare la rappresentatività della frazione  $PM_{10}$  accumulata sul filtro. Il separatore ad impatto inerziale (con 8 ugelli di accelerazione), descritto nella norma CEN 12341 “Air quality - Determination of the  $PM_{10}$  fraction of suspended particulate matter -Reference method and field test procedure to demonstrate reference equivalence of measurement methods”, ha un’efficienza nominale di penetrazione del 50% per particelle con diametro aerodinamico di  $10\ \mu m$ , quando è utilizzato ad una portata volumetrica di  $2.3\ m^3/h$ . Di seguito si intenderà per campione di materiale particellare  $PM_{10}$  la frazione di particolato totale campionata con la testa di prelievo e il separatore a impatto inerziale sopra descritti.

La linea di prelievo che porta il campione sul filtro deve essere tale che la temperatura dell’aria in prossimità del filtro non ecceda di oltre  $5^\circ C$  la temperatura dell’aria ambiente e che non ci siano ostruzioni o impedimenti fluidodinamici tali da provocare perdite quantificabili sul campione di particolato  $PM_{10}$ .

La scelta del mezzo filtrante deve essere un compromesso tra diverse esigenze:l’efficienza di filtrazione elevata per particelle submicroniche, perdita di carico ridotta sul mezzo filtrante durante il campionamento, la minimizzazione degli artefatti nella fase di campionamento (cattura di gas da parte del mezzo filtrante, evaporazione di sostanze volatili).

A tal proposito, i mezzi filtranti scelti per la metodologia di riferimento sono:

- filtro in fibra di quarzo (diametro 47 mm)
- filtro in fibra di vetro (diametro 47 mm)
- membrana in Politetrafluoroetilene (diametro 47 mm, porosità  $2\ \mu m$ ).

La membrana in Politetrafluoroetilene deve essere utilizzata quando si effettuano prove sul campo per la valutazione del contenuto ionico dei campioni  $PM_{10}$  come previsto da una delle procedure consigliate per la valutazione dell’equivalenza di sistemi di separazione granulometrica con il sistema di riferimento.

Il campionatore deve essere in grado di operare a portata volumetrica costante nella zona di prelievo e separazione granulometrica, con un intervallo operativo da 0.7 a 2.5 m<sup>3</sup>/h per i mezzi filtranti sopra definiti.

Il campionatore deve essere dotato di un sistema automatico per il controllo della portata volumetrica. Le caratteristiche pneumatiche del campionatore devono essere tali da mantenere la portata volumetrica costante fino ad una caduta di pressione sul mezzo filtrante pari a 25 Kpa, ad un valore di portata volumetrica di 2.3 m<sup>3</sup>/h.

La portata deve essere misurata in continuo ed il suo valore non deve differire più del 5% dal valore nominale, Il coefficiente di variazione CV (deviazione standard divisa per la media) della portata misurata sulle 24 ore non deve superare il 2%. Il campionatore deve essere dotato di sensori per la misura della caduta di pressione sul mezzo filtrante. Il campionatore deve essere in grado di registrare i valori della caduta di pressione all'inizio della fase di campionamento e immediatamente prima del termine della fase di campionamento (controllo di qualità sulla tenuta dinamica del portafiltri e sull'integrità del mezzo filtrante durante la fase di campionamento). Il campionatore deve essere in grado di interrompere il campionamento se il valore della portata devia dal valore nominale per più del 10% e per un tempo superiore ai 60 secondi.

Il campionatore deve essere dotato di sensori per la misura della temperatura ambiente e della pressione atmosferica (sensore di temperatura: intervallo operativo -30°C ÷ +45°C, risoluzione 0.1°C, accuratezza ± 2°C; sensore di pressione: intervallo operativo 70 ÷ 110 KPa, risoluzione 0.5 KPa, accuratezza ± 1 KPa). I valori di temperatura ambiente e pressione atmosferica devono essere disponibili anche quando il sistema non è in fase di campionamento. Il campionatore deve essere in grado di fornire il valore della quantità di aria campionata espresso in Nm<sup>3</sup>.

Il campionatore deve essere in grado di misurare la temperatura dell'aria campionata in prossimità del mezzo filtrante nell'intervallo -30°C ÷ +45°C, sia in fase di campionamento che di attesa. Questo dato deve essere disponibile all'operatore. Il campionatore deve essere in grado di attivare un allarme se la temperatura in prossimità del mezzo filtrante eccede la temperatura ambiente per più di 5° C per più di 30 minuti consecutivi.

I tempi di campionamento e la data e l'ora di inizio del campionamento devono poter essere programmabili dall'operatore. La durata del campionamento deve avere un'accuratezza di ± 1 minuto.

Il campionatore deve essere in grado di ripartire automaticamente dopo ogni eventuale interruzione di corrente e di registrare la data e l'ora di ogni interruzione di corrente che abbia una durata superiore al minuto (numero minimo di registrazioni 10).

Riproducibilità ± 1 µg; Le procedure di pesata devono essere eseguite in una camera dove le condizioni di temperatura e umidità relativa corrispondono a quelle indicate nella procedura di condizionamento dei filtri.

La bilancia deve essere calibrata immediatamente prima di ogni sessione di pesata.

I filtri usati devono essere condizionati immediatamente prima di effettuare le pesate (precampionamento e post-campionamento) ad una temperatura di  $20 \pm 1$  °C, per un tempo di 48 ore e ad un'umidità relativa di  $50 \pm 5$  %.

I filtri nuovi devono essere conservati nella camera di condizionamento fino alla pesata precampionamento. I filtri devono essere pesati immediatamente dopo il periodo di condizionamento. Le pesate pre e post-campionamento devono essere eseguite con la stessa bilancia e, possibilmente, dallo stesso operatore, utilizzando una tecnica efficace a neutralizzare le cariche elettrostatiche sul filtro.

### **3. Monitoraggio delle Polveri sedimentabili**

La polvere sedimentabile: è costituita dal materiale particolato avente granulometria molto elevata e che sedimenta sotto l'azione del campo di gravità. Essa viene valutata mediante raccolta in appositi deposimetri. Sulla polvere depositata possono essere eseguite analisi chimiche di diverso tipo.

I deposimetri (precedentemente tarati e pesati) vengono installati con le capsule aperte che vengono lasciate esposte per un periodo di circa due mesi. Alla fine di ogni periodo di esposizione le capsule di raccolta del particolato vengono prelevate, sigillate con tutti i riferimenti del caso (punto di monitoraggio, ora e data di inizio-fine prelievo) ed inviate al laboratorio per la misura dove avviene la determinazione gravimetrica e eseguite le eventuali analisi specifiche.

Il deposimetro è dotato di un contenitore per il campionamento delle polveri, di forma cilindrica ed in materiale plastico, al cui interno è posta la capsula Petri con apposita membrana. E' dotato inoltre di un sistema di rilevamento per la pioggia e di un timer per il conteggio delle ore di effettiva esposizione alle polveri.

Il quantitativo di polveri sedimentate si valuta in laboratorio con una bilancia elettronica di precisione, applicando il metodo gravitativo.

### **4. Monitoraggio degli inquinanti dovuti al traffico**

Come precedentemente descritto gli inquinanti provenienti da traffico veicolare monitorati, in quanto ritenuti più significativi, sono gli Ossidi di Azoto ed il Monossido di Carbonio.

Il monitoraggio degli ossidi di azoto viene effettuato in conformità con la norma ISO 7996: 1985 - Ambient Air - Determination of the mass concentration of nitrogen oxides — Chemiluminescence Method.

Il monitoraggio del monossido di carbonio sarà, invece, effettuato in conformità con la normativa vigente ed in particolare con l'appendice 10 "Sistemi di Misura Automatizzati" dell'Allegato II del DPCM 28/3/83, n.30.

Il monitoraggio degli inquinanti provenienti da traffico veicolare avverrà con apposita stazione mobile di monitoraggio dotata di apposite sonde di prelievo individuale degli inquinanti.

Tutte le sonde di prelievo saranno tali da ridurre al minimo un'eventuale alterazione chimica o fisica degli inquinanti.

I sistemi di misura automatici devono essere corredati dalle apparecchiature necessarie per la taratura. La stazione deve disporre di un insieme di sensori (generalmente installati alla sommità di un palo telescopico ad una altezza di 2 o 10 m) per i seguenti parametri meteorologici: velocità del vento, direzione del vento, temperatura, precipitazioni, radiazione solare, pressione, umidità relativa.

## **8.2 Criteri di individuazione dei punti di monitoraggio**

In ottemperanza alle disposizioni vigenti, si è scelto di monitorare i recettori siti nei pressi delle aree di cantiere e lungo l'intera tratta stradale in progetto, come si evince dalla Tavola allegata al presente studio. In particolare, si sono scelte come aree da monitorare, quelle zone in cui è prevista una sovrapposizione tra le aree di cantiere ed il fronte di avanzamento lavori, soprattutto nei casi in cui la stima di tale periodo di sovrapposizione risulta essere più lunga.

I punti di campionamento destinati alla protezione della salute umana dovrebbero essere ubicati in modo da fornire dati sulle aree all'interno di zone ed agglomerati dove si raggiungono i più elevati livelli a cui è probabile che la popolazione sia esposta, direttamente o indirettamente, per un periodo significativo in relazione al periodo di mediazione del(i) valore(i) limite; fornire dati sui livelli nelle altre aree all'interno delle zone e degli agglomerati che sono rappresentativi dell'esposizione della popolazione in generale.

I punti di campionamento dovrebbero, in generale, essere ubicati in modo da evitare misurazioni di microambienti molto ridotti nelle loro immediate vicinanze. Orientativamente un punto di campionamento dovrebbe essere ubicato in modo tale da essere rappresentativo della qualità dell'aria in una zona circostante non inferiore a 200 m<sup>2</sup>, in siti orientati al traffico, e non inferiore ad alcuni km<sup>2</sup>, in siti di fondo urbano.

I punti di campionamento dovrebbero, laddove possibile, essere anche rappresentativi di ubicazioni analoghe non nelle loro immediate vicinanze.

Per ciò che concerne, invece, l'ubicazione della strumentazione per il monitoraggio, occorre seguire le seguenti prescrizioni, nella misura in cui ciò sia tecnicamente fattibile.

L'ingresso della sonda di campionamento deve essere libero e non vi debbono essere ostacoli che possano disturbare il flusso d'aria nelle vicinanze del campionatore (di norma a distanza di alcuni metri rispetto ad edifici, balconi, alberi ed altri ostacoli e, nel caso di punti di campionamento rappresentativi della qualità dell'aria ambiente sulla linea degli edifici, alla distanza di almeno 0,5 m dall'edificio più prossimo). Di regola, il punto di ingresso dell'aria deve situarsi tra 1,5 m e 4 m sopra il livello del suolo.

Possono essere talvolta necessarie posizioni più elevate (fino ad 8 m). Può anche essere opportuna un'ubicazione ancora più elevata se la stazione è rappresentativa di un'ampia area.

Il punto di ingresso della sonda non deve essere collocato nelle immediate vicinanze di fonti inquinanti per evitare l'aspirazione diretta di emissioni non miscelate con l'aria ambiente; inoltre, lo scarico del campionatore deve essere collocato in modo da evitare il ricircolo dell'aria scaricata verso l'ingresso del campionatore.

Per ciò che riguarda l'ubicazione dei campionatori relativi al traffico:

- per tutti gli inquinanti, tali campionatori devono essere situati a più di 25 m di distanza dal bordo dei grandi incroci e a più di 4 m di distanza dal centro della corsia di traffico più vicina;
- per il biossido di azoto e il monossido di carbonio il punto di ingresso deve essere ubicato non oltre 5 m dal bordo stradale;
- per il materiale particolato, il piombo e il benzene, il punto d'ingresso deve essere ubicato in modo da essere rappresentativo della qualità dell'aria ambiente sulla linea degli edifici.

Nella localizzazione delle stazioni si può anche tenere conto dei fattori seguenti:

- a) fonti di interferenza;
- b) sicurezza;
- c) accesso;
- d) disponibilità di energia elettrica e di linee telefoniche;
- e) visibilità del punto di prelievo rispetto all'ambiente circostante;
- f) rischi per il pubblico e per gli operatori;
- g) opportunità di ubicare punti di campionamento per diversi inquinanti nello stesso sito;
- h) vincoli di varia natura.

### **8.3 Piano di monitoraggio**

Il piano di monitoraggio definisce il calendario delle misure, il tempo di campionamento, la frequenza con cui rilevare i campioni ed il periodo ottimale in cui attuare il monitoraggio.

Per ogni singolo inquinante sottoposto a monitoraggio si stabilisce un tempo di campionamento sulla base degli standard di qualità dell'aria o su esperienze pregresse.

Per ciò che concerne il Particolare totale sospeso e la sua frazione respirabile, la durata minima del campionamento è di 24 ore, mentre è sufficiente una sola ora per gli inquinanti provenienti da traffico veicolare quali CO ed NO<sub>2</sub>. Il tempo di campionamento stabilito per le polveri sedimentabili, raccolte con apposito deposimetro, è invece compreso tra un minimo di 15 giorni ed un massimo di 2 mesi.

Si riporta di seguito il piano di monitoraggio per la componente atmosfera in corso d'opera, cioè durante l'esecuzione dei lavori, e nella fase di esercizio della nuova strada.

| <b>CAMPAGNE DI MONITORAGGIO DURANTE L'ESECUZIONE DEI LAVORI</b>          |                              |                                |
|--|------------------------------|--------------------------------|
| TIPOLOGIA DI POSTAZIONE  | <i>campagne/anno</i>         | <i>durata singola campagna</i> |
| <b>Postazioni in cantieri da monitorare in discontinuo</b>               |                              |                                |
| <b>Misure</b>  |                              |                                |
| Dati meteo, PTS, PM <sub>10</sub>  | 2*                           | 15 giorni                      |
| PS (Polveri Sedimentabili)   | 2*                           | 2 mesi                         |
| <b>Campionamenti per eventuale analisi</b>                               |                              |                                |
| analisi PTS (metalli+ gran.)   | 1 campione/campagna/cantiere |                                |
| analisi Polv. Sed. metalli   | 1 campione/campagna/cantiere |                                |
| <b>Fronte Avanzamento Lavori</b>   |                              |                                |
| <b>Misure</b>  |                              |                                |
| Dati meteo, PTS, PM <sub>10</sub>  | 1                            | 15 giorni                      |
| Polveri Sedimentabili  | 1                            | 15 giorni                      |
| <b>Campionamenti per eventuale analisi</b>                               |                              |                                |
| analisi Polv. Sed. metalli   | 1 campione (1 per campagna)  |                                |
| <b>Postazioni Traffico</b><br><b>Misure: Dati Meteo, PTS, CO, NOx...</b> | 2*                           | 15 giorni                      |
| <b>CAMPAGNE DI MONITORAGGIO IN ESERCIZIO</b>                             |                              |                                |
| TIPOLOGIA DI POSTAZIONE  | <i>campagne/anno</i>         | <i>durata singola campagna</i> |
|  |                              |                                |
| <b>Misure</b>  |                              |                                |
| <b>Postazioni Traffico</b><br><b>Misure: Dati Meteo, CO, NOx...</b>      | 1                            | 30 giorni                      |

\* una campagna nel semestre estivo ed una nel semestre invernale

Il piano di monitoraggio in corso d'opera può essere aggiornato durante l'esecuzione dei lavori, in particolare tenendo conto del fronte di avanzamento dei lavori e dell'evolversi delle condizioni climatiche.

## **8.4 Criteri di individuazione dei punti di monitoraggio**

Sulla base di quanto esposto nei paragrafi precedenti ed in funzione dei risultati della simulazione di inquinamento atmosferico, si può effettuare una scelta opportuna per ciò che concerne l'ubicazione dei punti di monitoraggio sia in corso d'opera che in fase di esercizio della nuova tratta stradale.

Nelle tavole allegate alla presente relazione, si riportano i recettori sensibili e i punti di monitoraggio durante la fase di cantierizzazione, ossia durante l'intero arco temporale necessario all'esecuzione dei lavori.

Per ciò che concerne il monitoraggio relativo al fronte di avanzamento dei lavori, le postazioni delle stazioni di monitoraggio variano in funzione dell'avanzamento stesso.

Infine in fase di esercizio, i punti di monitoraggio saranno ubicati in sede di esercizio, lungo la nuova tratta stradale in prossimità dei recettori sensibili ed in funzione delle criticità emerse dalla modellizzazione di inquinamento atmosferico.

## **8.5 Organizzazione ed elaborazione dei dati di monitoraggio**

Per ciò che concerne l'organizzazione dei dati provenienti dal monitoraggio degli inquinanti, occorre costituire un sistema di registrazione sia su supporto cartaceo che informatico. In particolare il database delle informazioni, dovrà registrare l'andamento giornaliero dei valori degli inquinanti monitorati, i loro valori medi, minimi e massimi, il giorno tipo relativo al periodo di informazione e l'andamento dei parametri meteorologici durante la fase di monitoraggio.

I dati verranno quindi costantemente messi in relazione ai valori limite stabiliti dalla normativa vigente e ai livelli di allarme o di attenzione fissati per la qualità dell'aria.

Attraverso l'elaborazione statistica dei dati rilevati di PTS e  $PM_{10}$ , si ricavano i valori delle medie giornaliere di concentrazione da confrontarsi direttamente con i livelli di attenzione e di allarme del PTS e con gli obiettivi di qualità del  $PM_{10}$ . Analogamente per gli inquinanti provenienti da traffico veicolare, i valori registrati dalle postazioni di monitoraggio, verranno confrontati con i valori limite previsti dalla normativa vigente e con i livelli di attenzione e di allarme, previa validazione dei dati stessi.

Durante il monitoraggio occorre predisporre un rapporto annuale sulla qualità dell'aria e sull'impatto dell'opera sulla stessa; la pubblicazione di bollettini con cadenza trimestrale riportando i dati relativi alle registrazioni ed ai punti di monitoraggio ed evidenziando le eventuali misure mitigative adottate e le cause del peggioramento della qualità dell'aria in relazione ai parametri monitorati.

In allegato si riportano le schede tipo per il monitoraggio atmosferico.

## 9 ALLEGATI GRAFICI DI RIFERIMENTO

Nell'elaborato R7d si riportano le seguenti tavole grafiche:

- Tav. B.6.1. – Inquadramento dell'area nella situazione attuale
- Tav. B.6.2. – Inquadramento dell'area nella situazione in progetto
- Tav. B.6.3. – Planimetria con punti di vista fotografici situazione attuale
- Tav. B.6.4. – Carta dei recettori acustici ed atmosferici
- Tav. B.6.5 – Emissioni di NOx situazione in progetto in condizioni medie
- Tav. B.6.6 - Emissioni di CO situazione in progetto in condizioni medie
- Tav. B.6.7 - Emissioni di PM situazione in progetto in condizioni medie
- Tav. B.6.8 – Emissioni di NOx situazione in progetto in condizioni critiche
- Tav. B.6.9 - Emissioni di CO situazione in progetto in condizioni critiche
- Tav. B.6.10 - Emissioni di PM situazione in progetto in condizioni critiche
- Tav. B.6.11 – Ubicazione punti di misura e monitoraggio in fase di cantiere e in esercizio

## 10 APPENDICE A – FATTORI DI EMISSIONE INQUINANTI ATMOSFERICI

Figura 21 – Fattori di emissione medi di NO<sub>x</sub> per il parco circolante italiano nel 1997 (Fonte: ANPA)

| NO <sub>x</sub> (g/veic•km)                                  |                     |          | Ciclo di guida |              |              |
|--|---------------------|----------|----------------|--------------|--------------|
|  |                     |          | Urbano         | Extra urbano | Autostradale |
| Tipo di veicolo e Periodo di Immatricolazione                | Categoria veicolare | Percorso |                |              |              |
| Autovetture Immatricolate 1985-1992 (ECE 15/04)              | Benzina <1,4 l      | a caldo  | 1,5576         | 1,9372       | 2,7744       |
|  |                     | totale   | 1,6428         | 1,9372       | 2,7744       |
|  | Benzina 1,4 - 2,0 l | a caldo  | 1,8553         | 2,5304       | 4,1096       |
|  | totale              | 1,9686   | 2,5521         | 4,1096       |              |
|  | Benzina >2,0 l      | a caldo  | 2,2433         | 2,6409       | 4,5774       |
|  | totale              | 2,3803   | 2,6807         | 4,5774       |              |
| Autovetture Immatricolate 1993-1996 (catalizzate 91/441/EEC) | Benzina <1,4 l      | a caldo  | 0,3880         | 0,3840       | 0,6090       |
|  |                     | totale   | 1,2931         | 0,3913       | 0,6090       |
|  | Benzina 1,4 - 2,0 l | a caldo  | 0,3764         | 0,2644       | 0,6329       |
|  | totale              | 1,3479   | 0,4104         | 0,6329       |              |
|  | Benzina >2,0 l      | a caldo  | 0,2717         | 0,2037       | 0,6327       |
|  | totale              | 0,9730   | 0,3792         | 0,6327       |              |
| Autovetture Immatricolate dal 1997 (catalizzate 94/12/EEC)   | Benzina <1,4 l      | a caldo  | 0,1663         | 0,1559       | 0,2436       |
|  |                     | totale   | 0,5540         | 0,1590       | 0,2436       |
|  | Benzina 1,4 - 2,0 l | a caldo  | 0,1656         | 0,1164       | 0,2787       |
|  | totale              | 0,5932   | 0,1807         | 0,2787       |              |
|  | Benzina >2,0 l      | a caldo  | 0,1197         | 0,0901       | 0,2793       |
|  | totale              | 0,4287   | 0,1674         | 0,2793       |              |
| Autovetture Immatricolate fino al 1994 (convenzionali)       | Diesel <2,0 l       | a caldo  | 0,6311         | 0,4416       | 0,6001       |
|  | totale              | 0,7125   | 0,4632         | 0,6001       |              |
|  | Diesel >2,0 l       | a caldo  | 0,9641         | 0,7229       | 1,0862       |
|  | totale              | 1,0885   | 0,7593         | 1,0862       |              |
| Autovetture Immatricolate 1994-1996 (ecodiesel 91/441/EEC)   | Diesel <2,0 l       | a caldo  | 0,5462         | 0,2557       | 0,2657       |
|  | totale              | 0,6167   | 0,2744         | 0,2657       |              |
|  | Diesel >2,0 l       | a caldo  | 0,5462         | 0,2342       | 0,3277       |
|  | totale              | 0,6167   | 0,2548         | 0,3277       |              |
| Autovetture Immatricolate dal 1997 (ecodiesel 94/12/EEC)     | Diesel <2,0 l       | a caldo  | 0,2403         | 0,1126       | 0,1171       |
|  | totale              | 0,2714   | 0,1208         | 0,1171       |              |
|  | Diesel >2,0 l       | a caldo  | 0,2403         | 0,1032       | 0,1444       |
|  | totale              | 0,2714   | 0,1122         | 0,1444       |              |
| Autovetture Immatricolate fino al 1992 (convenzionali)       | GPL                 | a caldo  | 1,9250         | 2,5263       | 2,9347       |
|  | totale              | 1,7601   | 2,5254         | 2,9347       |              |
| Autovetture Immatricolate 1993-1996 (catalizzate 91/441/EEC) | GPL                 | a caldo  | 0,3953         | 0,2873       | 0,3188       |
|  | totale              | 0,3614   | 0,2871         | 0,3188       |              |
| Autovetture Immatricolate dal 1997 (catalizzate 94/12/EEC)   | GPL                 | a caldo  | 0,1742         | 0,1282       | 0,1453       |
|  | totale              | 0,1593   | 0,1281         | 0,1453       |              |
| Comm. Legg. Immatricolati fino al 1994 (convenzionali)       | Benzina <3,5 t      | a caldo  | 1,7979         | 1,7891       | 2,0008       |
|  | totale              | 1,9034   | 1,7905         | 2,0008       |              |
|  | Diesel <3,5 t       | a caldo  | 1,1571         | 0,8981       | 0,8841       |
|  | totale              | 1,3059   | 0,9098         | 0,8841       |              |
| Comm. Legg. Immatricolati 1994-1997 (93/59/EEC)              | Benzina <3,5 t      | a caldo  | 0,3880         | 0,3740       | 0,5070       |
|  | totale              | 0,4108   | 0,3743         | 0,5070       |              |
|  | Diesel <3,5 t       | a caldo  | 0,5462         | 0,2557       | 0,2102       |
|  | totale              | 0,6164   | 0,2612         | 0,2102       |              |
| Comm. Pes. Immatricolati fino al 1993 (convenzionali)        | Diesel >3,5 t       | a caldo  | 12,2946        | 5,9683       | 6,8087       |
|  | totale              | 12,2946  | 5,9683         | 6,8087       |              |
| Comm. Pes. Immatricolati 1993-1996 (91/542/EEC stage I)      | Diesel >3,5 t       | a caldo  | 8,3554         | 4,4769       | 4,5052       |
|  | totale              | 8,3554   | 4,4769         | 4,5052       |              |
| Comm. Pes. Immatricolati dal 1997 (91/542/EEC stage II)      | Diesel >3,5 t       | a caldo  | 6,3389         | 3,5583       | 4,8678       |
|  | totale              | 6,3389   | 3,5583         | 4,8678       |              |
| Ciclomotori Immatricolati fino al 1997                       | <50 cm <sup>3</sup> | a caldo  | 0,0300         | 0,0300       | -            |
|  | totale              | 0,0300   | 0,0300         | -            |              |
| Motocicli Immatricolati fino al 1997                         | >50 cm <sup>3</sup> | a caldo  | 0,1006         | 0,2291       | 0,3900       |
|  | totale              | 0,1006   | 0,2291         | 0,3900       |              |

Figura 22 – Fattori di emissione medi di COVNM per il parco circolante italiano nel 1997 (Fonte: ANPA)

| COVNM (g/veic·km)  | Ciclo di guida      | Tipo di veicolo e Periodo di immatricolazione | Categoria veicolare                  | Percorso | Ciclo di guida |              |               |
|--|---------------------|---|--------------------------------------|----------|----------------|--------------|---------------|
|  |                     |   |                                      |          | Urbano         | Extra urbano | Auto-stradale |
| Autoveicoli Immatricolate 1985-1992 (ECE 15.04)              | Benzina <1,4 l      | a caldo                                       | Benzina <1,4 l                       | totale   | 1,9043         | 1,0739       | 0,6647        |
|  |                     |   |                                      |          | 6,5373         | 1,2956       | 1,6813        |
|  |                     | a caldo                                       | Benzina 1,4 - 2,0 l                  | totale   | 1,9043         | 1,0739       | 0,6881        |
| Autoveicoli Immatricolate 1993-1996 (catalizzate 91/441/EEC) | Benzina <1,4 l      | a caldo                                       | Benzina <1,4 l                       | totale   | 1,9043         | 0,9235       | 0,6881        |
|  |                     |   |                                      |          | 9,9396         | 1,6812       | 1,0154        |
|  |                     | a caldo                                       | Benzina 1,4 - 2,0 l                  | totale   | 0,2416         | 0,0496       | 0,1778        |
| Immatricolate dal 1997 (catalizzate 94/12/EEC)               | Benzina <1,4 l      | a caldo                                       | Benzina <1,4 l                       | totale   | 3,6345         | 0,1394       | 0,4353        |
|  |                     |   |                                      |          | 0,2177         | 0,0458       | 0,1750        |
|  |                     | a caldo                                       | Benzina 1,4 - 2,0 l                  | totale   | 3,8755         | 0,4677       | 0,2838        |
| Autoveicoli Immatricolate fino al 1994 (convenzionali)       | Benzina >2,0 l      | a caldo                                       | Benzina >2,0 l                       | totale   | 0,1346         | 0,0506       | 0,1441        |
|  |                     |   |                                      |          | 3,2532         | 0,4789       | 0,2333        |
|  |                     | a caldo                                       | Benzina <1,4 l                       | totale   | 0,0947         | 0,0107       | 0,0692        |
| Autoveicoli Immatricolate 1994-1996 (ecodiesel 91/441/EEC)   | Benzina 1,4 - 2,0 l | a caldo                                       | Benzina 1,4 - 2,0 l                  | totale   | 2,3659         | 0,1101       | 0,4054        |
|  |                     |   |                                      |          | 0,0864         | 0,0140       | 0,0764        |
|  |                     | a caldo                                       | Benzina >2,0 l                       | totale   | 2,7415         | 0,2416       | 0,2199        |
| Autoveicoli Immatricolate dal 1997 (ecodiesel 94/12/EEC)     | Benzina >2,0 l      | a caldo                                       | Benzina >2,0 l                       | totale   | 0,0485         | 0,0133       | 0,0589        |
|  |                     |   |                                      |          | 2,6319         | 0,2222       | 0,1693        |
|  |                     | a caldo                                       | Diesel <2,0 l                        | totale   | 0,2209         | 0,0944       | 0,0514        |
| Autoveicoli Immatricolate fino al 1994 (convenzionali)       | Diesel <2,0 l       | a caldo                                       | Diesel <2,0 l                        | totale   | 0,4232         | 0,1480       | 0,0514        |
|  |                     |   |                                      |          | 0,2209         | 0,0873       | 0,0469        |
|  |                     | a caldo                                       | Diesel >2,0 l                        | totale   | 0,4232         | 0,1462       | 0,0469        |
| Autoveicoli Immatricolate 1994-1996 (ecodiesel 91/441/EEC)   | Diesel >2,0 l       | a caldo                                       | Diesel >2,0 l                        | totale   | 0,0816         | 0,0344       | 0,0094        |
|  |                     |   |                                      |          | 0,1565         | 0,0542       | 0,0094        |
|  |                     | a caldo                                       | Diesel <2,0 l                        | totale   | 0,0816         | 0,0296       | 0,0104        |
| Autoveicoli Immatricolate dal 1997 (ecodiesel 94/12/EEC)     | Diesel <2,0 l       | a caldo                                       | Diesel <2,0 l                        | totale   | 0,1565         | 0,0514       | 0,0104        |
|  |                     |   |                                      |          | 0,0567         | 0,0250       | 0,0095        |
|  |                     | a caldo                                       | Diesel >2,0 l                        | totale   | 0,1086         | 0,0387       | 0,0095        |
| Autoveicoli Immatricolate fino al 1992 (convenzionali)       | Diesel >2,0 l       | a caldo                                       | Diesel >2,0 l                        | totale   | 0,0567         | 0,0219       | 0,0106        |
|  |                     |   |                                      |          | 0,1086         | 0,0370       | 0,0106        |
|  |                     | a caldo                                       | GPL                                  | totale   | 1,5446         | 0,6759       | 0,4260        |
| Autoveicoli Immatricolate fino al 1992 (convenzionali)       | GPL                 | a caldo                                       | GPL                                  | totale   | 2,2286         | 0,6903       | 0,4260        |
|  |                     |   |                                      |          | 0,3106         | 0,0516       | 0,1021        |
|  |                     | a caldo                                       | GPL                                  | totale   | 0,4482         | 0,0545       | 0,1021        |
| Autoveicoli Immatricolate 1993-1996 (catalizzate 91/441/EEC) | GPL                 | a caldo                                       | GPL                                  | totale   | 0,0919         | 0,0033       | 0,0313        |
|  |                     |   |                                      |          | 0,1326         | 0,0042       | 0,0313        |
|  |                     | a caldo                                       | GPL                                  | totale   | 0,0919         | 0,0033       | 0,0313        |
| Autoveicoli Immatricolate dal 1997 (catalizzate 94/12/EEC)   | Benzina <3,5 t      | a caldo                                       | Benzina <3,5 t                       | totale   | 2,8359         | 0,9334       | 0,6509        |
|  |                     |   |                                      |          | 8,6102         | 1,1744       | 1,4222        |
|  |                     | a caldo                                       | Diesel <3,5 t                        | totale   | 0,3586         | 0,1714       | 0,1556        |
| Comm. Legg. Immatricolati fino al 1994 (convenzionali)       | Diesel <3,5 t       | a caldo                                       | Diesel <3,5 t                        | totale   | 0,6860         | 0,1969       | 0,1556        |
|  |                     |   |                                      |          | 0,0331         | 0,0506       | 0,2109        |
|  |                     | a caldo                                       | Benzina <3,5 t                       | totale   | 0,0646         | 0,0510       | 0,2109        |
| Comm. Legg. Immatricolati 1994-1997 (93/59/EEC)              | Benzina <3,5 t      | a caldo                                       | Benzina <3,5 t                       | totale   | 0,3017         | 0,1635       | 0,0987        |
|  |                     |   |                                      |          | 0,5772         | 0,1849       | 0,0987        |
|  |                     | a caldo                                       | Diesel <3,5 t                        | totale   | 0,3017         | 0,1635       | 0,0987        |
| Comm. Pes. Immatricolati fino al 1993 (convenzionali)        | Diesel >3,5 t       | a caldo                                       | Diesel >3,5 t                        | totale   | 2,4764         | 1,0599       | 0,7994        |
|  |                     |   |                                      |          | 2,4764         | 1,0599       | 0,7994        |
|  |                     | a caldo                                       | Diesel >3,5 t                        | totale   | 1,4342         | 0,7063       | 0,5864        |
| Comm. Pes. Immatricolati 1993-1996 (91/542/EEC stage I)      | Diesel >3,5 t       | a caldo                                       | Diesel >3,5 t                        | totale   | 1,4342         | 0,7063       | 0,5864        |
|  |                     |   |                                      |          | 1,2555         | 0,6404       | 0,5069        |
|  |                     | a caldo                                       | Diesel >3,5 t                        | totale   | 1,2555         | 0,6404       | 0,5069        |
| Comm. Pes. Immatricolati dal 1997 (91/542/EEC stage II)      | <50 cm <sup>3</sup> | a caldo                                       | <50 cm <sup>3</sup>                  | totale   | 8,9000         | 8,9000       | -             |
|  |                     |   |                                      |          | 9,3117         | 8,9000       | -             |
|  |                     | a caldo                                       | >50 cm <sup>3</sup>                  | totale   | 2,6846         | 0,9619       | 0,9614        |
| Ciclomotori Immatricolati fino al 1997                       | >50 cm <sup>3</sup> | a caldo                                       | >50 cm <sup>3</sup>                  | totale   | 3,4405         | 1,1239       | 2,0953        |
|  |                     |   |                                      |          | 3,4405         | 1,1239       | 2,0953        |
|  |                     | a caldo                                       | Motocicli Immatricolati fino al 1997 | totale   | 2,6846         | 0,9619       | 0,9614        |

Figura 23 – Fattori di emissione medi di CO per il parco circolante italiano nel 1997 (Fonte: ANPA)

| CO (g/veic·km)   | Tipo di veicolo e Periodo di immatricolazione | Categoria veicolare | Percorso | Ciclo di guida |              |              |
|--|---|---------------------|----------|----------------|--------------|--------------|
|  |   |                     |          | Urbano         | Extra urbano | Autostradale |
| Autoveicoli Immatricolate 1985-1992 (ECE 15/04)              | Benzina <1,4 l                                | a caldo             | 13,9368  | 6,2830         | 4,3846       |              |
|  |   | totale              | 32,3329  | 6,2830         | 4,3846       |              |
|  |   | Benzina 1,4 - 2,0 l | a caldo  | 13,9368        | 6,2830       | 5,0002       |
| Autoveicoli Immatricolate 1993-1996 (catalizzate 91/441/EEC) | Benzina <1,4 l                                | a caldo             | 2,9259   | 1,9619         | 4,7024       |              |
|  |   | totale              | 21,1856  | 2,1215         | 4,7024       |              |
|  |   | Benzina 1,4 - 2,0 l | a caldo  | 2,0486         | 0,8406       | 6,4946       |
| Autoveicoli Immatricolate dal 1997 (catalizzate 94/12/EEC)   | Benzina <1,4 l                                | a caldo             | 16,0941  | 3,0162         | 6,4946       |              |
|  |   | totale              | 1,9283   | 0,9163         | 2,6598       |              |
|  |   | Benzina >2,0 l      | a caldo  | 15,1490        | 4,2862       | 2,6598       |
| Autoveicoli Immatricolate fino al 1994 (convenzionali)       | Benzina >2,0 l                                | a caldo             | 2,0474   | 1,3714         | 3,2884       |              |
|  |   | totale              | 14,8246  | 1,4831         | 3,2884       |              |
|  |   | Benzina 1,4 - 2,0 l | a caldo  | 1,4340         | 0,5884       | 4,5462       |
| Autoveicoli Immatricolate 1994-1996 (ecodiesel 91/441/EEC)   | Benzina >2,0 l                                | a caldo             | 11,2657  | 2,1113         | 4,5462       |              |
|  |   | totale              | 1,3500   | 0,6420         | 1,8630       |              |
|  |   | Diesel <2,0 l       | a caldo  | 10,6058        | 3,0013       | 1,8630       |
| Autoveicoli Immatricolate fino al 1994 (convenzionali)       | Diesel <2,0 l                                 | a caldo             | 0,8521   | 0,5154         | 0,3639       |              |
|  |   | totale              | 1,2828   | 0,6229         | 0,3639       |              |
|  |   | Diesel >2,0 l       | a caldo  | 0,8521         | 0,4922       | 0,3461       |
| Autoveicoli Immatricolate 1994-1996 (ecodiesel 94/12/EEC)    | Diesel >2,0 l                                 | a caldo             | 1,2828   | 0,6105         | 0,3461       |              |
|  |   | totale              | 0,5712   | 0,2737         | 0,2737       |              |
|  |   | Diesel >2,0 l       | a caldo  | 0,8599         | 0,3458       | 0,2737       |
| Autoveicoli Immatricolate dal 1997 (ecodiesel 94/12/EEC)     | Diesel >2,0 l                                 | a caldo             | 0,5712   | 0,2512         | 0,3337       |              |
|  |   | totale              | 0,8599   | 0,3305         | 0,3337       |              |
|  |   | Diesel <2,0 l       | a caldo  | 0,3998         | 0,1916       | 0,1916       |
| Autoveicoli Immatricolate fino al 1992 (convenzionali)       | Diesel <2,0 l                                 | a caldo             | 0,6019   | 0,2420         | 0,1916       |              |
|  |   | totale              | 0,3998   | 0,1758         | 0,2336       |              |
|  |   | Diesel >2,0 l       | a caldo  | 0,6019         | 0,2313       | 0,2336       |
| Autoveicoli Immatricolate fino al 1992 (convenzionali)       | GPL   | a caldo             | 4,5137   | 1,8466         | 13,7752      |              |
|  |   | totale              | 10,7704  | 1,9454         | 13,7752      |              |
| Autoveicoli Immatricolate 1993-1996 (catalizzate 91/441/EEC) | GPL   | a caldo             | 1,9848   | 1,2848         | 4,7048       |              |
|  |   | totale              | 4,7361   | 1,3282         | 4,7048       |              |
| Autoveicoli Immatricolate dal 1997 (catalizzate 94/12/EEC)   | GPL   | a caldo             | 1,3894   | 0,8994         | 3,2934       |              |
|  |   | totale              | 3,3153   | 0,9298         | 3,2934       |              |
| Comm. Legg. Immatricolati fino al 1994 (convenzionali)       | Benzina <3,5 t                                | a caldo             | 26,8340  | 6,5970         | 13,3100      |              |
|  |   | totale              | 64,9989  | 7,0319         | 13,3100      |              |
|  |   | Diesel <3,5 t       | a caldo  | 1,3131         | 1,0121       | 1,2011       |
| Comm. Legg. Immatricolati 1994-1997 (93/59/EEC)              | Benzina <3,5 t                                | a caldo             | 1,9698   | 1,0563         | 1,2011       |              |
|  |   | totale              | 1,4070   | 1,5295         | 3,1220       |              |
|  |   | Diesel <3,5 t       | a caldo  | 3,4081         | 1,5523       | 3,1220       |
| Comm. Pes. Immatricolati fino al 1993 (convenzionali)        | Diesel <3,5 t                                 | a caldo             | 1,1263   | 0,6258         | 0,6153       |              |
|  |   | totale              | 1,6895   | 0,6637         | 0,6153       |              |
| Comm. Pes. Immatricolati fino al 1993 (convenzionali)        | Diesel >3,5 t                                 | a caldo             | 4,4909   | 2,1646         | 1,7465       |              |
|  |   | totale              | 4,4909   | 2,1646         | 1,7465       |              |
| Comm. Pes. Immatricolati 1993-1996 (91/542/EEC stage I)      | Diesel >3,5 t                                 | a caldo             | 2,3536   | 1,2977         | 1,1090       |              |
|  |   | totale              | 2,3536   | 1,2977         | 1,1090       |              |
| Comm. Pes. Immatricolati dal 1997 (91/542/EEC stage II)      | Diesel >3,5 t                                 | a caldo             | 1,9365   | 1,1134         | 1,0975       |              |
|  |   | totale              | 1,9365   | 1,1134         | 1,0975       |              |
| Ciclomotori Immatricolati fino al 1997                       | <50 cm <sup>3</sup>                           | a caldo             | 15       | 15             | -            |              |
|  |   | totale              | 15       | 15             | -            |              |
| Motocicli Immatricolati fino al 1997                         | >50 cm <sup>3</sup>                           | a caldo             | 28,7247  | 21,2900        | 31,7747      |              |
|  |   | totale              | 28,7247  | 21,2900        | 31,7747      |              |

Figura 24 – Fattori di emissione medi di PM per il parco circolante italiano nel 1997 (Fonte: ANPA)

| PM (g/veic·km)   | Tipo di veicolo e Periodo di immatricolazione | Categoria veicolare | Percorso | Ciclo di guida |              |               |
|--|---|---------------------|----------|----------------|--------------|---------------|
|  |   |                     |          | Urbano         | Extra urbano | Auto-stradale |
| Autovetture Immatricolate fino al 1994 (convenzionali)     | Diesel <2,0 t                                 | a caldo             |          | 0,2712         | 0,1428       | 0,2058        |
|  |   | totale              |          | 0,4841         | 0,2015       | 0,2058        |
| Autovetture Immatricolate fino al 1994 (convenzionali)     | Diesel >2,0 t                                 | a caldo             |          | 0,2712         | 0,1360       | 0,2532        |
|  |   | totale              |          | 0,4841         | 0,2007       | 0,2532        |
| Autovetture Immatricolate 1994-1996 (ecodiesel 91/441/EEC) | Diesel <2,0 t                                 | a caldo             |          | 0,0633         | 0,0248       | 0,0548        |
|  |   | totale              |          | 0,1130         | 0,0385       | 0,0548        |
| Autovetture Immatricolate 1994-1996 (ecodiesel 91/441/EEC) | Diesel >2,0 t                                 | a caldo             |          | 0,0633         | 0,0233       | 0,0728        |
|  |   | totale              |          | 0,1130         | 0,0384       | 0,0728        |
| Autovetture Immatricolate dal 1997 (ecodiesel 94/12/EEC)   | Diesel <2,0 t                                 | a caldo             |          | 0,0286         | 0,0134       | 0,0299        |
|  |   | totale              |          | 0,0511         | 0,0196       | 0,0299        |
| Autovetture Immatricolate dal 1997 (ecodiesel 94/12/EEC)   | Diesel >2,0 t                                 | a caldo             |          | 0,0286         | 0,0130       | 0,0386        |
|  |   | totale              |          | 0,0511         | 0,0198       | 0,0386        |
| Comm. Legg. Immatricolati fino al 1994 (convenzionali)     | Diesel <3,5 t                                 | a caldo             |          | 0,2792         | 0,2880       | 0,3212        |
|  |   | totale              |          | 0,4987         | 0,3068       | 0,3212        |
| Comm. Legg. Immatricolati 1994-1997 (93/59/EEC)            | Diesel <3,5 t                                 | a caldo             |          | 0,1562         | 0,0827       | 0,1072        |
|  |   | totale              |          | 0,2789         | 0,0932       | 0,1072        |
| Comm. Pes. Immatricolati fino al 1993 (convenzionali)      | Diesel >3,5 t                                 | a caldo             |          | 0,9218         | 0,4439       | 0,4070        |
|  |   | totale              |          | 0,9218         | 0,4439       | 0,4070        |
| Comm. Pes. Immatricolati 1993-1996 (91/542/EEC stage I)    | Diesel >3,5 t                                 | a caldo             |          | 0,6606         | 0,3194       | 0,2888        |
|  |   | totale              |          | 0,6606         | 0,3194       | 0,2888        |
| Comm. Pes. Immatricolati dal 1997 (91/542/EEC stage II)    | Diesel >3,5 t                                 | a caldo             |          | 0,2992         | 0,1424       | 0,1198        |
|  |   | totale              |          | 0,2992         | 0,1424       | 0,1198        |

Figura 25 – Fattori di emissione medi di CO<sub>2</sub> per il parco circolante italiano nel 1997 (Fonte: ANPA)

| CO <sub>2</sub> (g/veic•km)                                  | Tipo di veicolo e Periodo di immatricolazione | Categoria veicolare | Percorso | Ciclo di guida |              |              |
|--|---|---------------------|----------|----------------|--------------|--------------|
|  |   |                     |          | Urbano         | Extra urbano | Autostradale |
| Autoveicoli Immatricolate 1985-1992 (ECE 15/04)              | Benzina <1,4 l                                | a caldo             | totale   | 116,19         | 134,84       | 149,50       |
|  |   |                     |          | 150,87         | 134,84       | 149,50       |
|  |   |                     |          | 213,59         | 119,12       | 188,85       |
| Autoveicoli Immatricolate 1993-1996 (catalizzate 91/441/EEC) | Benzina 1,4 - 2,0 l                           | a caldo             | totale   | 288,70         | 131,15       | 188,85       |
|  |   |                     |          | 292,71         | 170,07       | 239,41       |
|  |   |                     |          | 395,63         | 196,85       | 239,41       |
| Autoveicoli Immatricolate dal 1997 (catalizzate 94/12/EEC)   | Benzina <1,4 l                                | a caldo             | totale   | 189,22         | 125,40       | 179,35       |
|  |   |                     |          | 250,28         | 125,98       | 179,35       |
|  |   |                     |          | 256,08         | 148,72       | 275,33       |
| Autoveicoli Immatricolate fino al 1994 (convenzionali)       | Benzina 1,4 - 2,0 l                           | a caldo             | totale   | 346,12         | 163,15       | 275,33       |
|  |   |                     |          | 304,71         | 182,32       | 308,75       |
|  |   |                     |          | 411,84         | 210,20       | 308,75       |
| Autoveicoli Immatricolate dal 1997 (catalizzate 94/12/EEC)   | Benzina >2,0 l                                | a caldo             | totale   | 304,71         | 182,32       | 308,75       |
|  |   |                     |          | 411,84         | 210,20       | 308,75       |
|  |   |                     |          | 235,76         | 137,58       | 184,02       |
| Autoveicoli Immatricolate fino al 1994 (convenzionali)       | Diesel <2,0 l                                 | a caldo             | totale   | 291,10         | 150,86       | 184,02       |
|  |   |                     |          | 235,76         | 132,34       | 219,66       |
|  |   |                     |          | 291,10         | 146,94       | 219,66       |
| Autoveicoli Immatricolate 1994-1996 (ecodiesel 91/441/EEC)   | Diesel >2,0 l                                 | a caldo             | totale   | 175,05         | 104,68       | 109,49       |
|  |   |                     |          | 216,14         | 114,53       | 109,49       |
|  |   |                     |          | 175,05         | 99,58        | 125,33       |
| Autoveicoli Immatricolate dal 1997 (ecodiesel 94/12/EEC)     | Diesel <2,0 l                                 | a caldo             | totale   | 216,14         | 110,42       | 125,33       |
|  |   |                     |          | 175,05         | 99,58        | 125,33       |
|  |   |                     |          | 216,14         | 110,42       | 125,33       |
| Autoveicoli Immatricolate fino al 1992 (convenzionali)       | GPL   | a caldo             | totale   | 169,75         | 129,47       | 155,36       |
|  |   |                     |          | 224,52         | 130,18       | 155,36       |
| Autoveicoli Immatricolate 1993-1996 (catalizzate 91/441/EEC) | GPL   | a caldo             | totale   | 161,12         | 129,24       | 172,61       |
|  |   |                     |          | 213,11         | 129,92       | 172,61       |
| Autoveicoli Immatricolate dal 1997 (catalizzate 94/12/EEC)   | GPL   | a caldo             | totale   | 161,12         | 129,24       | 172,61       |
|  |   |                     |          | 213,11         | 129,92       | 172,61       |
| Comm. Legg. Immatricolati fino al 1994 (convenzionali)       | Benzina <3,5 t                                | a caldo             | totale   | 304,71         | 187,75       | 208,98       |
|  |   |                     |          | 403,03         | 188,68       | 208,98       |
|  |   |                     |          | 271,93         | 207,78       | 322,75       |
| Comm. Legg. Immatricolati 1994-1997 (93/59/EEC)              | Diesel <3,5 t                                 | a caldo             | totale   | 334,81         | 211,58       | 322,75       |
|  |   |                     |          | 304,71         | 187,75       | 208,98       |
|  |   |                     |          | 403,03         | 188,68       | 208,98       |
| Comm. Pes. Immatricolati fino al 1993 (convenzionali)        | Benzina <3,5 t                                | a caldo             | totale   | 338,16         | 241,47       | 262,39       |
|  |   |                     |          | 416,37         | 246,19       | 262,39       |
|  |   |                     |          | 878,93         | 525,36       | 647,20       |
| Comm. Pes. Immatricolati 1993-1996 (91/542/EEC stage I)      | Diesel >3,5 t                                 | a caldo             | totale   | 878,93         | 525,36       | 647,20       |
|  |   |                     |          | 996,98         | 603,20       | 702,81       |
| Comm. Pes. Immatricolati dal 1997 (91/542/EEC stage II)      | Diesel >3,5 t                                 | a caldo             | totale   | 996,98         | 603,20       | 702,81       |
|  |   |                     |          | 1038,67        | 629,60       | 712,43       |
| Ciclomotori Immatricolati fino al 1997                       | <50 cm <sup>3</sup>                           | a caldo             | totale   | 1038,67        | 629,60       | 712,43       |
|  |   |                     |          | 75,41          | 75,41        | -            |
| Motocicli Immatricolati fino al 1997                         | >50 cm <sup>3</sup>                           | a caldo             | totale   | 75,41          | 75,41        | -            |
|  |   |                     |          | 125,37         | 82,58        | 110,63       |
|  |   |                     | totale   | 125,37         | 82,58        | 110,63       |

## 11 APPENDICE B – DATI ANNUARIO STATISTICO ACI

Figura 26- CONSISTENZA DEL PARCO VEICOLARE AUTOVETTURE PER CLASSI DI CILINDRATA E ALIMENTAZIONE (composizione numerica) – Fonte ACI

| ANNI         | 0 – 800 cc | 800-1.200 cc | 1.201-1.600 cc | 1.601-2.000 cc | 2.001-2.500 cc | oltre 2.500 cc | TOTALE     |
|--------------|------------|--------------|----------------|----------------|----------------|----------------|------------|
| <b>2001</b>  |            |              |                |                |                |                |            |
| Benzina      | 2.436.752  | 10.830.058   | 9.292.906      | 3.179.821      | 104.361        | 229.885        | 26.073.783 |
| Gasolio      | 8.920      | 9.484        | 702.011        | 3.548.850      | 1.113.660      | 158.977        | 5.541.902  |
| Altro        | 9.084      | 285.869      | 828.589        | 475.191        | 5.553          | 19.058         | 1.623.344  |
| Totale       | 2.454.756  | 11.125.411   | 10.823.506     | 7.203.862      | 1.223.574      | 407.920        | 33.239.029 |
| <b>2002</b>  |            |              |                |                |                |                |            |
| Benzina      | 2.265.432  | 10.556.151   | 9.522.045      | 3.049.752      | 115.819        | 249.475        | 25.758.674 |
| Gasolio      | 16.313     | 5.446        | 752.595        | 4.209.797      | 1.198.053      | 221.420        | 6.403.624  |
| Altro        | 8.907      | 266.150      | 792.362        | 452.106        | 5.755          | 18.575         | 1.543.855  |
| Totale       | 2.290.652  | 10.827.747   | 11.067.002     | 7.711.655      | 1.319.627      | 489.470        | 33.706.153 |
| <b>2003</b>  |            |              |                |                |                |                |            |
| Benzina      | 2.129.156  | 10.390.820   | 9.730.646      | 2.885.202      | 119.274        | 266.575        | 25.521.673 |
| Gasolio      | 25.219     | 4.649        | 956.997        | 4.862.065      | 1.290.472      | 293.741        | 7.433.143  |
| Altro        | 7.985      | 230.969      | 699.257        | 393.729        | 5.814          | 17.876         | 1.355.630  |
| Totale       | 2.162.360  | 10.626.438   | 11.386.900     | 8.140.996      | 1.415.560      | 578.192        | 34.310.446 |
| <b>2004*</b> |            |              |                |                |                |                |            |
| Benzina      | 1.928.020  | 9.740.100    | 9.399.098      | 2.651.028      | 117.681        | 264.324        | 24.100.251 |
| Gasolio      | 29.289     | 4.286        | 1.128.673      | 5.657.700      | 1.371.564      | 380.761        | 8.572.272  |
| Altro        | 7.474      | 221.106      | 676.324        | 377.181        | 6.003          | 12.535         | 1.300.624  |
| Totale       | 1.964.783  | 9.965.492    | 11.204.095     | 8.685.908      | 1.495.248      | 657.621        | 33.973.147 |

Figura 27 - CONSISTENZA DEL PARCO VEICOLARE AUTOVETTURE PER CLASSI DI CILINDRATA E ALIMENTAZIONE (composizione percentuale) – Fonte ACI

| ANNI         | 0 – 800 cc | 800-1.200 cc | 1.201-1.600 cc | 1.601-2.000 cc | 2.001-2.500 cc | oltre 2.500 cc | TOTALE |
|--------------|------------|--------------|----------------|----------------|----------------|----------------|--------|
| <b>2001</b>  |            |              |                |                |                |                |        |
| Benzina      | 9,3        | 41,5         | 35,6           | 12,2           | 0,4            | 0,9            | 100,0  |
| Gasolio      | 0,2        | 0,2          | 12,7           | 64,0           | 20,1           | 2,9            | 100,0  |
| Altro        | 0,6        | 17,6         | 51,0           | 29,3           | 0,3            | 1,2            | 100,0  |
| Totale       | 7,4        | 33,5         | 32,6           | 21,7           | 3,7            | 1,2            | 100,0  |
| <b>2002</b>  |            |              |                |                |                |                |        |
| Benzina      | 8,8        | 41,0         | 37,0           | 11,8           | 0,4            | 1,0            | 100,0  |
| Gasolio      | 0,3        | 0,1          | 11,8           | 65,7           | 18,7           | 3,5            | 100,0  |
| Altro        | 0,6        | 17,2         | 51,3           | 29,3           | 0,4            | 1,2            | 100,0  |
| Totale       | 6,8        | 32,1         | 32,8           | 22,9           | 3,9            | 1,5            | 100,0  |
| <b>2003</b>  |            |              |                |                |                |                |        |
| Benzina      | 8,3        | 40,7         | 38,1           | 11,3           | 0,5            | 1,0            | 100,0  |
| Gasolio      | 0,3        | 0,1          | 12,9           | 65,4           | 17,4           | 4,0            | 100,0  |
| Altro        | 0,6        | 17,0         | 51,6           | 29,0           | 0,4            | 1,3            | 100,0  |
| Totale       | 6,3        | 31,0         | 33,2           | 23,7           | 4,1            | 1,7            | 100,0  |
| <b>2004*</b> |            |              |                |                |                |                |        |
| Benzina      | 8,0        | 40,4         | 39,0           | 11,0           | 0,5            | 1,1            | 100,0  |
| Gasolio      | 0,3        | 0,1          | 13,2           | 66,0           | 16,0           | 4,4            | 100,0  |
| Altro        | 0,6        | 17,0         | 52,0           | 29,0           | 0,5            | 1,0            | 100,0  |
| Totale       | 5,8        | 29,3         | 33,0           | 25,6           | 4,4            | 1,9            | 100,0  |