



# **REGIONE LAZIO**

**Direzione regionale**

**Ambiente e Cooperazione tra i Popoli**

## **PIANO DI RISANAMENTO DELLA QUALITA' DELL'ARIA**

Il presente Piano regionale di risanamento della qualità dell'aria è stato elaborato con la collaborazione dei tecnici della:

|                        |  |
|------------------------|--|
| Regione Lazio          | Direzione regionale Ambiente e Cooperazione dei Popoli<br>Area Conservazione Qualità dell'Ambiente <ul style="list-style-type: none"><li>• Dott.ssa Carolina Tasco</li><li>• Dott. Sandro Zampilloni</li></ul> Assessorato all'Ambiente e Cooperazione tra i Popoli <ul style="list-style-type: none"><li>• Ing. Eliana Cerroni</li></ul>              |
| Arpa Lazio             | Divisione Atmosfera ed Impianti <ul style="list-style-type: none"><li>• Ing. Roberto Sozzi</li><li>• Dott. Francesco Troiano</li><li>• Dott. Andrea Bolignano</li></ul>  |
| Comune di Roma         | Dipartimento X Politiche Ambientali <ul style="list-style-type: none"><li>• Dott.ssa Donatella Donati</li><li>• Dott. Eugenio Donato</li></ul>   |
| Provincia di Roma      | Dipartimento Tutela Ambientale – Servizio Tutela Aria e Energia <ul style="list-style-type: none"><li>• Dott.ssa Patrizia Prignani</li><li>• Dott.ssa Paola Barattini</li></ul> Dipartimento Trasporti e Mobilità - Servizio Governo della Mobilità e Sicurezza Stradale <ul style="list-style-type: none"><li>• Dott.ssa Eleonora Vetromile</li></ul> |
| Provincia di Frosinone | Dipartimento Ambiente <ul style="list-style-type: none"><li>• Ing. Serafino Colasanti</li></ul>  |
| Provincia di Latina    | Dipartimento Ambiente – Servizio Inquinamento Atmosferico <ul style="list-style-type: none"><li>• Dott. Pasquale Tedesco</li></ul>   |
| Comune di Frosinone    | Dipartimento Ambiente – Settore Inquinamento Atmosferico <ul style="list-style-type: none"><li>• Dott. Vincenzo Giannotti</li></ul>  |
| ASL/RM E               | Dipartimento di Epidemiologia <ul style="list-style-type: none"><li>• Dott. Francesco Forestiere</li><li>• Dott. Massimo Stafoggia</li><li>• Dott.ssa Daniela Porta</li></ul>  |

ARIANET s.r.l.

Modellistica Ambientale

- Dott. Giuseppe Brusasca
- Dott. Camillo Silibello
- Dott.ssa Paola Radice
- Dott. Antonio Calori

ATAC S.p.A

Agenzia per la Mobilità del Comune di Roma

- Dott. Alessandro Fuschiotto
- Dott. Fabio Nussio
- Dott.ssa Renata Verghini

Si ringrazia della collaborazione:

- l'Assessorato all'Ambiente e l'Assessorato Mobilità del Comune di Roma
- l'Assessorato Mobilità e Trasporti della Provincia di Roma
- La Direzione Regionale Trasporti
- L'ENEA - Centro Ricerche "Ezio Clementel" Bologna - Unità Tecnico scientifica Protezione e Sviluppo dell'Ambiente e del Territorio, Tecnologie Ambientali - Sezione Metodi di Progettazione Innovativi
- L'Istituto Superiore per la Prevenzione e la Sicurezza del Lavoro (ISPESL) - Dipartimento Insediamenti Produttivi e Interazione con l'Ambiente

## INDICE

|  |            |
|--|------------|
| <b>1. Inquadramento generale</b>   | <b>1</b>   |
| 1.1 Sintesi delle strategie del piano                                    | 1          |
| 1.2 Caratteristiche generali del territorio                              | 5          |
| 1.3 Quadro normativo   | 11         |
| 1.4 Amministrazioni competenti   | 12         |
| 1.5 Modalità per l'informazione  | 12         |
| <b>2. Elementi di sintesi sull'inquinamento atmosferico</b>              | <b>17</b>  |
| 2.1 Quadro emissivo  | 17         |
| 2.2 Inquinamento transfrontaliero  | 54         |
| 2.3 Analisi dei dati meteorologici                                       | 63         |
| 2.4 Valutazione della qualità dell'aria                                  | 91         |
| <b>3. Modellazione dispersione e trasformazioni chimiche</b>             | <b>114</b> |
| 3.1 Premessa metodologica  | 114        |
| 3.2 Preparazione dell'input emissivo                                     | 117        |
| 3.3 Preparazione dell'input meteorologico                                | 118        |
| 3.4 Esecuzione delle simulazioni sui due domini di calcolo               | 138        |
| <b>4. Caratterizzazione delle zone</b>                                   | <b>157</b> |
| 4.1 La zonizzazione preesistente   | 157        |
| 4.2 La definizione delle zone di piano                                   | 161        |
| <b>5. Quadro normativo di base</b>                                       | <b>166</b> |
| 5.1 Quadro normativo nazionale   | 166        |
| 5.2 Leggi e deliberazioni regionali                                      | 167        |
| 5.3 Norme che influenzano positivamente la qualità dell'aria nelle città | 169        |
| <b>6. Analisi delle tendenze - scenari</b>                               | <b>177</b> |
| 6.1 Scenario 2010  | 178        |
| 6.2 Scenario Traffico  | 208        |
| 6.3 Scenario Industria   | 209        |
| 6.4 Scenario Traffico + Industria  | 210        |
| 6.5 Scenario Targhe alterne + Riscaldamento                              | 211        |
| 6.6 Scenario studio - 1  | 212        |
| 6.7 Sintesi degli scenari emissivi                                       | 212        |
| 6.8 Confronto concentrazioni tra i diversi scenari                       | 216        |
| 6.9 Confronto modello – centraline                                       | 239        |
| <b>7. Le azioni del piano</b>  | <b>248</b> |
| 7.1 Tipologia delle misure selezionate                                   | 248        |
| 7.2 Indicazioni sui costi delle misure                                   | 255        |
| <b>8. Strategie per la partecipazione del pubblico</b>                   | <b>261</b> |
| <b>9. Monitoraggio del piano e Verifica del piano</b>                    | <b>263</b> |
| 9.1 Monitoraggio del piano   | 263        |
| 9.2 Verifica del piano   | 263        |
| 9.3 Revisione del piano  | 265        |



---

## 1. Inquadramento generale

---

Lo stato di qualità dell'aria è tra le criticità ambientali che più preoccupano gli amministratori locali e centrali e che coinvolge quotidianamente tutti i cittadini. Se il concetto di benessere, un tempo era sinonimo di ricchezza materiale e sviluppo economico, oggi è riconducibile ad aspetti, quali stato di salute, ambiente, relazioni sociali, più strettamente collegati alla percezione soggettiva dei singoli individui. Le condizioni di vita dell'uomo dipendono direttamente da quelle dell'ecosistema territoriale in cui vive, pertanto è necessario proteggere e preservare l'ambiente per assicurare una qualità di vita sostenibile per le generazioni attuali e future.

Nel corso degli ultimi anni la disciplina comunitaria e quella nazionale hanno contribuito a definire un quadro di riferimento circa le azioni di miglioramento della qualità dell'aria sia sulla base di politiche di prevenzione (contenimento delle emissioni in atmosfera) che per quanto riguarda l'individuazione di criteri innovativi di controllo e gestione della problematica sul territorio.

L'azione comunitaria si è orientata sostanzialmente su due piani principali: da un lato l'individuazione di limiti di concentrazione per i diversi inquinanti orientati alla protezione della salute umana e degli ecosistemi e dall'altro la messa a punto di un piano coordinato di controllo e gestione del territorio che consenta una più efficace visione delle criticità e delle strategie di intervento da adottare. Il complesso di norme delle Direttive UE sulla qualità dell'aria, recepite nel d.lgs 351/1999 e i relativi decreti applicativi, vedono le problematiche poste dalla materia come un fenomeno dinamico che occorre conoscere e governare.

In questo contesto si inserisce il presente Piano che si configura come uno strumento di tutela e gestione della qualità dell'aria, che attraverso un processo di aggiornamento continuo sulla conoscenza dello stato di qualità dell'aria e sui processi connessi, consenta il rispetto all'obiettivo generale di protezione della salute dei cittadini e dell'equilibrio degli ecosistemi.

Per il perseguimento degli obiettivi del piano sono state predisposte norme di attuazione che definiscono nel dettaglio: le misure individuate, i soggetti responsabili della loro attuazione, gli ambiti territoriali di applicazione nonché i tempi di realizzazione.

### ***1.1 Sintesi delle strategie del piano***

#### *1.1.3 Obiettivi*

Il Piano di risanamento della qualità dell'aria è lo strumento di pianificazione con il quale la Regione Lazio dà applicazione alla direttiva 96/62/CE, direttiva madre "in materia di valutazione e di gestione della qualità dell'aria ambiente" e alle successive direttive integrative.

In accordo con quanto prescritto dalla normativa persegue due obiettivi generali:

- il risanamento della qualità dell'aria nelle zone dove si sono superati i limiti previsti dalla normativa o vi è un forte rischio di superamento,

- il mantenimento della qualità dell'aria nel restante territorio;

attraverso misure di contenimento e di riduzione delle emissioni da traffico, industriali e diffuse, che portino a conseguire il rispetto dei limiti imposti dalla normativa, ma anche a mantenere anzi a migliorare la qualità dell'aria ambiente nelle aree del territorio dove non si rilevano criticità.

I Comuni e le Province insieme ad ARPA Lazio sono chiamate in base alle loro competenze ad attivare ed intensificare i controlli sulle emissioni degli impianti termici civili e degli impianti industriali e a porre particolare rilievo alle attività autorizzative AIA.

Anche la Regione viene investita di compiti volti ad incentivare la conversione a metano degli impianti di riscaldamento alimentati con combustibili non gassosi, dando priorità ai comuni di Roma e Frosinone; ad incentivare il ricorso a fonti di energia rinnovabile o assimilata ai fini del soddisfacimento del fabbisogno energetico per il riscaldamento, il condizionamento, l'illuminazione e la produzione di acqua calda sanitaria degli edifici; a promuovere iniziative per l'utilizzo di impianti di cogenerazione e teleriscaldamento in particolare in strutture pubbliche sanitarie e nelle aree di nuovo sviluppo edilizio, ecc.

La Regione deve inoltre promuovere attività di ricerca e sviluppo tecnologico finalizzate alla realizzazione di sistemi non convenzionali per la trazione autoveicolare e la produzione di energia elettrica.

Particolare rilievo viene dato all'informazione e sensibilizzazione della popolazione: il successo delle azioni del Piano sarà maggiore se la popolazione verrà coinvolta e resa partecipe dei problemi dell'inquinamento, consapevole della necessità di attuare cambiamenti comportamentali e abitudinari in tema di mobilità, consumo energetico e sul rispetto delle risorse disponibili. Nel Piano viene previsto che la Regione e gli Enti Locali, ciascuno nell'ambito delle proprie competenze, promuovano iniziative di divulgazione, di informazione e di educazione ambientale, sulla natura, le sorgenti, la diffusione degli inquinanti nonché sullo stato della qualità dell'aria ambiente e degli effetti sulla salute umana.

### 1.1.3 *Quadro conoscitivo*

Le informazioni ai fini della valutazione della qualità dell'aria sono state raccolte con riferimento all'anno 2005 e relativamente sia ai fattori che determinano criticità, ovvero le sorgenti delle emissioni di inquinanti, sia alle variabili geografiche e meteorologiche che ne influenzano la diffusione e la dispersione, sia alla misura delle loro concentrazioni in atmosfera.

Una criticità nella definizione del quadro conoscitivo necessario ai fini della corretta valutazione della qualità dell'aria è stata rappresentata, nella realizzazione del presente piano, dalla indisponibilità di un inventario delle emissioni regionali aggiornato. Si è sopperito a questa carenza costruendo un quadro emissivo sulla base delle seguenti fonti:

- APAT 2000: proiettato al 2005, per le emissioni diffuse di tutti i settori eccezion fatta per tutti i tratti autostradali e per le emissioni urbane ed extraurbane del comune di Roma;
- Censimento ARPA Lazio: dell'emissioni da sorgenti puntuali;
- Dati AISCAT per le emissioni autostradale sull'intero dominio;
- Stime di traffico fornite da STA Roma, sulla rete primaria di Roma.

Nel capitolo 2 viene riportato la descrizione della procedura seguita per la ricostruzione del quadro emissivo, una analisi dei dati meteorologici e una valutazione della qualità dell'aria, derivata dalle misure rilevate dalla rete di monitoraggio.

Da tale ultima analisi emergono le problematiche più importanti, ovvero le elevate concentrazioni di particolato atmosferico (PM10) e di biossido di azoto (NO2) nell'area Romana e nella provincia di Frosinone; a livello generale lo stato di qualità dell'aria dell'intera regione Lazio non appare ottimale, e presenta una criticità esplicita nelle citate zone e latente nel resto del territorio regionale. Inoltre l'apporto transfrontaliero e naturale non sono trascurabili ed esaltano le criticità locali che possono essere riconducibili a due tipologie:

- l'elevata urbanizzazione di Roma che costituisce il polo di attrazione della gran parte delle attività regionali con il conseguente inquinamento da traffico veicolare derivante dall'esigenza di mobilità della popolazione ;
- l'attività industriale in un contesto geografico -Frosinone- che non favorisce i ricambi delle masse d'aria.

La valutazione della qualità dell'aria è stata condotta anche attraverso l'uso di modelli di simulazione. A tale scopo la Regione, per il tramite di ARPA Lazio, si è dotata di un sistema modellistico, messo a punto da ARIANET Srl ed ARIA Technologies S.A., descritto nel capitolo 3 del piano.

Obiettivo specifico della Regione è anche quello di realizzare un sistema di valutazione e controllo in tempo reale dei livelli di inquinamento, capace di acquisire e diffondere le informazioni utili e necessarie ad una corretta gestione della qualità dell'aria ed in particolare delle situazioni di rischio. In quest'ottica rientra il potenziamento delle strutture di ARPA Lazio, con l'acquisizione di tale strumento e la creazione di un centro regionale per la qualità dell'aria.

L'analisi modellistica è stata condotta, relativamente a tutto l'anno 2005, individuato come base di riferimento, su due domini innestati: il dominio regionale, che comprende l'intera Regione Lazio ed è costituito da celle pari a 4 km x 4 km, ed il dominio locale che comprende l'area metropolitana di Roma e ha una risoluzione orizzontale di 1 km.

I risultati delle simulazioni modellistiche hanno risentito della già accennata carenza di una puntuale informazione di dettaglio in particolare nel dominio regionale. L'esame degli indici associati alle medie annuali evidenzia infatti la capacità del sistema modellistico di riprodurre tali indici per quanto riguarda la simulazione a scala locale, mostra invece una tendenziale sottostima sul dominio regionale dovuta in parte alla minore risoluzione spaziale considerata in parte al minore dettaglio informativo del quadro emissivo.

La Regione si sta dotando di un nuovo inventario delle emissioni di inquinanti -2005- e tra le azioni del piano è previsto l'aggiornamento dell'input emissivo del sistema modellistico con le informazioni fornite dal nuovo inventario.

### 1.1.3 Scenari e misure del Piano

Ai fini dell'attuazione delle misure del piano sono state individuate, nel territorio regionale, tre zone differenziate da diversi livelli di criticità dell'aria ambiente:

- zona A, che comprende i due agglomerati di Roma e Frosinone dove si osservano le maggiori criticità sia per l'entità dei superamenti dei limiti di legge, sia per la quantità di popolazione esposta;
- zona B, che comprende i comuni dove è accertato, sia con misure dirette o per risultato del modello di simulazione, l'effettivo superamento o l'elevato rischio di superamento, del limite da parte di almeno un inquinante;
- zona C, che include il restante territorio della Regione nel quale ricadono i comuni a basso rischio di superamento dei limiti di legge.

Una simulazione dell'evoluzione tendenziale dello stato ambientale al 2010, in riferimento allo scenario base 2005, è stata effettuata attraverso la ricostruzione di un possibile quadro emissivo che si è basata su:

- lo strumento RAINS-Italy, che consente l'elaborazione di uno scenario sulla base della legislazione esistente (scenario CLE - Current LEgislation);
- le emissioni attese rispetto alle variazioni autorizzate per le centrali energetiche;
- il quadro emissivo del traffico di Roma elaborato dall'ATAC.

Lo scenario prodotto per il 2010 ha evidenziato il permanere di eventi di superamenti dei limiti per i valori degli inquinanti PM<sub>10</sub> ed NO<sub>2</sub>, e di conseguenza la necessità di individuare misure utili al raggiungimento del limite, ovvero alla riduzione delle emissioni necessaria.

Alcune delle azioni previste riguardano l'intero territorio regionale al fine di garantire il mantenimento della qualità dell'aria ove non si riscontrano superamenti dei valori limite; altre misure interessano i comuni dove è accertato l'effettivo superamento o l'elevato rischio di superamento del valore limite da parte di almeno un inquinante. Infine per i due agglomerati più critici (Roma e Frosinone) sono previsti ulteriori provvedimenti specifici.

Si riportano schematicamente le misure individuate:

Su tutto il territorio regionale zone A; B e C sono previsti:

- Provvedimenti per la riduzione delle emissioni di impianti di combustione ad uso civile;
- Provvedimenti per la riduzione delle emissioni di impianti di combustione ad uso industriale;
- Provvedimenti per la riduzione delle emissioni diffuse;
- Controllo delle emissioni dei veicoli.

Nelle zone A e B sono previsti:

- rinnovo e potenziamento del trasporto pubblico con mezzi a basso impatto ambientale;
- iniziative di incentivazione all'utilizzo dei mezzi pubblici;
- ammodernamento delle flotte delle società di servizi pubblici con mezzi conformi alle normative europee;
- adozione da parte dei Comuni del Piano urbano del traffico, limitazione della circolazione veicolare nel centro urbano, adozione del piano del traffico merci al fine di evitare o ridurre la circolazione dei mezzi pesanti all'interno dei centri urbani.

Nella zona A - Roma e Frosinone - sono previste ulteriori misure più restrittive:

- sulla circolazione dei mezzi privati autovetture, motoveicoli e ciclomotori;
  - sulla circolazione dei mezzi di trasporto merci;
- nonché realizzazione di:
- opere per velocizzare il trasporto pubblico;
  - parcheggi di scambio;
  - piattaforme logistiche attrezzate per la razionalizzazione dello smistamento delle merci, con distribuzione finale mediante mezzi leggeri a basso/nullo impatto ambientale.

Per la verifica ed il monitoraggio del piano verranno predisposti specifici rapporti al fine di valutare lo stato di attuazione delle misure e soprattutto la loro efficacia in termini di riduzione delle concentrazioni di inquinanti in atmosfera.

In considerazione degli effetti sulla salute umana associati all'inquinamento atmosferico è prevista anche una valutazione dell'impatto sanitario delle misure.

## 1.2 Caratteristiche generali del territorio

La regione Lazio è collocata in posizione centrale nella penisola italiana, circa tra i 41°11' e i 42°50' di latitudine nord, sul versante occidentale medio tirrenico e occupa circa 17.200 km<sup>2</sup> di territorio, estendendosi dagli Appennini al Mar Tirreno.

Da un punto di vista amministrativo il territorio regionale è suddiviso in 5 province: Roma, Frosinone, Latina, Rieti e Viterbo, ed in 378 Comuni che si ripartiscono come illustrato nello schema seguente.

| provincia | numero comuni | popolazione residente 2006 | %     | superficie in Km <sup>2</sup> | %     | densità abitativa |
|-----------|---------------|----------------------------|-------|-------------------------------|-------|-------------------|
| Viterbo   | 60            | 305.091                    | 5,6   | 3612                          | 21,0  | 84,5              |
| Rieti     | 73            | 154.949                    | 2,8   | 2749                          | 16,0  | 56,4              |
| Roma      | 121           | 4.013.057                  | 73,1  | 5343                          | 31,1  | 751,1             |
| Latina    | 33            | 528.663                    | 9,6   | 2248                          | 13,1  | 235,2             |
| Frosinone | 91            | 491.548                    | 8,9   | 3237                          | 18,8  | 151,9             |
| LAZIO     | 378           | 5.493.308                  | 100,0 | 17189                         | 100,0 | 319,6             |

Tabella 1.1 – Numero di comuni, popolazioni, superficie e densità abitativa delle province laziali

La popolazione residente, al 31 dicembre 2006<sup>1</sup>, ammonta a 5.493.308 abitanti con una densità media pari a 319 ab/km<sup>2</sup>.

<sup>1</sup> Fonte ISTAT: Popolazione e movimento anagrafico nei comuni. Anno 2006.

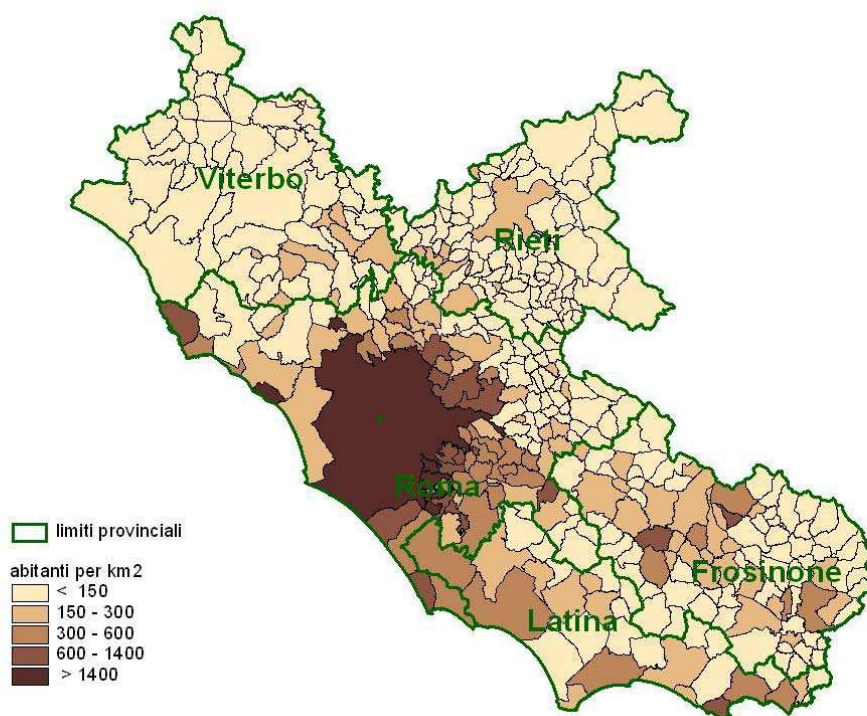


Figura 1.1 Densità di popolazione nei comuni del Lazio (2006).

La Figura 1.1, che riporta la densità della popolazione a livello comunale, mostra una distribuzione spaziale della popolazione molto disomogenea, che vede concentrato il 73% dei residenti nella provincia di Roma, la cui superficie copre meno di un terzo dell'intero territorio regionale. Di particolare rilevanza è naturalmente la città di Roma che con i suoi 2.705.603 abitanti, equivalenti a circa il 50% della popolazione regionale, è il comune più popoloso d'Italia. Appaiono inoltre maggiormente popolate la fascia costiera del territorio e la zona industrializzata della provincia di Frosinone, in corrispondenza della valle del fiume Sacco.

Un inquadramento geografico del Lazio mostra come anche l'orografia, la geologia, l'idrografia e il clima danno luogo a tutta una serie di partizioni territoriali disomogenee.

### 1.2.1 Orografia

Il territorio, prevalentemente collinare e montuoso, è caratterizzato da numerosi apparati vulcanici, importanti rilievi appenninici e pianure alluvionali poco estese.

Partendo dal nord ovest della regione, si possono distinguere tre gruppi montuosi di modeste dimensioni: i Volsini, i Cimini ed i Sabatini. Caratteristica comune di questi gruppi montuosi è la loro origine vulcanica, testimoniata, oltre che dagli elementi geologici, dalla presenza, in ciascuno di questi, di un lago; Bolsena sui Volsini, Vico sui Cimini ed il lago di Bracciano sui Sabatini. Questi gruppi montuosi degradano dolcemente verso la pianura maremmana ad ovest, e verso la valle del Tevere ad est, le due pianure laziali più settentrionali. La Maremma trova qui il suo limite meridionale, nei Monti della Tolfa.

Nella parte orientale del Lazio si trovano i rilievi più alti della regione, che raggiungono con i Monti della Laga, nei 2458 del monte Gorzano, il loro punto più alto. Trattasi, questa, di una piccola porzione degli Appennini, che corre diagonalmente da nord a sud comprendendo i rilievi dei monti Reatini, Sabini, Simbruini ed Ernici.

Nel medio Lazio meridionale, partendo dai Colli Albani, s'incontra una serie di altri gruppi montuosi, che corre parallela agli Appennini, da cui sono separati dalla valle della Ciociaria dove scorrono il Sacco ed il Liri, si tratta dei monti Lepini, Ausoni e Aurunci.

La zona di Roma è occupata dall'Agro Romano che continua verso meridione, sempre seguendo la linea costiera, nell'Agro Pontino, che fino alla bonifica operata dal 1930 al 1940, era ricoperto da paludi.

Dal punto di vista geologico i rilievi prevalentemente calcarei, (monti Reatini, catena di M. Velino, Sabini, Prenestini, Ernici, Simbruini, fino ai Lepini, Ausoni e Aurunci) che si allineano al margine del sistema appenninico principale, costituiscono la porzione più antica del territorio regionale. Di formazione molto più recente sono le aree collinari, in gran parte vulcaniche (monti della Tolfa e Ceriti, Volsini, Cimini e Sabatini, Colli Albani) e le pianure (Maremma Laziale, Campagna Romana, Agro Pontino, Piana di Fondi, Piana del Garigliano), che giungono alle coste tirreniche.

Nel Quaternario, l'esplosione del vulcanismo, risulta determinante per l'assetto strutturale dell'odierno Lazio. Nonostante siano riconoscibili colate laviche più o meno estese, l'attività più accentuata fu l'emissione di materiale piroclastico (lapilli e ceneri), che ricadendo al suolo o accumulandosi per trasporto fluviale, ha dato luogo a quelle formazioni di tufi che si rinvennero nell'area romano-viterbese. Il vulcanismo, mentre in superficie ha dato vita ad un suolo agrario tra i più favorevoli per le colture ortive e vitivinicole, in profondità ha comportato la formazione di una roccia litoide ampiamente sfruttata come materiale edilizio.

Il complesso panorama geologico del territorio laziale si riflette sulla pedologia, l'idrografia e la biogeografia; il tutto si riassume nei lineamenti morfologici e più ampiamente nella tipologia di paesaggi.

La parte settentrionale e quella centrale del territorio regionale sono drenate dal Tevere, maggiore fiume della regione che vi arriva dall'Umbria, con un andamento verso sud-est che poi piega verso sud-ovest, per attraversare tutto l'agro romano fino al mare. I suoi affluenti principali sono il Nera (che non appartiene al territorio regionale ma raccoglie le acque del Velino e dei suoi tributari Salto e Turano) l'unico con orientamento normale all'asta fluviale principale, e l'Aniene.

Il versante esterno degli apparati vulcanici settentrionali è drenato dal Fiora, l'Arrone, il Marta, il Mignone e altri torrenti minori.

A sud, il Sacco-Liri funge da collettore delle valli che incidono l'allineamento montuoso Ernici-Meta-Mainarde mentre l'Amaseno drena il versante orientale di Lepini e Ausoni sfociando nella pianura pontina; quest'ultima costituisce una singolare area di idrografia artificiale, essendo percorsa o da canali di bonifica o da alvei fluviali regolarizzati.

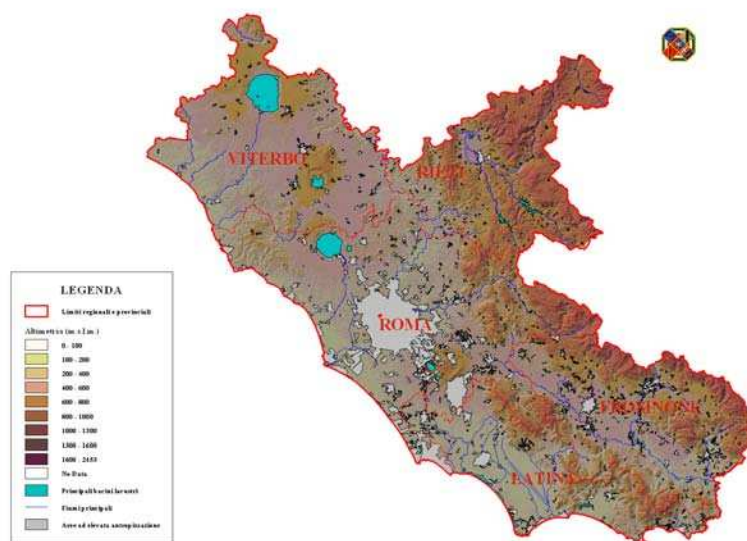


Figura 1.2 Principali caratteri fisici e amministrativi (2004). Fonte: Regione Lazio.

Una componente geografica di estrema importanza nell'ambiente laziale è rappresentata dai laghi, riconducibili essenzialmente a tre diverse tipologie: craterici, carsici e di sbarramento litoraneo.

I più antichi sono certamente i laghi vulcanici, formatisi all'interno di antiche cinte crateriche più o meno demolite e fuse tra loro. I principali sono, a nord, quelli già citati di Bolsena, Bracciano, Vico e poi i piccoli laghi di Mezzano, Monterosi, Martignano, mentre nell'area centro meridionale i laghi di Albano e Nemi. Tra i laghi carsici i più importanti sono quelli di Rascino e Canterno mentre tra quelli costieri meritano attenzione le lagune della pianura pontina ed il lago di Fondi, ridottosi di dimensioni ed ormai lontano dal mare.

Questi bacini sono tutti ad alimentazione pluviale salvo qualche modestissimo corso d'acqua per Bolsena ed alcune piccole sorgenti per Bracciano.

È opportuno sottolineare come un'ampia porzione del Lazio attuale (oltre il 10% in superficie) è il prodotto essenzialmente dell'opera umana, si tratta delle aree bonificate che dalla Maremma laziale attraverso la campagna romana e l'Agro Pontino fino alla piana del Garigliano occupano la fascia litoranea. Opere di risanamento idraulico si sono avute anche in limitate zone interne.

### 1.2.2 Clima

Nel Lazio si rinvencono i regimi pluviometrici tipici dell'Italia peninsulare centrale, ma con una tendenza verso caratteri già mediterranei che si fa spiccata nel Lazio meridionale costiero.

In generale, lungo la fascia costiera, i valori di temperatura variano tra i 9-10°C di gennaio e i 24-25°C di luglio; le precipitazioni sono piuttosto scarse lungo il tratto costiero settentrionale (i valori minimi inferiori ai 600 mm annui si registrano nella Maremma in prossimità del confine con la Toscana) mentre raggiungono valori attorno ai 1000 mm annui nella zona tra Formia ed il confine con la Campania.



Nelle aree interne i valori di precipitazioni risultano maggiori rispetto alla fascia costiera e, al tempo stesso, si accentuano le caratteristiche di continentalità con maggiori escursioni termiche giornaliere ed annue. Infatti, procedendo verso l'interno, gli inverni risultano freddi e, specie nelle ore notturne, si possono registrare temperature piuttosto rigide che scendono al di sotto dello zero. Sporadiche nevicate raggiungono i Castelli Romani e, in alcune occasioni, possono toccare anche la città di Roma.

La regione sembra essere fortemente influenzata dalla marittimità, come evidenzia il progressivo scarico di umidità delle correnti d'aria tirreniche a contatto con l'orografia. Il fatto che le medie stagionali scendano solo raramente al di sotto dei 5°C indica un clima generalmente mite.

Una dettagliata descrizione sulle caratteristiche climatologiche del territorio è riportata nel paragrafo 2.

### *1.2.3 Il sistema produttivo*

Il sistema economico produttivo del Lazio ha un peso rilevante a livello nazionale: con un valore aggiunto di 121.459 milioni di Euro, rappresenta circa il 10% del valore aggiunto nazionale e si avvicina al 50% di quello dell'Italia centrale.

La regione presenta un sistema economico fortemente polarizzato: nella provincia di Roma le unità di lavoro totali rappresentano il 75,8% e il valore aggiunto supera il 78%, elementi, questi ultimi, che tendono a delineare una configurazione economico-spaziale di livello metropolitano regionale.

In termini di contributi al prodotto regionale i sistemi economici di Latina e Frosinone rappresentano rispettivamente l'8,2 e il 7,6%; su quote inferiori si collocano le economie di Viterbo (4 %) e di Rieti (2,1%) <sup>2</sup>.

Tutte le economie sub-regionali laziali sono caratterizzate da una forte componente terziaria con valori – in termini di composizione del prodotto provinciale – che oscillano tra il 71,3% di Frosinone e l'85% di Roma. Al netto del contributo della provincia di Roma, i territori più industriali, sia rispetto alla formazione del prodotto provinciale sia in termini di sostegno all'economia regionale, sono quelli di Latina e Frosinone con circa il 22-24% del valore aggiunto proveniente dalle branche dell'industria in senso stretto.

Il numero totale di unità locali presenti nella Lazio è di 398.656. Il settore preponderante è quello del commercio, con il 30,88%, seguito dai servizi alle imprese (23,38%), mentre l'industria rappresenta solo l'8,57% del totale. Per quanto riguarda la distribuzione territoriale delle unità locali, il 74,97% è situato nella provincia di Roma, di seguito si trovano la provincia di Latina (8,82%) e quella di Frosinone (8,05%).

Il quadro provinciale dell'occupazione evidenzia la forte rilevanza del settore terziario dell'area romana che raggiunge una percentuale dell'84,4% (quasi un milione e mezzo di unità) mentre le unità di lavoro impiegate nell'industria coprono il 14,4% di cui: l'8,6% si concentra nell'industria in senso stretto e il 5,6% nel comparto delle costruzioni; nella provincia romana il peso dell'occupazione nel settore primario è di poco superiore al 1%.

---

<sup>2</sup> Fonte ISTAT: Occupazione e valore aggiunto nelle province, anni 1995.2003.

| Province                                    | Agricoltura, silvicoltura e pesca | Industria in senso stretto | Costruzioni | Totale industria | Commercio, riparazioni, alberghi e ristoranti, trasporti e comunicazioni | Intermediazioni e monetaria e finanziaria; attività immobiliari e imprenditoriali | Altre attività di servizi | Totale servizi | Totale |
|---|-----------------------------------|----------------------------|-------------|------------------|--|---|---------------------------|----------------|--------|
| <i>valori assoluti espressi in migliaia</i> |                                   |                            |             |                  |  |   |                           |                |        |
| Viterbo                                     | 13,7                              | 13,7                       | 14,5        | 28,2             | 31,6   | 10,2  | 29,1                      | 70,9           | 112,8  |
| Rieti                                       | 4,7                               | 6,7                        | 7,4         | 14,1             | 11,8   | 4,6   | 17,7                      | 34,1           | 52,9   |
| Roma  | 21,6                              | 151,9                      | 103,6       | 255,5            | 465,2  | 359,2   | 669,6                     | 1494,0         | 1771,1 |
| Latina                                      | 19,6                              | 38,2                       | 25,2        | 63,4             | 61,0   | 24,6  | 44,6                      | 130,2          | 213,2  |
| Frosinone                                   | 6,6                               | 40,7                       | 18,9        | 59,6             | 48,3   | 19,2  | 51,8                      | 119,3          | 185,5  |
| Lazio                                       | 66,2                              | 251,2                      | 169,6       | 420,8            | 617,9  | 417,8   | 812,8                     | 1848,5         | 2335,5 |
| <i>quote espresse in percentuale</i>        |                                   |                            |             |                  |  |   |                           |                |        |
| Viterbo                                     | 20,7                              | 5,5                        | 8,5         | 6,7              | 5,1  | 2,4   | 3,6                       | 3,8            | 4,8    |
| Rieti                                       | 7,1                               | 2,7                        | 4,4         | 3,4              | 1,9  | 1,1   | 2,2                       | 1,8            | 2,3    |
| Roma  | 32,6                              | 60,5                       | 61,1        | 60,7             | 75,3   | 86  | 82,4                      | 80,8           | 75,8   |
| Latina                                      | 29,6                              | 15,2                       | 14,9        | 15,1             | 9,9  | 5,9   | 5,5                       | 7              | 9,1    |
| Frosinone                                   | 10                                | 16,2                       | 11,1        | 14,2             | 7,8  | 4,6   | 6,4                       | 6,5            | 7,9    |
| Lazio                                       | 100                               | 100                        | 100         | 100              | 100  | 100   | 100                       | 100            | 100    |

Tabella 1.2 –Unità di lavoro standard totali nelle province. Anno 2003

Per ciò che concerne il quadro della distribuzione dell'occupazione nelle altre province emerge che la provincia di Viterbo ha la maggior quota di unità in agricoltura (il 12,1% dell'occupazione complessiva provinciale) mentre, con l'eccezione della provincia di Roma, quella meno agricola può essere considerata Frosinone che occupa il 3,6% delle sue unità totali; l'occupazione manifatturiera è più presente nella provincia di Frosinone (quasi il 30%) e Latina (quasi il 18%); le province di Viterbo e Rieti hanno una composizione simile dell'input di lavoro manifatturiero (tra il 12 e il 13%); tra tutte le province quella di Rieti è quella che impiega il maggior numero di occupati nel comparto delle costruzioni (14%); nelle altre province la distribuzione dell'occupazione nelle costruzioni rappresenta il 10-12%.

Il sistema produttivo regionale, si caratterizza per un'elevata frammentazione: il 92% delle imprese industriali ha una dimensione con al massimo 9 addetti (a livello nazionale la quota è dell'88%); le unità produttive con 10-49 addetti è pari al 7% (a livello nazionale la quota è del 10%). Una situazione simile si osserva nel settore dei servizi (312.000 imprese): il 97,2% è composta da 1-9 addetti; il 2,4% ha tra 10 e 49 addetti e lo 0,4% ha più di 50 addetti.

In termini di concentrazione settoriale e territoriale di attività si rileva la presenza nella regione di 10 distretti industriali e sistemi produttivi locali per un totale di circa 4.000 unità locali con 90.000 addetti. Si tratta in particolare di 3 distretti industriali (la ceramica di Civita Castellana, il marmo e lapideo dei Monti Ausoni, l'abbigliamento della Valle del Liri) e 7 Sistemi produttivi locali (l'agroindustriale Pontino, il chimico-farmaceutico del Lazio Meridionale, "innovazione" del Reatino, e i sistemi della nautica e cartario). L'insieme di questi "poli produttivi", per quanto non rappresenti ancora, in termini quantitativi, una quota rilevante del sistema produttivo regionale, costituisce un fattore qualitativamente cruciale in quanto a dinamica e prospettive di sviluppo.

### ***1.3 Quadro normativo***

Il presente Piano per il risanamento della qualità dell'aria nella regione Lazio si conforma alle disposizioni di seguito riportate:

**Decreto legislativo 4 agosto 1999, n. 351**, recepimento della direttiva 96/62/CE del Consiglio in materia di valutazione e di gestione della qualità dell'aria ambiente, pubblicato nella Gazzetta Ufficiale del 13 ottobre 1999, n. 241, ed, in particolare, l'articolo 4 e l'articolo 8, comma 5;

**Decreto del ministro dell'Ambiente 2-4-2002 n. 60**, “Recepimento della direttiva 1999/30/CE del 22 aprile 1999 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 e della direttiva 2000/69/CE relativa ai valori limite di qualità dell'aria ambiente per il benzene ed il monossido di carbonio”;

**Decreto del ministro dell'Ambiente 1-10-2002 n. 261**, 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;

**DPR 24-5-1988, n. 203**, attuazione delle direttive CEE numeri 80/779, 82/884, 84/360 e 85/203 concernenti norme in materia di qualità dell'aria ambiente, relativamente a specifici agenti inquinanti, e di inquinamento prodotto dagli impianti industriali, ai sensi dell'articolo 15 della legge 16 aprile 1987, n. 183, pubblicato nel supplemento ordinario n. 53 alla Gazzetta Ufficiale del 16 giugno 1988, n. 140, ed, in particolare, gli articoli 20, 21, 22, e 23 e gli allegati I, II, III, e IV;

**Legge 21 gennaio 1994, n. 61**, recante disposizioni urgenti sulla riorganizzazione dei controlli ambientali e istituzione dell'Agenzia nazionale per la protezione dell'ambiente, pubblicata nella Gazzetta Ufficiale del 27 gennaio 1994, n. 21;

**DPR 4-06-1997, n. 335**, recante il regolamento concernente la disciplina delle modalità di organizzazione dell'Agenzia nazionale per la protezione dell'ambiente in strutture operative, pubblicato nella Gazzetta Ufficiale del 6 ottobre 1997, n. 233;

**Decreto del ministro dell'Ambiente 21-4-1999, n. 163**, recante norme per l'individuazione dei criteri ambientali e sanitari in base ai quali i sindaci adottano le misure di limitazione della circolazione, pubblicato nella Gazzetta Ufficiale dell'11 giugno 1999, n. 135;

**Direttiva 99/301/CE del Consiglio del 22 aprile 1999** relativa ai 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, come modificata con decisione 2001/744/CE del 17 ottobre 2001;

**Direttiva 2000/69/CE del Consiglio del 16 novembre 2000** relativa ai valori limite di qualità dell'aria ambiente per il benzene ed il monossido di carbonio;

**Decisione 97/101/CE del 27 gennaio 1997** che instaura uno scambio reciproco di informazioni e di dati provenienti dalle reti e dalle singole stazioni di misurazione della inquinamento atmosferico negli Stati membri come modificata con decisione 2001/752/CE del 17 ottobre 2001;

**Decisione 2001/744/CE del 17 ottobre 2001** che modifica l'allegato V della direttiva 99/30/CE del Consiglio concernente i valori limite di qualità della aria ambiente per il biossido di zolfo, il biossido di azoto, gli ossidi di azoto, le particelle e il piombo;

**Decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152** “Norme in materia ambientale”, Parte V “Norme in materia di Tutela dell'Aria e di riduzione delle emissioni in atmosfera.

### ***1.4 Amministrazioni competenti***

Il presente Piano è frutto della collaborazione di diversi Soggetti, istituzionali e non, che hanno contribuito, ciascuno per la propria competenza, alla realizzazione del quadro informativo, alla definizione degli scenari ed alla individuazione delle misure da adottare ai fini del raggiungimento di un buon livello della qualità dell'aria sul territorio regionale.

Per la predisposizione del Piano è stato costituito uno specifico gruppo di lavoro composto prevalentemente dai rappresentanti dei territori maggiormente interessati da problemi di inquinamento atmosferico, vale a dire le province ed i comuni di Roma, Frosinone e Latina. Tali Enti, insieme alla Regione e all'ARPA Lazio, saranno i principali interpreti dell'attuazione delle misure del Piano, alcune delle quali sono rivolte all'intero territorio regionale e quindi coinvolgeranno tutte le amministrazioni provinciali e comunali.

La definizione delle specifiche competenze è riportata nel capitolo 6 ed è regolamentata con le modalità individuate nelle norme di attuazione.

### ***1.5 Modalità per l'informazione***

L'informazione ai cittadini e alle parti sociali è fondamentale non solo per facilitare la conoscenza degli obiettivi e delle proposte di intervento contenute nel Piano, ma anche per motivare i singoli soggetti a partecipare attivamente al processo di risanamento.

È necessario, infatti, che la comunicazione sia rivolta a promuovere l'importanza delle azioni di piano attraverso un'azione di sensibilizzazione mirata alle attività maggiormente inquinanti, sia a responsabilizzare tutti i cittadini affinché contribuiscano e partecipino al processo di riduzione delle emissioni di inquinanti, fornendo loro informazioni facilmente utilizzabili.

In tal senso la Regione Lazio avvierà campagne informative e incontri tematici, anche con la partecipazione della stampa locale, al fine non solo di divulgare l'informazione sulle modalità di valutazione e previsione della qualità dell'aria ambiente, sui contenuti e gli obiettivi del Piano e sulle misure previste, ma anche per sensibilizzare e formare la popolazione sulla necessità di attuare cambiamenti degli abituali stili di vita in tema di mobilità, consumo energetico e rispetto delle risorse disponibili, sottolineando la possibilità dei singoli di contribuire in maniera rilevante al miglioramento della qualità dell'aria.

Tra le azioni del piano sono previste anche iniziative di divulgazione, informazione ed educazione ambientale sulla natura, le sorgenti e la diffusione degli inquinanti.

Fondamentale inoltre è l'informazione alla popolazione sulla qualità dell'aria, sulle previsioni e sugli interventi necessari alla riduzione delle emissioni.

La Regione Lazio, in collaborazione con l'ARPA Lazio mette a disposizione del pubblico, nonché degli organismi interessati, i dati aggiornati sulla qualità dell'aria rendendo pubblici i livelli di concentrazione degli inquinanti in atmosfera.

Diversi sono le modalità ed i mezzi con i quali l'informazione viene comunicata.

La Regione Lazio cura la pubblicazione di una pagina del televideo regionale in cui quotidianamente riporta i valori rilevati il giorno precedente nelle stazioni di monitoraggio, relativamente alle concentrazioni degli inquinanti: polveri sottili, biossido di zolfo, biossido di azoto, benzene e ozono. Insieme agli indici misurati, suddivisi per provincia, vengono fornite indicazioni sui limiti di legge ed evidenziati gli eventuali superamenti.



Figura 1.3 Pagine del televideo regionale con i dati del monitoraggio della qualità dell'aria

Il televideo regionale ha il pregio di essere un mezzo di informazione facilmente accessibile per chiunque ma le informazioni relative alla rete di monitoraggio della qualità dell'aria sono disponibili anche in internet sul sito di ARPA Lazio: [www.arpalazio.it](http://www.arpalazio.it)

Dalla home del sito, entrando nella sezione *Aria-Monitoraggio qualità* è infatti possibile accedere al settore *Rete Regionale della qualità dell'aria*. Da tale pagina si possono visualizzare i dati delle centraline di monitoraggio - quotidianamente aggiornati - suddivisi per zone:

- Comune di Roma
- Provincia di Roma
- Provincia di Latina
- Provincia di Frosinone
- Provincia di Rieti
- Provincia di Viterbo



Figura 1.4 Pagine del sito internet di ARPA Lazio dedicate ai dati del monitoraggio della qualità dell'aria

Per ciascuna zona la tabella mostra le concentrazioni dei diversi inquinanti rilevati dalla rete di monitoraggio, il giorno antecedente a quello di visualizzazione e fino a quindici giorni precedenti. I dati forniti, per ciascuna centralina, sono:

- Monossido di Carbonio: Massima media mobile su 8 ore
- Ozono: Livello
- Biossido di azoto: Livello e numero di superamenti nell'anno
- Particolato: Livello PM10e numero di superamenti nell'anno
- Benzene: Livelli di benzene relativi ai 12 mesi precedenti

## ARPA LAZIO – ROMA

*Agenzia regionale per la protezione ambientale del Lazio*

Dati di **QUALITA' ARIA** 16/05/07

Dalle ore **01** Alle ore **24**

|  | CO<br>mg/m3 293K<br>Media M. 8<br>h Max | O3<br>ug/m3 293K<br>Cmax Oraria | NO2<br>ug/m3 293K<br>Cmax Oraria | NO2<br>ug/m3 293K<br>Num ore<br>sup anno | PM10<br>ug/m3<br>Cmed 24 h | PM10<br>ug/m3<br>Num giorni<br>sup anno | BENZENE<br>ug/m3 293K<br>Media M.<br>Annua § |
|--|---|---------------------------------|----------------------------------|--|----------------------------|---|--|
| D.Lgs183/04 (soglia d'informaz.)                                 |   | <b>180</b>                      |                                  |  |                            |   |  |
| D.Lgs183/04 (soglia d'allarme)                                   |   | <b>240</b>                      |                                  |  |                            |   |  |
| D.M. 2/4/2002 n.60 Limite + Tolleranza<br>n. max sup. Consentiti | <b>10</b>                               |                                 | <b>200+30</b>                    | <b>200+30</b>                            | <b>50</b>                  | <b>50</b>                               | <b>5+3</b>                                   |
| DGR Lazio n. 1316/03 e n.128/04                                  | <b>10</b>                               |                                 |                                  | <b>18</b>                                | <b>50</b>                  |   | <b>8</b>                                     |
| <b>001 Arenula</b>   |   |                                 | <b>104</b><br>ore: 09            | <b>0</b>                                 | <b>44</b>                  | <b>40 *</b>                             |  |
| <b>002 Preneste</b>  |   | <b>93</b><br>ore: 17            | <b>77</b><br>ore: 08             | <b>0</b>                                 | <b>43</b>                  | <b>47 *</b>                             | <b>N.V.</b>                                  |
| <b>003 Francia</b>   | <b>1.2</b><br>ore: 24                   |                                 | <b>120</b><br>ore: 21            | <b>0</b>                                 | <b>36</b>                  | <b>53 *</b>                             | <b>4.9</b>                                   |
| <b>005 Magna Grecia</b>  | <b>1.4</b><br>ore: 14                   |                                 | <b>112</b><br>ore: 08            | <b>3</b>                                 | <b>47</b>                  | <b>37 *</b>                             | <b>4.0</b>                                   |
| <b>008 Cinecitta</b>   | <b>0.5</b><br>ore: 14                   | <b>89</b><br>ore: 17            | <b>105</b><br>ore: 08            | <b>7</b>                                 | <b>29</b>                  | <b>33</b>                               | <b>2.5</b>                                   |

Figura 1.5 Tabella disponibile sul sito di ARPA Lazio delle concentrazioni dei diversi inquinanti rilevati dalla rete di monitoraggio

Recentemente inoltre ARPA Lazio ha elaborato un Bollettino informativo settimanale che trasmette tramite posta elettronica agli interessati.

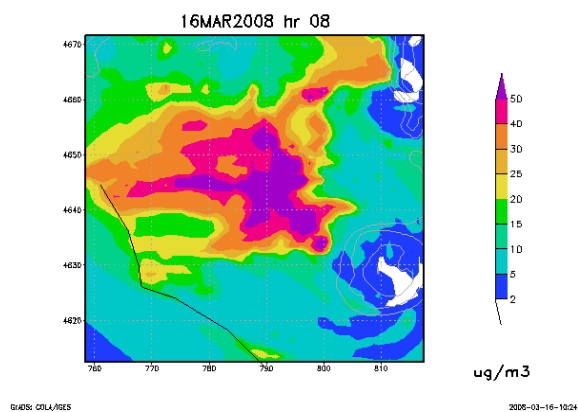
Lo scopo del bollettino è quello di presentare, ogni settimana, il quadro complessivo territoriale dello stato di qualità dell'aria della regione Lazio come richiesto dalla normativa vigente, in un contesto più ampio ed analitico di quello della singola misura locale rilevata dalla rete automatica di monitoraggio della qualità dell'aria.

Gli inquinanti considerati sono i medesimi del sito con l'aggiunta del PM<sub>2,5</sub>. L'indice del bollettino è composto nel seguente modo:

- Postazioni di Monitoraggio
- Sintesi delle medie settimanali
- Standard Qualità dell'aria
  - Provincia e Comune di Roma
  - Provincia di Frosinone
  - Provincia di Latina
  - Provincia di Rieti
  - Provincia di Viterbo
- Andamento settimanale
  - Stazioni urbane
  - Stazioni di fondo
  - Rapporto PM<sub>2,5</sub>-PM10
- Variazione infragiornaliera

Per il futuro è previsto la realizzazione, tramite modelli di simulazione, delle previsioni a breve termine delle concentrazioni di inquinanti sull'intero territorio regionale e la pubblicazione delle relative mappe, di cui viene riportato un esempio di seguito, sul sito web regionale.

**Roma**  
**Concentrazione di Particolato 10 micron (PM10)**



**Roma**  
**Concentrazione di Biossido di Azoto (NO<sub>2</sub>)**

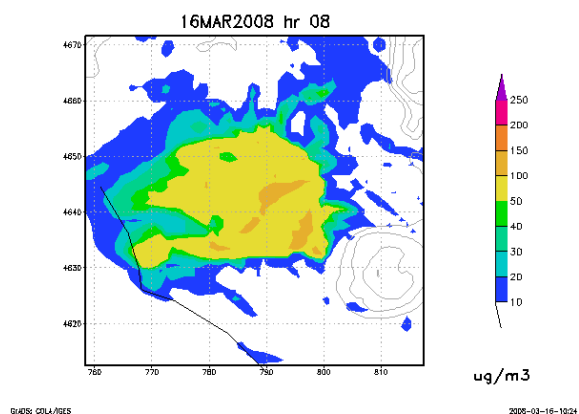


Figura 1.6 Mappe di previsione a breve termine delle concentrazioni di inquinanti



## 2. Elementi di sintesi sull'inquinamento atmosferico

### 2.1 *Quadro emissivo*

La qualità dell'aria è tra le criticità ambientali che più preoccupano la popolazione. Se fino a pochi anni fa, infatti, poteva essere considerato un problema circoscritto a grossi centri urbani o produttivi, oggi risulta essere percepito come problema diffuso dagli abitanti di centri piccoli e grandi, per gli alti livelli di inquinanti che si registrano sia nei mesi invernali (polveri fini, ossidi di azoto...) che estivi (ozono). La presenza di un certo inquinante all'interno dell'atmosfera è il risultato delle interazioni tra attività naturali ed antropiche presenti sul territorio ed il sistema di trasporto, diffusione e trasformazione chimica a cui sarà soggetto una volta in atmosfera; pertanto risulta essere molto importante non confondere le emissioni di inquinanti (indicatori di pressione) espresse in unità di massa su un certo intervallo temporale, con le concentrazioni (indicatori di stato) che vengono espresse ad esempio come  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  e che caratterizzano la qualità dell'aria respirata. La conoscenza delle emissioni (e delle loro fonti) risulta dunque essere fondamentale per il monitoraggio della qualità dell'aria, pur non essendoci un legame di proporzionalità diretta tra i due elementi, e per la conseguente individuazione delle politiche più adeguate di risanamento della qualità dell'aria.

La metodologia più diffusa per la stima delle emissioni è quella elaborata nell'ambito del progetto CORINAIR (COoRdination INformation AIR), promosso e coordinato dalla DG XI della Comunità Europea nell'ambito del programma sperimentale CORINE (COoRdinated INformation on the Environment in the European Community), intrapreso dalla Commissione delle Comunità Europea in seguito alla decisione del Consiglio del 27 giugno 1985, in base alla quale il CTN-ACE (Centro Tematico Nazionale Atmosfera, Clima ed Emissioni istituito da APAT) ha sviluppato una guida alla redazione degli inventari locali (2001).

Nello studio in esame si è utilizzata, come base emissiva di partenza, la disaggregazione spaziale delle emissioni fatta da APAT a partire dal valore nazionale dei singoli inquinanti.

In particolare la preparazione dei file emissivi da usare come input al codice FARM si è svolta a partire da fonti differenti di dati:

- APAT 2000: emissioni diffuse di tutti i settori eccezion fatta per tutti i tratti autostradali e per le emissioni urbane ed extraurbane del comune di Roma;
- Censimento ARPA Lazio: emissioni da sorgenti puntuali;
- Dati AISCAT per le emissioni autostradale sull'intero dominio;
- Stime di traffico fornite da STA Roma, sulla rete primaria di Roma.

#### 2.1.1 *Emissioni diffuse*

Il database emissivo utilizzato come dato di partenza per lo studio, proviene dall'inventario nazionale APAT 2000, in cui le sorgenti emissive sono suddivise in localizzate e diffuse. Le prime comprendono tutte quelle sorgenti che è possibile ed utile considerare singolarmente, localizzabili tramite coordinate geografiche e parametri emissivi dei camini, e definite, in base al DM 25/05/91, da emissioni superiori a 90 –100 t/anno o da potenze pari a 40-50 MW termici per i processi con combustione (su aree più piccole i limiti scendono).

Le sorgenti diffuse sono tutte quelle che non rientrano nelle categorie appena definite ed il cui calcolo necessita dell'uso di parametri statistici; rientrano in queste categorie le emissioni di origine puntiforme, che non superano le soglie emissive appena definite, le emissioni naturali (ad esempio derivanti dalle foreste), o quelle legate al traffico diffuso.

Utilizzando i trend emissivi nazionali relativi ai diversi inquinanti e per singolo settore, è stato possibile aggiornare le emissioni diffuse dell'inventario nazionale relativo all'anno 2000, al 2005, anno a cui si riferisce lo studio in esame.

A tale scopo sono state considerate, per i diversi inquinanti, le emissioni a livello nazionale suddivise per macrosettore a partire dal 1980 fino ad arrivare al 2003 (vedi esempio in Figura 2.1) e sono stati quindi calcolati i coefficienti moltiplicativi (di aumento/diminuzione) da un anno con l'altro al fine di poter calcolare le emissioni di inquinanti per gli anni 2004 e 2005. I coefficienti di aggiornamento utilizzati nello studio per aggiornare al 2005 le emissioni relative all'anno 2000 sono relativi al secondo livello di classificazione SNAP, cioè ai settori, al fine di rappresentarne il più possibile le variazioni; in assenza di dati di tendenza e per il macrosettore 11 (natura) il coefficiente è stato posto pari a uno. I coefficienti sono stati infine moltiplicati per le emissioni dell'inventario APAT 2000 relative all'area in esame ottenendo così le emissioni utilizzabili per le simulazioni.

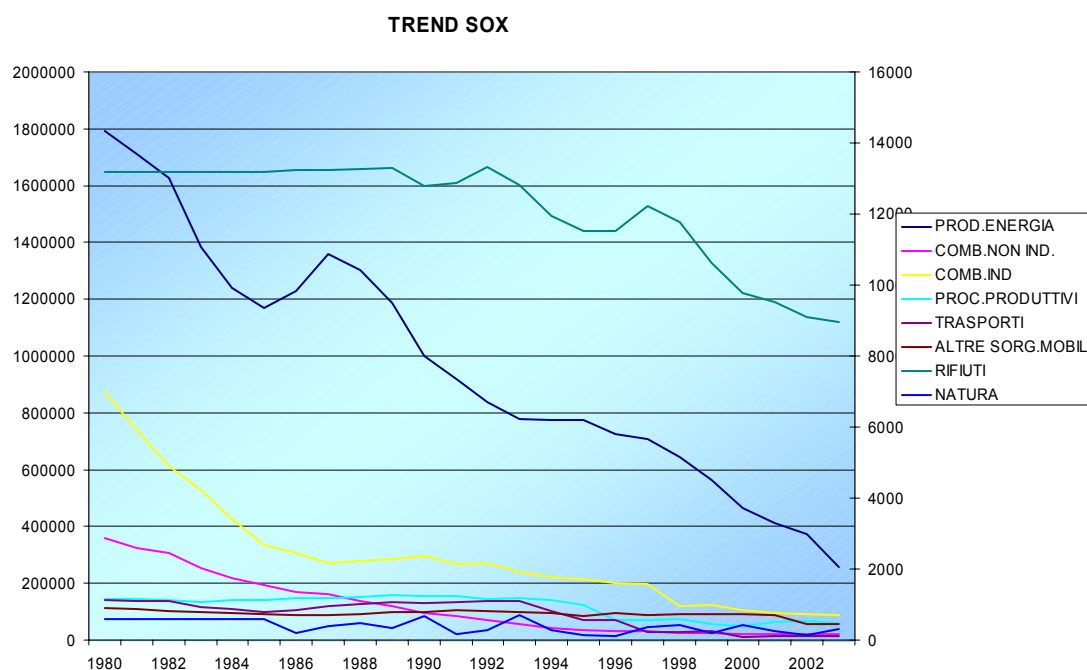


Figura 2.1 – Andamento delle emissioni di ossidi di zolfo (t/anno) su scala nazionale, dal 1980 al 2003, suddiviso per i diversi macrosettori.

Un discorso a parte è quello riguardante le emissioni dei settori relativi al riscaldamento civile e alla combustione delle stoppie; a fronte di un accurato lavoro svolto in collaborazione con la regione Piemonte e ENEA Roma (Calori et al, 2006) con l'obiettivo di armonizzare l'inventario locale con quello proposto da RAINS-Italia per l'anno 2000, si sono evidenziati alcuni aspetti di sottostima degli inventari nazionali.

L'analisi comparata delle emissioni regionali stimate nell'ambito dell'inventario regionale (IREA) 2001 e da RAINS-Italia, ha fornito utili suggerimenti per l'IREA per la modifica delle stime per svariati settori e riguardano modifiche ai fattori di emissione, alla metodologia di calcolo e l'utilizzo di nuovi indicatori, ed il loro effetto è stato quantificato preliminarmente a livello regionale.

In particolare si è osservata una sottostima per quanto riguarda il particolato ed i composti organici volatili, aspetto, questo, legato ad una scorretta valutazione dell'uso della legna per il riscaldamento civile, ed in seconda battuta ad un'errata stima della quantità di stoppie bruciate. Oltre a questi due settori esistono infine delle emissioni di particolato che nell'inventario nazionale non vengono considerate (come ad esempio le attività di cantiere) e che sono dunque state inserite nel caso in esame.

Le emissioni dei settori pesantemente sottostimati dall'inventario APAT sono dunque state "corrette" a fini modellistici seguendo un procedimento un po' diverso rispetto a quello visto finora, e cioè tenendo conto delle emissioni proposte dal modello RAINS-Italia.

Sempre nell'intento di avere un dataset più completo per la simulazione modellistica, si sono aggiunte anche le emissioni di particolato stimate dal modello RAINS-Italia e relative alle movimentazioni di materie prime, alle attività di cantiere, ai BBQ, al fumo di sigaretta ed ai fuochi artificiali.

In Tabella 2.1 ed in Figura 2.2 si riportano le emissioni diffuse utilizzate nel modello (il macrosettore 7 non comprende le emissioni relative al traffico urbano ed extraurbano di Roma e quello delle autostrade, calcolati a parte).

|  | CO             | NMVOC         | NH3           | NOX           | PM10          | SO2          |
|--|----------------|---------------|---------------|---------------|---------------|--------------|
| 1) Combustione - Energia   | 24             | 1             | -             | 232           | 2             | -            |
| 2) Combustione non industriale                                   | 33.757         | 5.345         | 0             | 7.385         | 4.709         | 1.163        |
| 3) Combustione nell'industria                                    | 439            | 119           | 2             | 3.757         | 695           | 3.552        |
| 4) Processi produttivi   | 6              | 2.235         | -             | -             | 636           | 734          |
| 5) Estrazione e distribuzione di combustibili fossili, geotermia | -              | 4.095         | -             | -             | 5             | -            |
| 6) Uso di solventi e altri prodotti                              | -              | 33.290        | -             | -             | 1             | -            |
| 7) Trasporto su strada   | 94.842         | 16.504        | 544           | 15.123        | 1.505         | 325          |
| 8) Altre sorgenti mobili e macchinari                            | 22.333         | 9.130         | 2             | 13.959        | 1.669         | 1.740        |
| 9) Trattamento e smaltimento rifiuti                             | 10.734         | 1.075         | 434           | 458           | 447           | -            |
| 10) Agricoltura  | 343            | 131           | 15.225        | 12            | 113           | -            |
| 11) Altre sorgenti ed assorbimenti                               | -              | 7.596         | -             | -             | -             | -            |
| altro PM <sub>10</sub>   | -              | -             | -             | -             | 1.305         | -            |
| <b>TOTALE</b>  | <b>162.478</b> | <b>79.521</b> | <b>16.207</b> | <b>40.926</b> | <b>11.087</b> | <b>7.514</b> |

Tabella 2.1 – Emissioni diffuse (t/anno) della Regione Lazio (tenuto conto dell'assenza della parte di traffico urbano del comune di Roma).

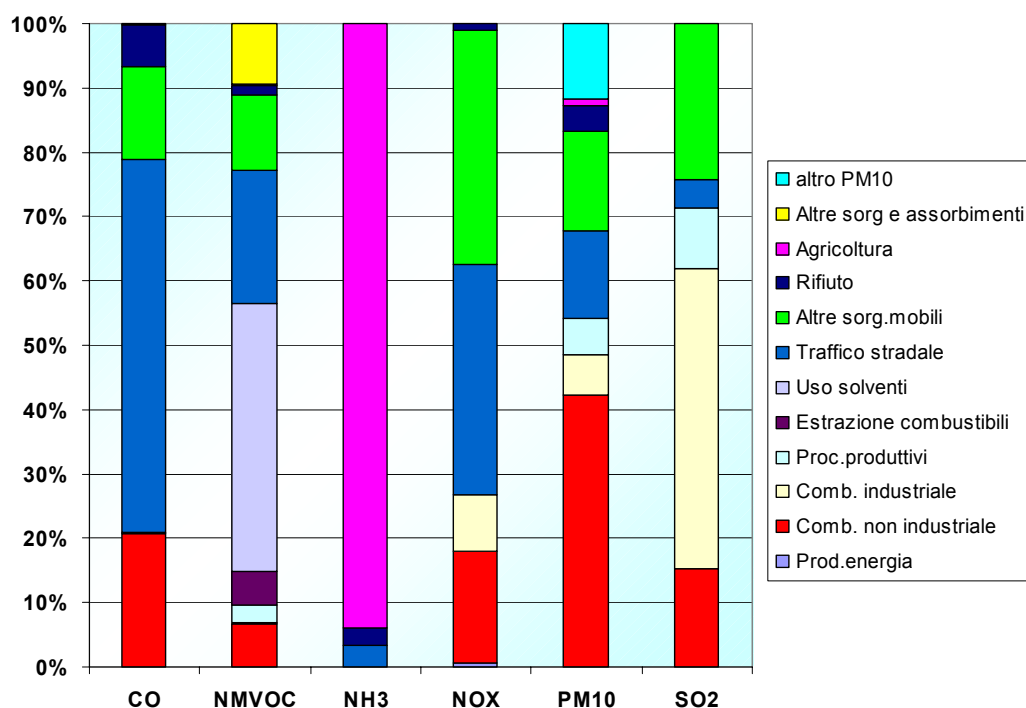


Figura 2.2 – Contributo dei macrosettori alle emissioni inquinanti della regione Lazio (tenuto conto dell'assenza della parte di traffico urbano del comune di Roma).

Osservando le mappe che seguono è possibile fare alcune considerazioni circa le emissioni da sorgenti diffuse che si trovano nella regione Lazio.

### Ossidi di azoto

Gli ossidi di azoto ( $\text{NO}_x$ ) sono inquinanti prodotti in tutti i processi di combustione (riscaldamento, traffico, centrali di potenza, processi produttivi, ecc.) indipendentemente dal tipo di combustibile utilizzato. L' $\text{NO}$  si forma, in tutti i processi di combustione in presenza di aria per reazione dell'azoto con l'ossigeno atmosferico, soprattutto in condizioni di elevata temperatura. Esso reagisce successivamente con l'ossigeno ( $\text{O}_2$ ) dell'atmosfera, dando origine al biossido di azoto ( $\text{NO}_2$ ). La concentrazione di  $\text{NO}_2$  in aria dipende anche da altri processi, tra i quali è particolarmente rilevante la reazione dell' $\text{NO}$  con l'ozono ( $\text{O}_3$ ) prodotto nelle ore di maggiore irraggiamento solare. Il biossido di azoto è dunque da considerare un inquinante secondario, anche se piccole quantità di questo gas si formano durante il processo di combustione stesso. Le principali sorgenti artificiali di  $\text{NO}$ , e dunque di  $\text{NO}_2$ , sono gli impianti di riscaldamento, alcuni processi industriali e i gas di scarico dei veicoli a motore, soprattutto in condizione di accelerazione e marcia a regime di giri elevato (combustione a temperatura più alta). Anche le concentrazioni degli ossidi d'azoto presentano un andamento stagionale, che però è meno marcato rispetto a quello dell' $\text{SO}_2$ . Perché più stabile,  $\text{NO}_2$  è considerato più importante per gli effetti sulla salute umana; esso provoca irritazioni alle mucose degli occhi e danni alla vie respiratorie e alla funzionalità polmonare. Il biossido di azoto contribuisce all'acidificazione delle precipitazioni, con effetti dannosi del tipo di quelli prodotti dal biossido di zolfo.

In Figura 2.3 si osservano le emissioni di NO<sub>x</sub> legate alle sorgenti diffuse sul territorio; si ricordi che la città di Roma non contiene le emissioni legate al traffico urbano che è stato simulato utilizzando il grafo cittadino e quindi non contribuisce ai valori emissivi presentati nelle seguenti mappe, come d'altra parte, il traffico autostradale, anch'esso simulato come sorgente lineare e discusso nei prossimi paragrafi.

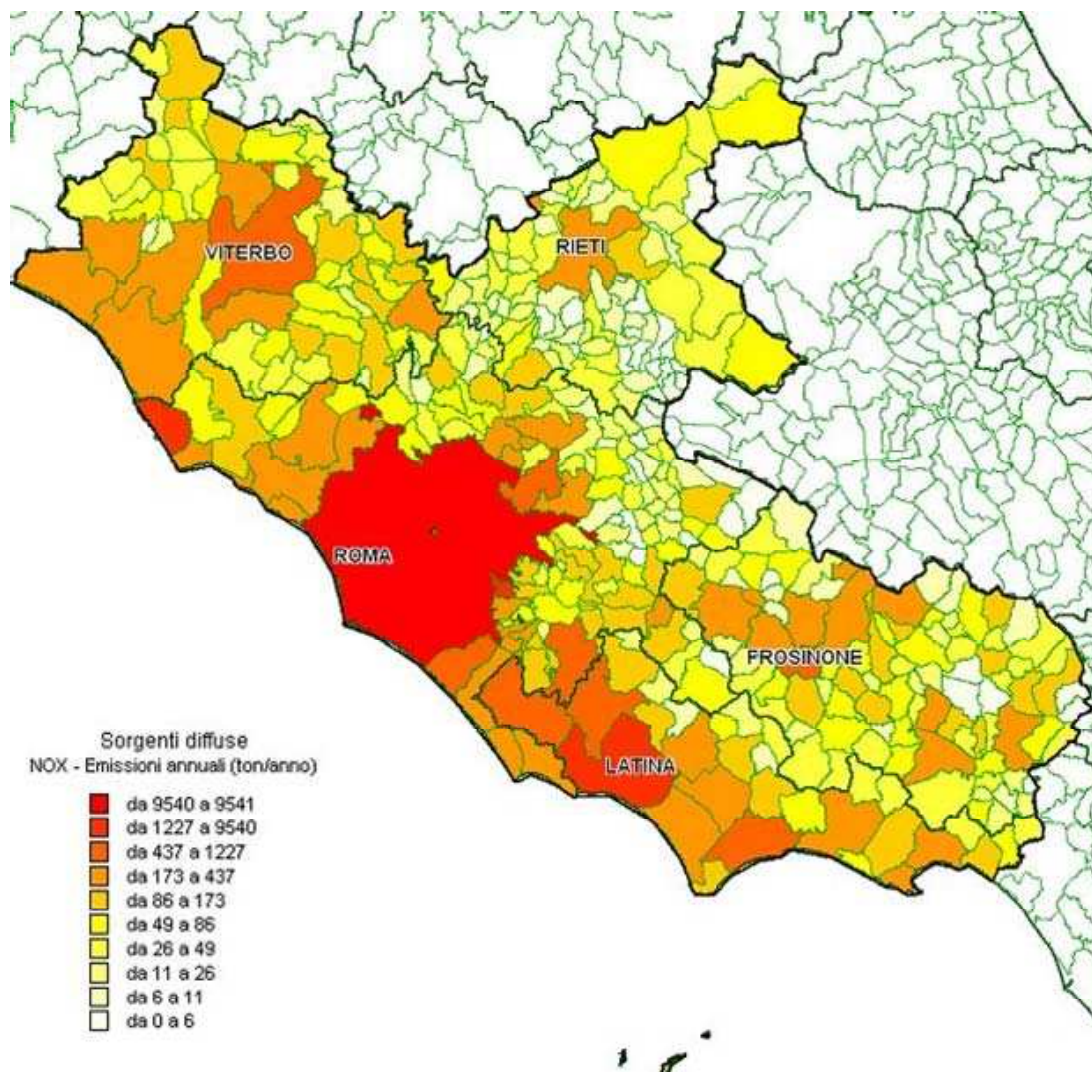


Figura 2.3 – Emissioni diffuse di NO<sub>x</sub> della regione Lazio (tenuto conto dell'assenza della parte di traffico urbano del comune di Roma).

Dalla Figura 2.4 alla Figura 2.8 si osservano, oltre alle emissioni diffuse relative a ciascun comune, i contributi percentuali dei diversi settori di attività. Per gli ossidi di azoto, eccezion fatta per il comune di Roma, si osserva come il macrosettore relativo al traffico stradale rappresenti sempre un contributo molto elevato, che va dal 37% in provincia di Viterbo al 52% in provincia di Frosinone (il valore medio del contributo da traffico diffuso nella provincia di Roma è pari a circa il 26%, ma come già accennato in precedenza, questo dato non è confrontabile con gli altri in quanto mancante del traffico urbano); questi valori medi calcolati in tutti i comuni presenti nel territorio provinciale, devono essere interpretati tenendo conto del fatto che il traffico autostradale è stato calcolato come sorgente lineare pertanto quelle province maggiormente interessate da tali sorgenti vedranno il loro contributo del macrosettore 7 crescere ulteriormente.

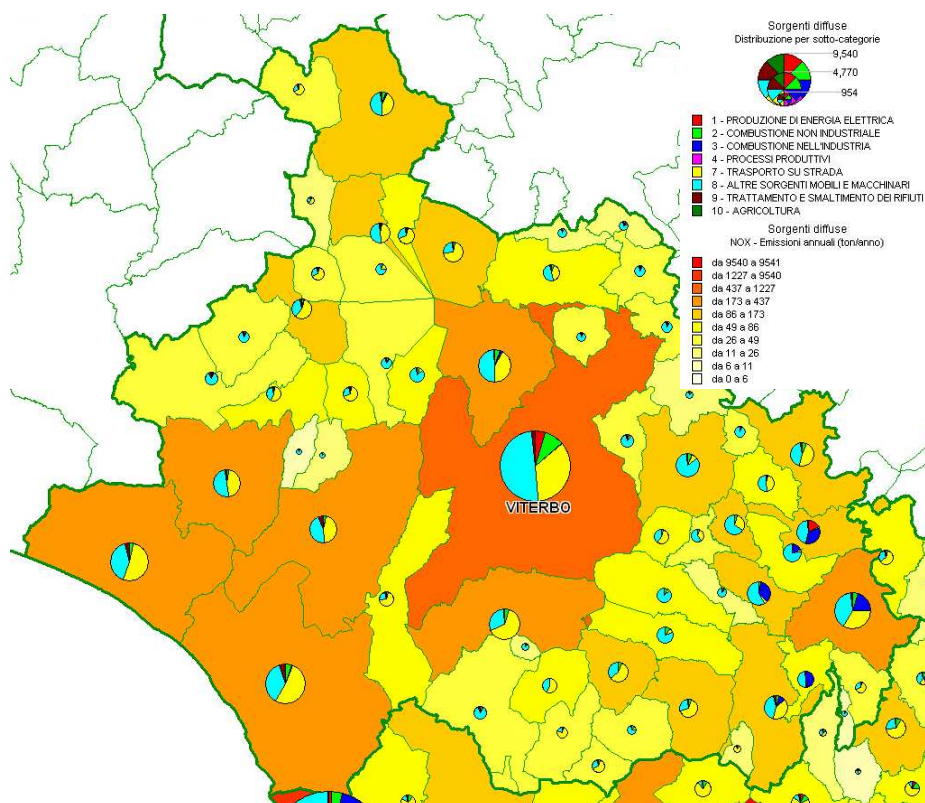


Figura 2.4 – Contributo dei macrosettori alle emissioni di NOx della provincia di Viterbo.



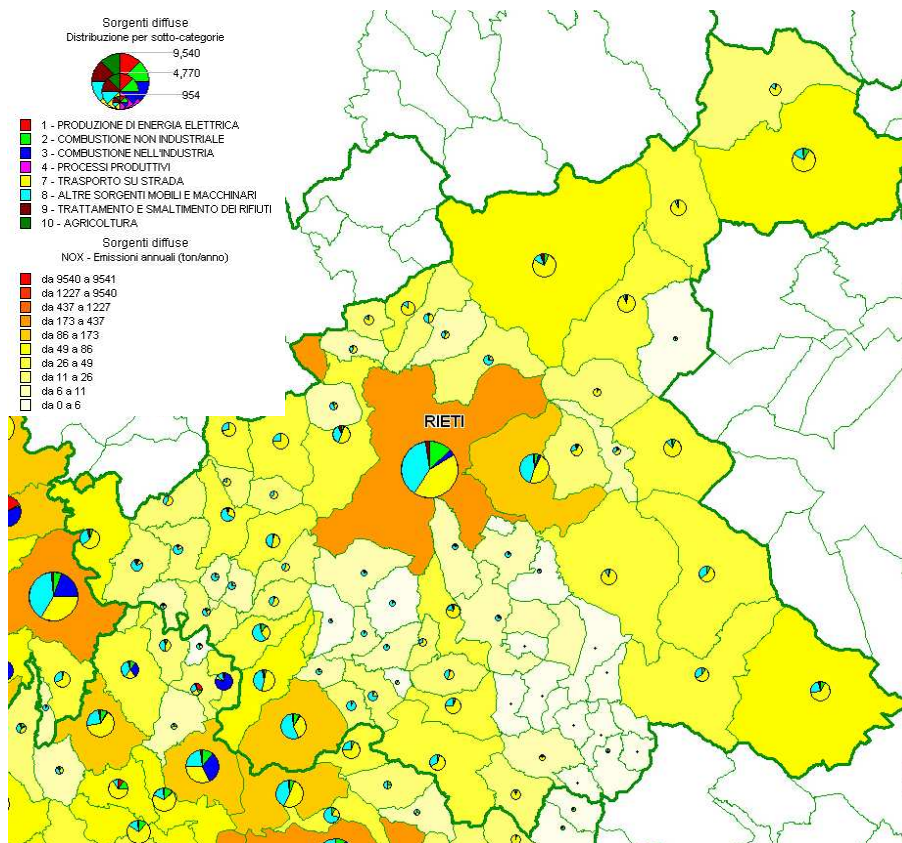


Figura 2.5 – Contributo dei macrosettori alle emissioni di NO<sub>x</sub> della provincia di Rieti.

Altri settori di un certo interesse per quanto riguarda le emissioni diffuse di ossidi di azoto sono, in primo luogo, il macrosettore 8 (altre sorgenti mobili) che assume importanza pari al 30-40% fino ad arrivare al 50% in provincia di Viterbo. Al suo interno il settore più importante è senza dubbio quello legato ai macchinari utilizzati in campo agricolo (quasi ovunque intorno al 60-70% rispetto al totale), ma nella provincia di Roma assumono rilevanza anche le attività legate al traffico marittimo (grazie soprattutto alla presenza del porto di Civitavecchia che da solo rappresenta il 98% delle emissioni diffuse di NO<sub>x</sub> prodotte dal traffico marittimo della provincia) ed a quello aereo, vista la presenza degli aeroporti di Fiumicino e Ciampino.

Infine, la terza fonte per importanza di emissioni diffuse di ossidi di azoto è data dalle attività di combustione non industriali, il riscaldamento domestico, macrosettore 2, la cui influenza aumenta ulteriormente nel caso della provincia di Roma, a causa dell'elevata popolosità.

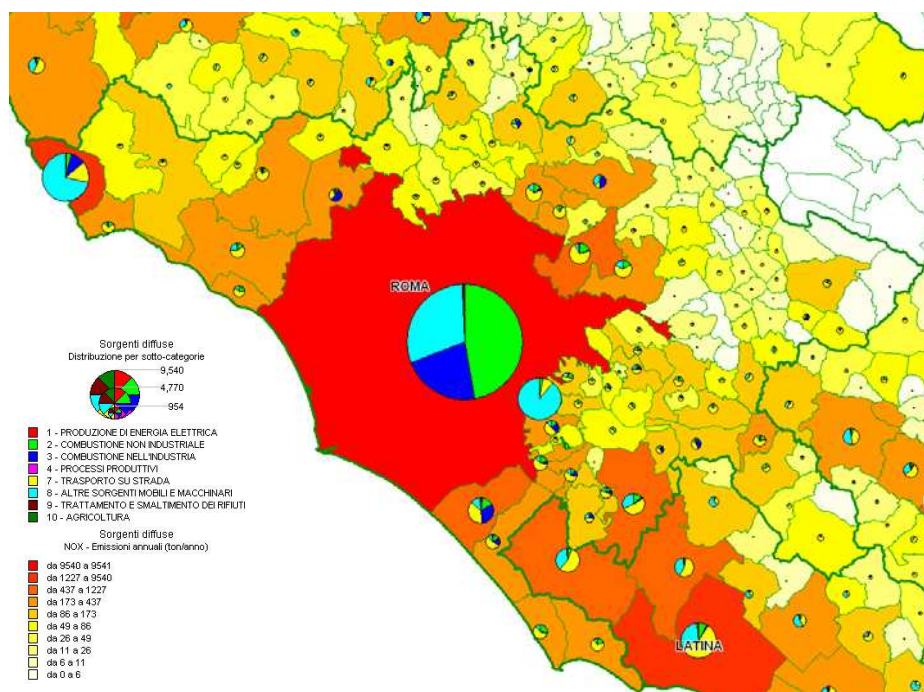


Figura 2.6 – Contributo dei macrosettori alle emissioni di NOx della provincia di Roma (tenuto conto dell'assenza della parte di traffico urbano del comune di Roma).

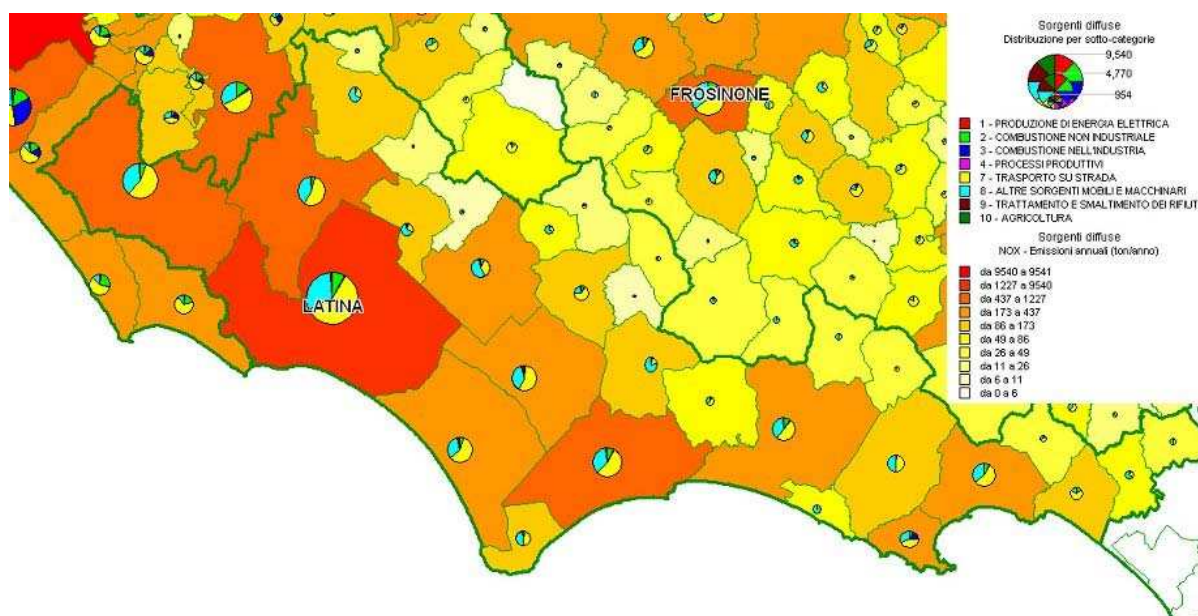


Figura 2.7 – Contributo dei macrosettori alle emissioni di NOx della provincia di Latina.



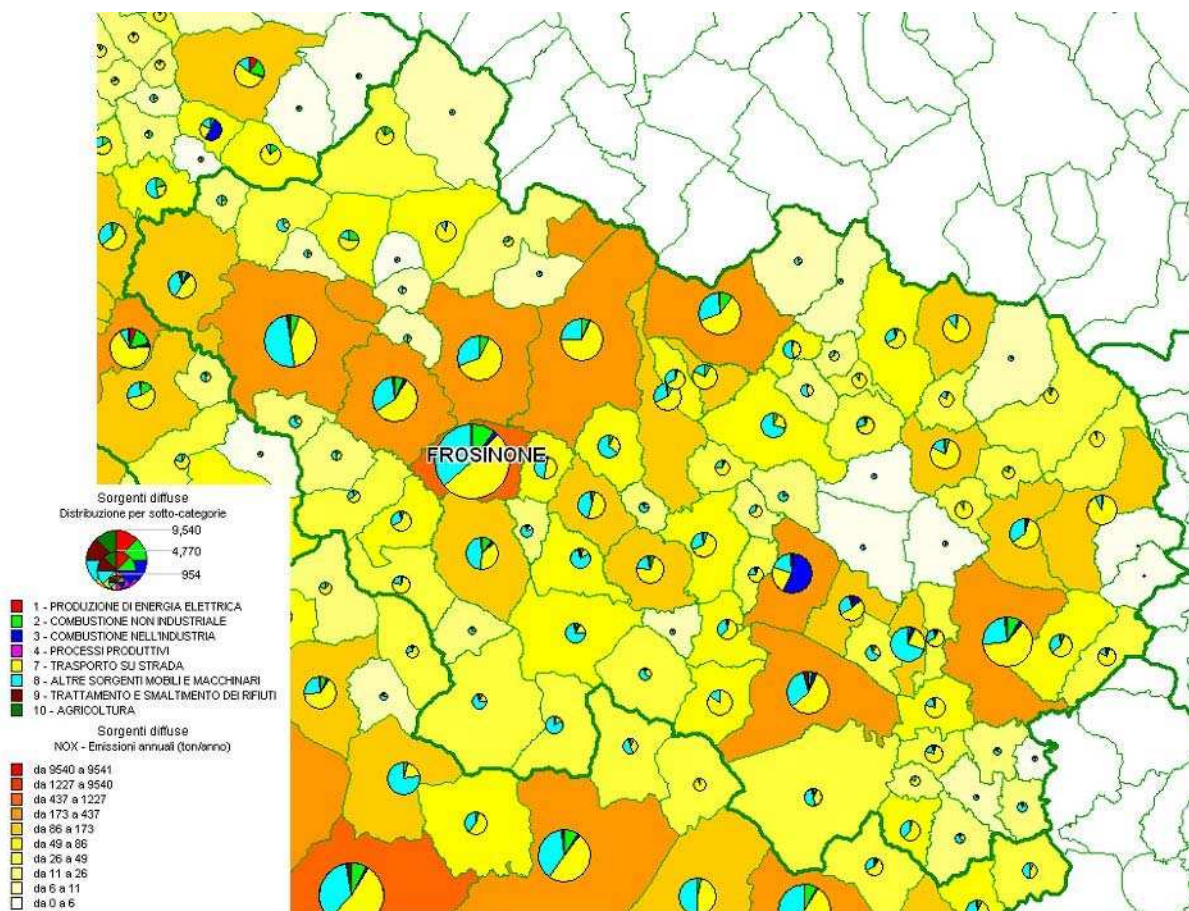


Figura 2.8 – Contributo dei macrosettori alle emissioni di NOx della provincia di Frosinone.

### Biossido di zolfo

Le emissioni di biossido di zolfo (gas incolore dall'odore acre) provengono per la maggior parte dalla combustione di carbone o di altri combustibili contenenti zolfo usati per il riscaldamento civile o per la produzione industriale. Dall'inizio degli anni '90 si è assistito ad un continuo decremento delle emissioni di questo inquinante grazie all'adozione di combustibili più puliti ed alla installazione di desolforatori agli impianti alimentati a carbone.

In Figura 2.9 sono riportate le emissioni diffuse di SO<sub>2</sub> con i relativi contributi percentuali; dalla figura si evince come per la maggior parte dei comuni gli apporti principali siano legati alle attività industriali (di combustione e/o di produzione) mentre in alcuni casi particolari le emissioni di biossido di zolfo provengano quasi esclusivamente da un settore, come le attività di trasporto navale nel comune di Civitavecchia.

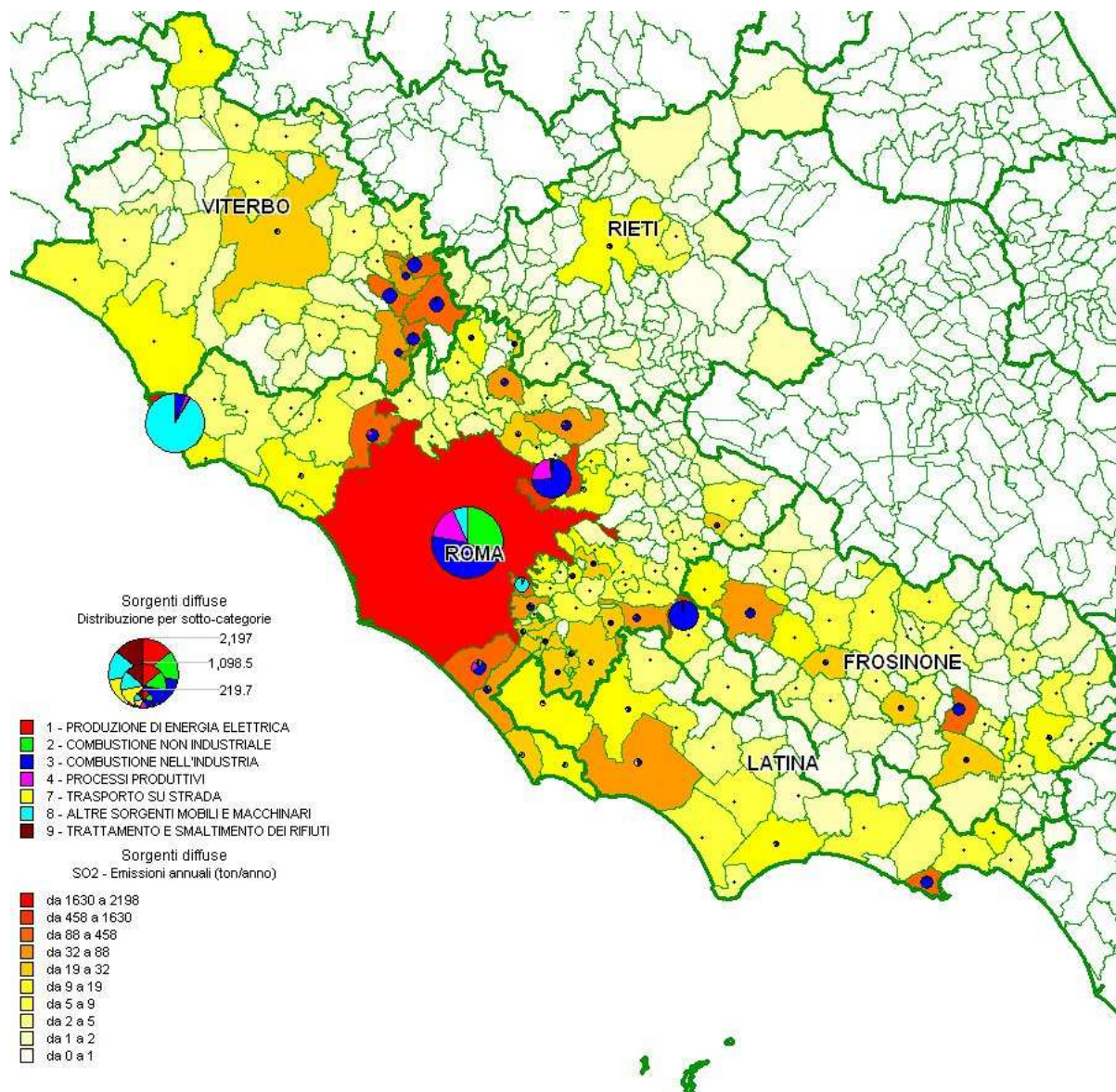


Figura 2.9 – Emissioni diffuse di SO<sub>2</sub> della regione Lazio (tenuto conto dell'assenza della parte di traffico urbano del comune di Roma).

### Particolato

In Figura 2.10 ed in Figura 2.11 sono riportate le emissioni di particolato ultrafine (PM<sub>2.5</sub>, ovvero con diametro delle particelle inferiore a 2.5µm) espresse, rispettivamente, come valori assoluti riferiti ai comuni e grigliate in base all'utilizzo del suolo dell'area in esame; questo inquinante, e più in generale il PM<sub>10</sub>, ha un'origine piuttosto varia, dalla risospensione (per le particelle più grossolane), alla combustione (soprattutto per quanto riguarda la frazione più fine).

Le particelle più fini sono in grado di veicolare sulla loro superficie metalli pesanti e molecole complesse di idrocarburi, e per questo motivo la loro nocività risulta essere molto variabile.



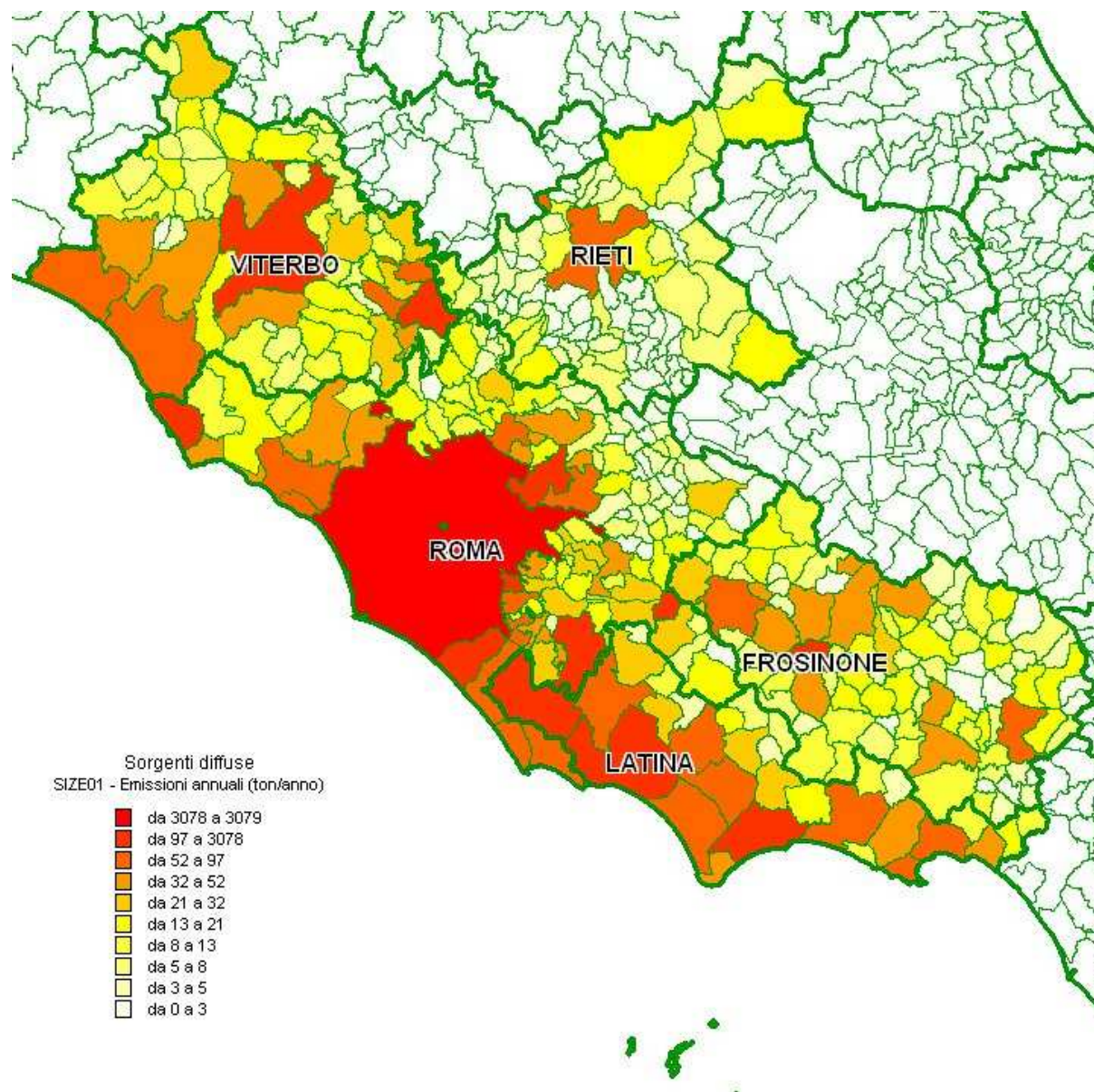


Figura 2.10 – Emissioni diffuse di  $PM_{2.5}$  della regione Lazio (tenuto conto dell'assenza della parte di traffico urbano del comune di Roma).

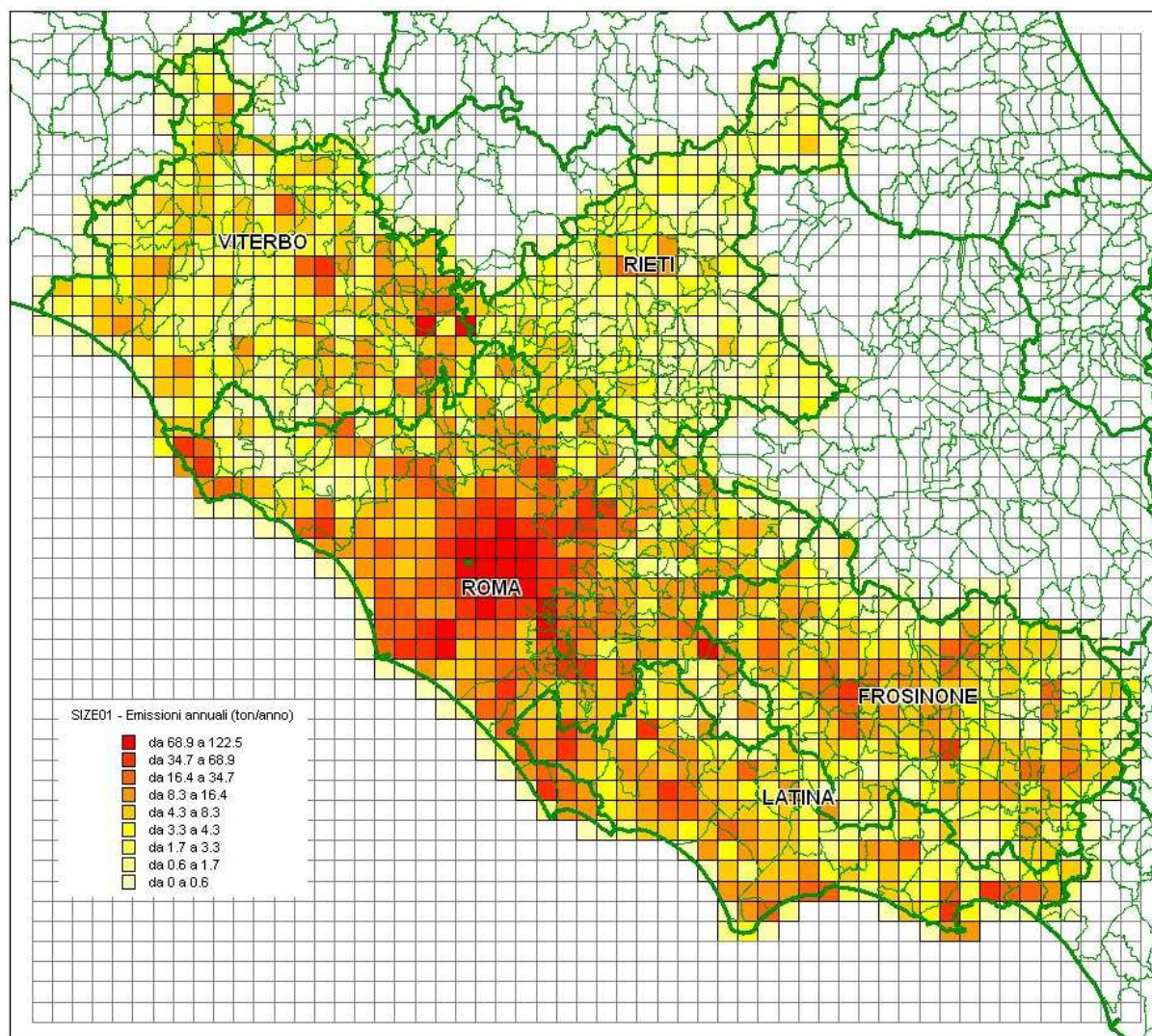


Figura 2.11 – Emissioni grigliate da sorgenti diffuse di  $PM_{2.5}$  della regione Lazio (tenuto conto dell'assenza della parte di traffico urbano del comune di Roma).

Nella regione Lazio il contributo percentuale dei diversi macrosettori risulta essere lievemente modificato rispetto a quanto potremmo aspettarci da quanto è stato finora detto, come conseguenza delle operazioni di aggiornamento e correzione effettuate sul database dell'inventario nazionale.

Le emissioni legate al macrosettore 2 (combustione non industriale, cioè il riscaldamento civile) assumono, infatti, nel caso in esame un'importanza notevole proprio grazie all'aumento del consumo di legna considerato per la stima delle emissioni; in Figura 2.12 sono riportati i contributi percentuali dei diversi macrosettori alle emissioni totali di  $PM_{10}$ , suddivisi in base alla provincia.



Pur tenendo conto dell'assenza del traffico urbano della città di Roma si osserva come, nel complesso, l'apporto del traffico si attesti intorno al 20% in tutte le province, con l'eccezione di Viterbo dove è un poco inferiore (intorno al 13%); la parte di PM<sub>10</sub> prodotta dal riscaldamento civile rappresenta invece una quota che va dal 20 al 30% del totale per raggiungere circa la metà delle emissioni totali nel caso della provincia di Roma. Le cause dei contributi lievemente inferiori dei macrosettori 2 e 7 per la provincia di Viterbo sono da ascrivere alla presenza più marcata di un inquinamento da sorgenti industriali diffuse sul territorio, che forniscono nel loro complesso circa ¼ delle emissioni diffuse totali di PM<sub>10</sub>.

Ma ciò che rappresenta l'effettiva novità, e dunque un valore aggiunto alla stima delle emissioni di articolato, è dato da quell'insieme di attività qui descritto nel suo complesso come "Altro PM<sub>10</sub>"; sotto questa dicitura sono state raccolte le emissioni di PM<sub>10</sub> non considerate all'interno dell'inventario nazionale ma la cui esistenza è stata ormai acclarata da numerosi studi. Queste emissioni, prodotte da movimentazione di materie prime, attività di cantiere, BBQ, fumo di sigaretta e fuochi artificiali, rappresentano nel complesso poco più del 10% delle emissioni totali di PM<sub>10</sub>, e tale contributo è omogeneo in tutte le province con l'unica eccezione rappresentata dai comuni della provincia di Viterbo.

Il contributo del 15% dato dagli altri trasporti non stradali alle emissioni regionali di PM<sub>10</sub> si distribuisce nelle varie province così come è mostrato in Figura 2.12.

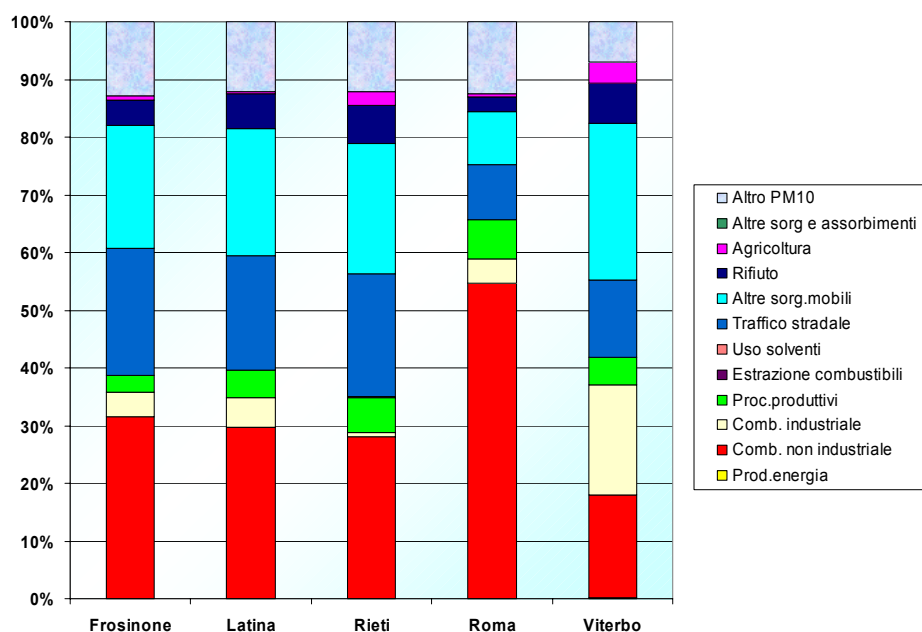


Figura 2.12 – Contributo dei macrosettori alle emissioni di PM<sub>10</sub> della regione Lazio suddivisi per singola provincia (tenuto conto dell'assenza della parte di traffico urbano del comune di Roma).

### Composti organici volatili non metanici

Per quanto riguarda i composti organici volatili non metanici (NMVOC), importanti precursori dell'ozono per meccanismi di ossidazione fotochimica (fenomeno dominante in estate), le emissioni maggiori risultano a carico del traffico veicolare, dell'industria e dell'uso dei solventi, dell'agricoltura e dell'estrazione e distribuzione dei combustibili fossili.

In Figura 2.13 sono riportate le emissioni assolute originate da sorgenti diffuse nel territorio della regione Lazio; poiché la spazializzazione dei composti organici volatili non metanici segue per la maggior parte quella della popolazione (uso di solventi, traffico veicolare, riscaldamento) si osserva come le maggiori emissioni siano relative ai maggiori centri urbani o a quelle aree in cui sono concentrate attività particolari legate ai porti (nel comune di Civitavecchia oltre l'80% delle emissioni sono prodotte dall'attività navali).

Le emissioni di NMVOC legate alle sorgenti naturali sono preponderanti solo in quei comuni in cui le emissioni totali di tali composti sono piuttosto basse.

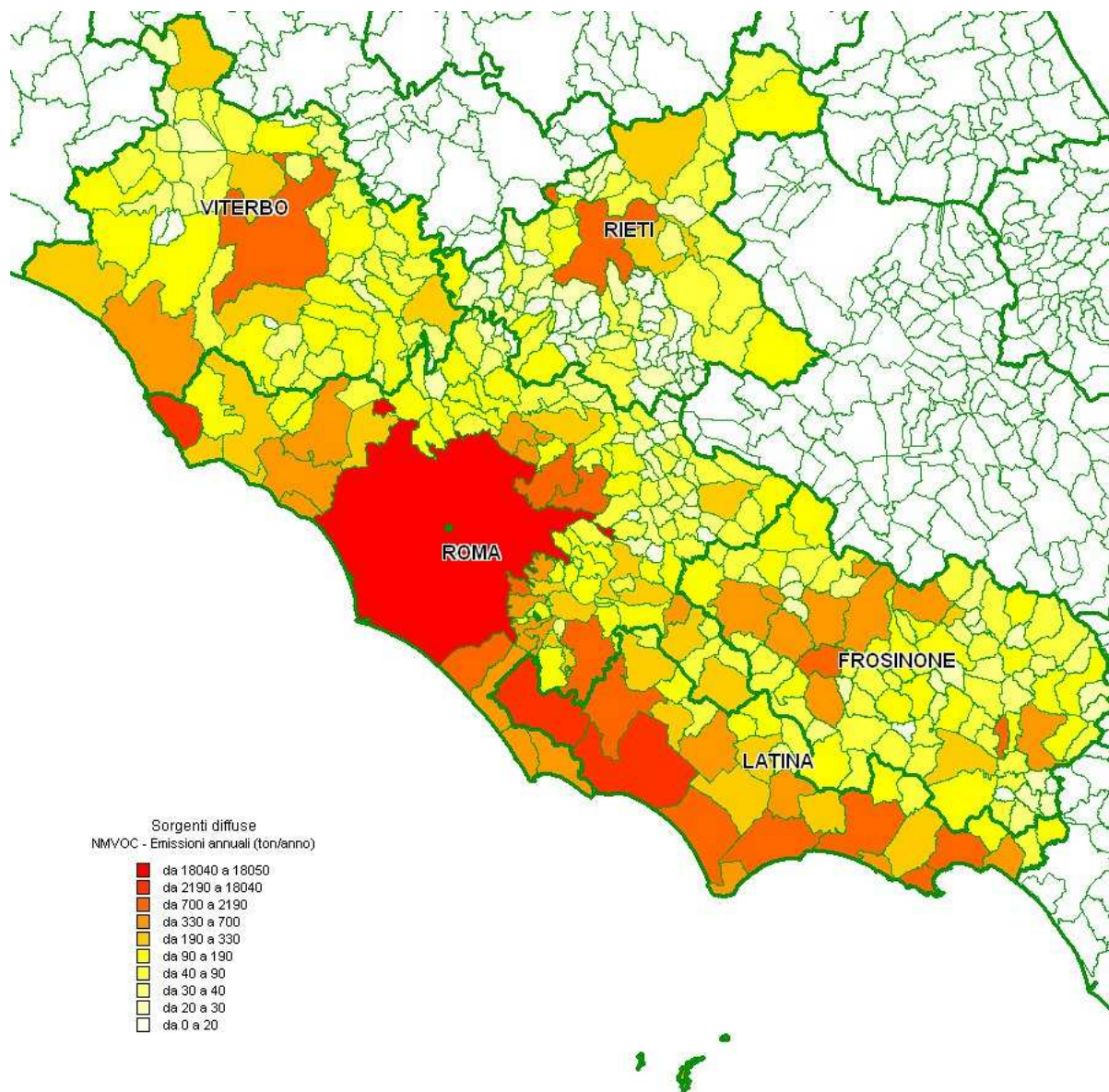


Figura 2.13 – Emissioni diffuse di NMVOC della regione Lazio (tenuto conto dell'assenza della parte di traffico urbano del comune di Roma).

### 2.1.2 Emissioni puntuali

Le emissioni provenienti dalle sorgenti puntuali sono state ricavate dal censimento effettuato da ARPA Lazio e sono raccolte in Tabella 2.2. In particolare dall'indagine condotta da ARPA Lazio si sono resi disponibili dati di maggior dettaglio di impianti industriali di una certa importanza che nell'inventario APAT 2000 erano stati inclusi nelle sorgenti diffuse.

Per meglio simulare il contributo di tali impianti si è dunque deciso di considerare tali sorgenti come puntuali e di sottrarre le emissioni ad esse associate dall'inventario relativo alle emissioni diffuse.

|                                      | CO           | NMVOC        | NH <sub>3</sub> | NO <sub>x</sub> | PM <sub>10</sub> | SO <sub>2</sub> |
|--------------------------------------|--------------|--------------|-----------------|-----------------|------------------|-----------------|
| 1) Combustione - Energia             | 971          | 999          | -               | 12.190          | 1.539            | 21.166          |
| 3) Combustione nell'industria        | 1.245        | -            | -               | 7.825           | 199              | 1.175           |
| 4) Processi produttivi               | 52           | 48           | -               | 1.713           | 93               | 552             |
| 6) Uso di solventi e altri prodotti  | 7            | 876          | 1               | 19              | 27               | 48              |
| 9) Trattamento e smaltimento rifiuti | 5            | -            | -               | 11              | -                | 9               |
| <b>TOTALE</b>                        | <b>2.280</b> | <b>1.923</b> | <b>1</b>        | <b>21.758</b>   | <b>1.858</b>     | <b>22.950</b>   |

Tabella 2.2 – Emissioni puntuali(t/anno) della Regione Lazio considerate nello studio.

I dati relativi alle sorgenti puntuali derivano dall'integrazione delle informazioni derivanti da differenti fonti in grado di fornire, ove possibile, i valori delle emissioni di ogni impianto e le caratteristiche dei singoli camini necessarie per una 'realistica' simulazione dei processi fisico/chimici cui sono soggette le sostanze inquinanti in atmosfera.

La maggior parte delle informazioni relative alle sorgenti puntuali sono state raccolte dall'esame delle schede delle analisi chimiche che vengono effettuate ogni anno sugli impianti, nelle quali sono generalmente contenute, per ogni camino, alcune delle seguenti caratteristiche:

- altezza del punto di emissione (m);
- diametro (o sezione) del punto di emissione (m);
- velocità di uscita dei fumi dal camino (m/s);
- temperatura di uscita dei fumi dal camino (°C);
- numero di ore/anno totali di emissione;
- portata del camino (Nm<sup>3</sup>/h);
- concentrazione di ciascun inquinante emesso (mg/Nm<sup>3</sup>);
- flusso di massa di ciascun inquinante emesso (g/h);
- attività del camino.

La completezza di queste informazioni assume particolare importanza se si considera che lo scopo di questa sezione non è la redazione di un inventario delle emissioni delle sorgenti puntuali ma l'acquisizione delle informazioni utili (e talvolta necessarie) attraverso le quali il modello di calcolo produce una stima delle concentrazioni degli inquinanti al suolo dopo averle integrate con le emissioni considerate 'diffuse' e quelle derivanti dal "traffico stradale".

Le informazioni ricavate dalle analisi chimiche sono state successivamente integrate:

- con i valori di emissioni contenute nel Registro INES (Inventario Nazionale delle Emissioni e loro Sorgenti) disponibili sul web al seguente indirizzo:  
[http://www.eper.sinanet.apat.it/site/it-IT/Registro\\_INES/Ricerca\\_per\\_complesso\\_industriale/](http://www.eper.sinanet.apat.it/site/it-IT/Registro_INES/Ricerca_per_complesso_industriale/)
- con le informazioni disponibili nell'inventario APAT 2000.

Le informazioni effettivamente mancanti sono state integrate ai dati esistenti (o calcolati) nella fase di 'processing' mediante il modulo 'Emission Manager' (descritto nella sezione dedicata ai modelli) che è in grado di attribuire ad ogni camino di un singolo impianto delle caratteristiche geometriche e/o fisiche 'standard' (ad esempio le dimensioni del camino, la velocità e la temperatura di uscita dei fumi) in funzione dell'attività relativa al punto di emissione stesso.

Di seguito è riportato l'elenco degli impianti che sono stati utilizzati come sorgenti puntuali nel modello di dispersione.

| Prov.     | Impianto              | Attività  |
|-----------|-----------------------|---|
| Frosinone | A.C.S.                | Materiali per interni di autovetture e carrozze ferroviarie |
|           | ACS Dobfar            | Prodotti chimici industriali                                |
|           | Agusta                | Produzione di strutture in materiale composito              |
|           | Alcart                | Produzione di carte da imballaggio alimentare               |
|           | Cartiera di Cassino   | Produzione carta  |
|           | Cartiera di Guarcino. | Produzione carta  |
|           | Cartiera F. Cerrone   | Produzione carta  |
|           | Cartiera S.Martino    | Produzione carta  |
|           | Cartiere Burgo        | Produzione carta  |
|           | Chemi                 | Prodotti chimici  |
|           | EALL                  | Termovalorizzatore  |
|           | Eurozinco             | Zincatura   |
|           | Fenice                | Produzione materiali per autovetture                        |
|           | Henkel                | Manifat. prodotti detergenti                                |
|           | Huntsman              | Prodotti chimici  |
|           | Industrie PICA        | Produzione laterizi   |
|           | Klopman               | Produzione tessuti e stoffe                                 |
|           | Marangoni Tread       | Produzione gomma  |
|           | Marangoni Tyre        | Produzione gomma  |
|           | Ori Martin            | Produzione acciaio  |
|           | Ramacolor             | Produzione smalti e pigmenti per l'industria ceramica       |
|           | Reno de Medici        | Produzione cartoncino                                       |
|           | S.G.Plastica          | Fabbricazione di parti ed accessori per autoveicoli         |
|           | Serene                | Produzione di energia elettrica                             |
|           | Sud Europa Tissue     | Produzione carta  |
|           | Viscolube             | Produzione oli minerali                                     |
| Latina    | Abbott                | Produzione farmaceutica                                     |
|           | AVIR                  | Fabbricazione vetro   |
|           | Beton Black           | Produzione conglomerati bituminosi                          |
|           | Bristol Myers Squibb  | Produzione farmaceutica                                     |
|           | Calce S.Pellegrino    | Produzione calce  |



| Prov.   | Impianto                     | Attività                                     |
|---------|------------------------------|--|
|         | Evotape                      | Produzione nastri da imballo                 |
|         | Janssen                      | Produzione farmaceutica                      |
|         | PaOil                        | Produzione oli vegetali                      |
|         | Selecta Italia               | Impianti elettrici                           |
| Rieti   | Bembergcell                  | Produzione di fibre sintetiche e artificiali |
| Roma    | Aceaelectrabel               | Produzione di energia elettrica              |
|         | Alitalia                     | Hangar aeroporti                             |
|         | Buzzi Unicem                 | Produzione di cemento                        |
|         | Calcestruzzi Tor S.Lorenzo   | Produzione e vendita calcestruzzi            |
|         | Centro Grassi Ariccia        | Lav. sottoprod. macellazione                 |
|         | Colacem                      | Produzione cemento                           |
|         | E.Giovi discarica            | Raccolta e smaltimento di rifiuti solidi     |
|         | Engelhard                    | Industria chimica-metalli preziosi           |
|         | Fornaci D.C.B. Branella      | produzione prodotti per l'edilizia           |
|         | International Paper          | Produzione carta                             |
|         | Italcementi                  | Cementeria                                   |
|         | Mirimix                      | Produzione conglomerati bituminosi           |
|         | Montemartini                 | Produzione di energia elettrica              |
|         | Pavimental                   | Costruzioni stradali                         |
|         | Procter & Gamble Italia      | Prod. detersivi sintetici                    |
|         | Raffineria di Roma           | Produzione di prodotti petroliferi raffinati |
|         | Torrevaldaliga nord          | Produzione di energia elettrica              |
|         | Torrevaldaliga sud           | Produzione di energia elettrica              |
|         | Trelleborg Weels             | Produzione pneumatici                        |
| Viterbo | Antica Ceramica Vitruvit     | Produzione sanitari bagno in ceramica        |
|         | Art Ceram                    | Produzione lavabi                            |
|         | Ce.Pa                        | Produzione ceramiche                         |
|         | Cementificio di Montalto SpA | Produzione cemento                           |
|         | Centro Laterizi Nazionale    | Produzione laterizi                          |
|         | Ceramica Althea              | Produzione ceramiche                         |
|         | Ceramica Catalano            | Produzione ceramiche                         |
|         | Ceramica Esedra              | Produzione ceramiche                         |
|         | Ceramica Flaminia            | Produzione ceramiche                         |
|         | Ceramica Verose              | Produzione ceramiche                         |
|         | Ceramiche Arkon              | Produzione ceramiche                         |
|         | Ceramiche Freesia            | Produzione ceramiche                         |
|         | CO.BI.VIT                    | Produzione conglomerati bituminosi           |
|         | Ecologia Viterbo             | Raccolta e smaltimento di rifiuti solidi     |
|         | Il Borgo                     | Produzione ceramiche                         |
|         | La Fornace                   | Produzione sanitari ceramici                 |
|         | Enel-Montalto                | Produzione di energia elettrica              |
|         | SNAM rete Gas                | Produzione gas                               |
|         | Unopiù                       | Produzione arredi da esterno                 |
|         | Valdama                      | Produzione ceramiche                         |

Tabella 2.3 – Sorgenti puntuali individuate nel territorio regionale.

Complessivamente le 75 sorgenti puntuali sono suddivise, a livello provinciale, secondo il seguente schema:

- Frosinone - 26 impianti;
- Latina - 9 impianti;
- Rieti - 1 impianto;
- Roma - 19 impianti;
- Viterbo - 20 impianti.

In figura 2.14 sono mostrate le sorgenti puntuali considerate nello studio con le rispettive emissioni di ossidi di azoto. Per quanto riguarda gli altri inquinanti, le emissioni di biossido di zolfo sono per lo più prodotte dalle centrali termoelettriche (ENEL di Torvaldaliga Nord e Montalto di Castro, e, in minor percentuale, di Torvaldaliga Sud della Tirreno Power) e dalla Raffineria di Roma - che contribuisce con il maggior quantitativo di composti organici volatili (975 t/anno).

La centrale ENEL di Torvaldaliga Nord costituisce infine la sorgente prevalente di particolato con emissioni annue pari a 1300 tonnellate.

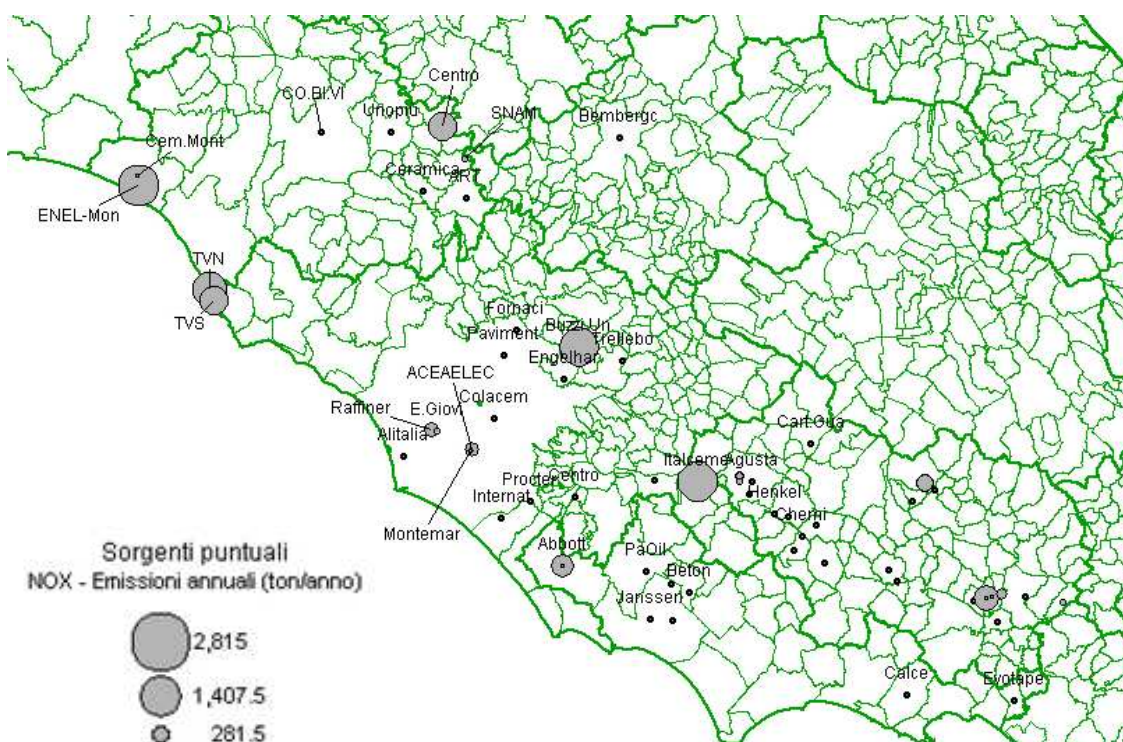


Figura 2.14 – Sorgenti puntuali considerate nello studio.

Le informazioni riguardano 75 impianti ma sono molti meno a rappresentare la maggior parte delle emissioni. Per quanto riguarda l'NO<sub>x</sub> il 96% delle emissioni sono rappresentate da 15 impianti (figura 2.15), in cui il maggior contributo è dato dalla centrale di Torvaldaliga Nord con 5200 t/anno.

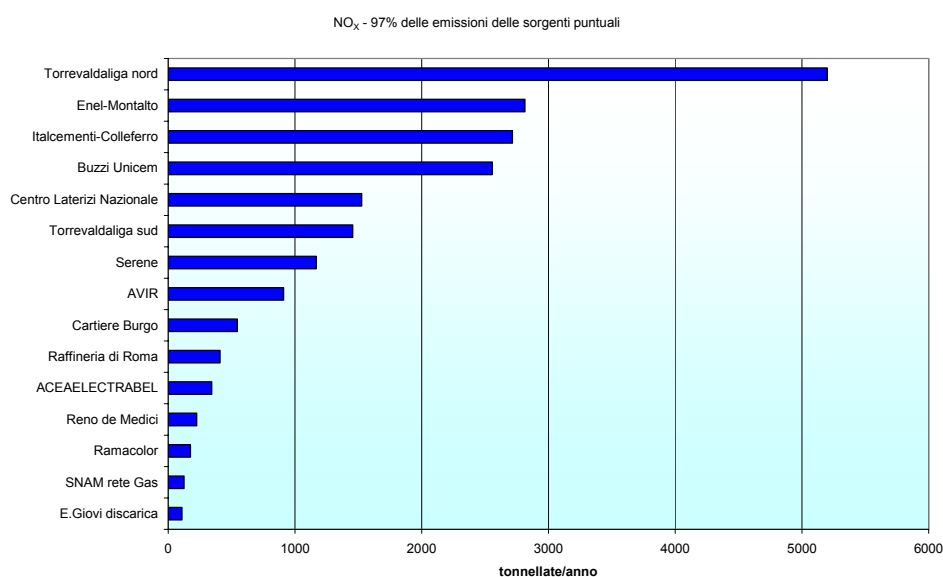


Figura 2.15 –Emissioni di NO<sub>x</sub> rappresentative del 96% del totale.

Relativamente al PM<sub>10</sub>, la centrale ENEL di Torvaldaliga Nord, con 1300 t/anno, rappresenta da sola il 70% delle emissioni delle sorgenti puntuali mentre i 10 impianti riportati in figura 2.16 contribuiscono per il 96% delle emissioni totali di particolato fine.

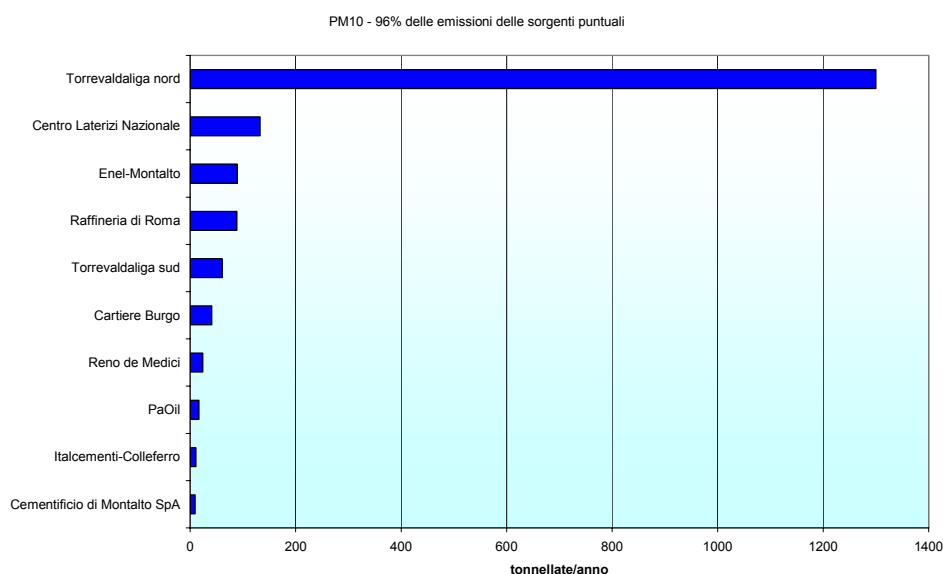


Figura 2.16 –Emissioni di PM<sub>10</sub> rappresentative del 96% del totale.

La frazione più ‘grossolana’ (dimensione delle particelle inferiore a 30 µm) di particolato atmosferico è distribuita secondo quanto mostrato in figura 2.17, in cui il maggior contributo è dato dalla Raffineria di Roma (53% del totale).

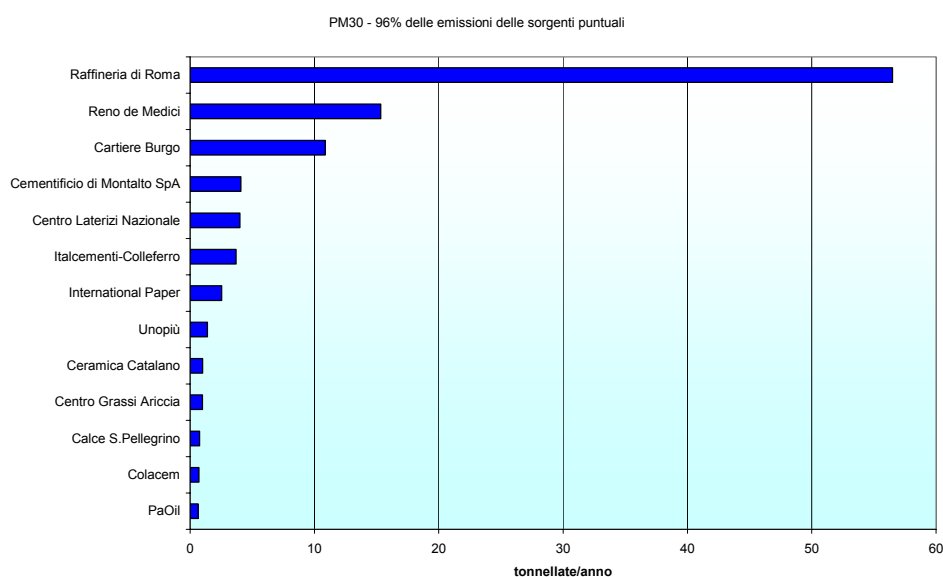


Figura 2.17 –Emissioni di PM<sub>30</sub> rappresentative del 96% del totale.

Nelle figure 2.18 e 2.19 sono mostrati i contributi più consistenti delle emissioni di biossido di zolfo e NMVOC (Composti Organici Volatili Non Metanici).

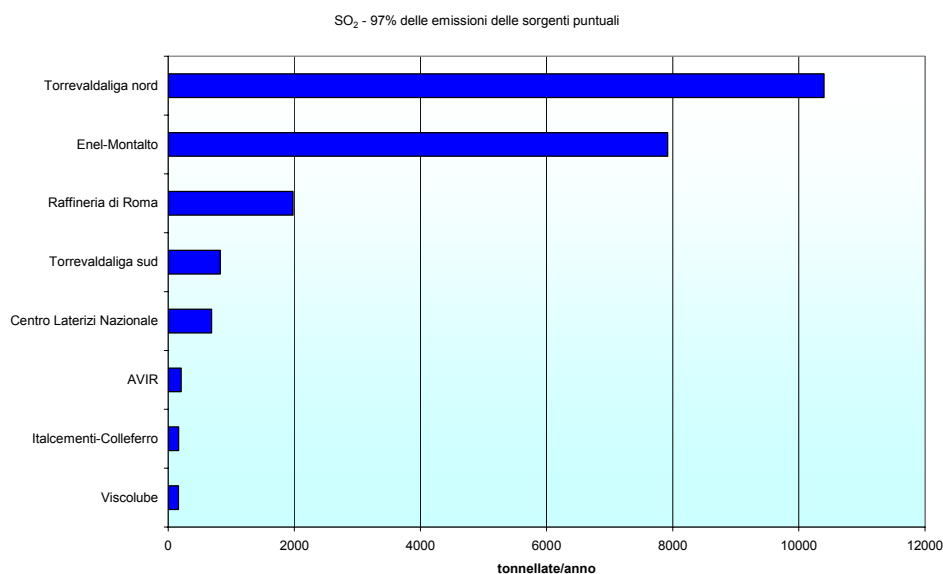


Figura 2.18 –Emissioni di SO<sub>2</sub> rappresentative del 97% del totale.

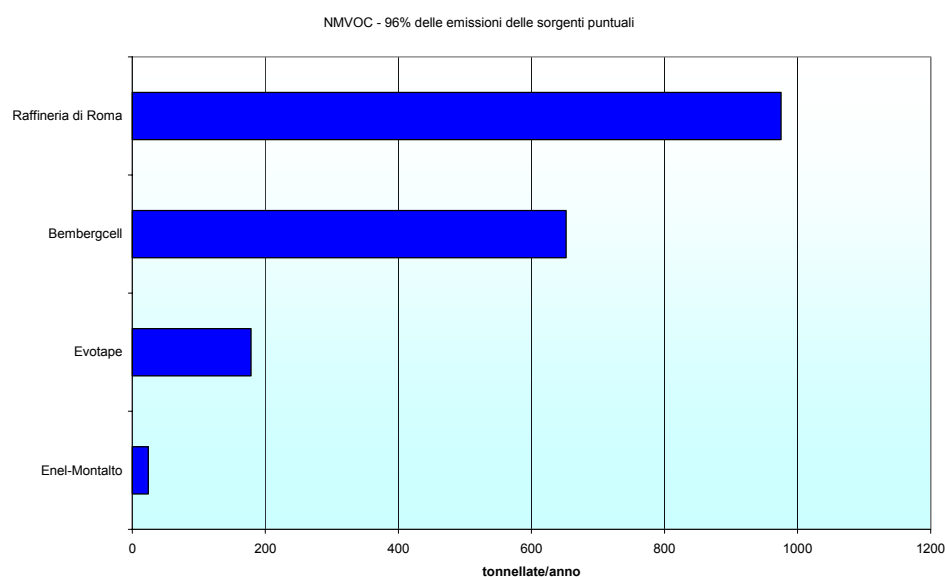


Figura 2.19 –Emissioni di NMVOC rappresentative del 96% del totale.

In tabella 2.4 sono mostrati i valori, in tonnellate/anno, delle emissioni rilevate da ogni singolo impianto puntuale considerato nella simulazione modellistica.

| Provincia | Impianto                         | NO <sub>x</sub> | SO <sub>2</sub> | PM <sub>10</sub> | NMVOC | CO     | NH <sub>3</sub> |
|-----------|----------------------------------|-----------------|-----------------|------------------|-------|--------|-----------------|
| Frosinone | A.C.S.                           | 2.12            |                 | 0.36             | 10.92 |        |                 |
|           | ACS DOBFAR                       | 77.47           | 0.26            |                  |       | 13.97  |                 |
|           | Agusta                           | 0.89            |                 | 0.11             | 0.18  |        |                 |
|           | Alcart                           | 5.11            | 10.80           | 0.73             |       |        |                 |
|           | Cartiera di Cassino              | 91.10           |                 |                  |       | 86.72  |                 |
|           | Cartiera di Guarcino             | 19.22           | 0.13            | 7.06             |       | 4.66   |                 |
|           | Cartiera Francescantonio Cerrone |                 |                 | 4.25             |       |        |                 |
|           | Cartiera S.Martino               | 1.28            | 0.15            | 0.12             |       | 0.77   |                 |
|           | Cartiere Burgo                   | 545.75          | 7.63            | 40.86            |       | 250.73 |                 |
|           | Chemi                            | 3.92            |                 | 0.02             | 0.06  |        |                 |
|           | EALL                             | 100.74          | 1.23            | 1.01             |       |        |                 |
|           | Eurozinco                        | 5.54            |                 | 0.10             |       |        |                 |
|           | Fenice                           | 3.16            |                 | 5.92             |       | 0.69   |                 |
|           | Henkel                           | 1.40            | 1.63            | 0.91             | 1.66  |        |                 |
|           | Huntsman                         | 6.46            | 46.08           |                  |       | 2.16   |                 |
|           | Industrie PICA                   | 8.78            |                 | 0.20             |       |        |                 |
|           | Klopman                          | 15.00           | 0.31            | 3.77             | 0.33  | 10.17  | 0.12            |
|           | Marangoni Tread                  | 11.45           |                 |                  |       | 8.96   |                 |
|           | Marangoni Tyre                   | 20.16           |                 | 4.43             | 14.81 | 3.21   |                 |
|           | Ori Martin                       | 2.57            |                 |                  |       | 2.57   |                 |
|           | Ramacolor                        | 176.58          |                 | 6.58             |       |        |                 |
|           | Reno de Medici                   | 225.71          |                 | 23.77            |       | 33.57  |                 |
|           | S.G.Plastica                     | 0.01            |                 |                  | 3.01  | 0.28   |                 |
|           | Serene                           | 1168.58         |                 |                  |       | 111.25 |                 |
|           | Sud Europa Tissue                | 0.07            |                 | 0.27             |       |        |                 |

|                |                                     |         |          |         |        |        |      |
|----------------|-------------------------------------|---------|----------|---------|--------|--------|------|
|                | <i>Viscolube</i>                    | 6.63    | 163.71   | 1.62    |        |        |      |
| <i>Latina</i>  | <i>Abbott</i>                       | 30.89   | 13.51    | 2.04    | 16.10  | 23.17  |      |
|                | <i>Avir</i>                         | 911.00  | 207.00   |         |        |        |      |
|                | <i>Beton Black</i>                  | 11.49   |          | 0.54    |        | 54.76  |      |
|                | <i>Bristol Myers Squibb</i>         | 7.55    | 0.07     | 0.15    | 9.53   | 2.84   | 0.54 |
|                | <i>Calce S.Pellegrino</i>           | 7.11    | 6.15     | 2.29    | 0.12   |        |      |
|                | <i>Evotape</i>                      | 4.23    |          | 0.18    | 178.29 |        | 0.09 |
|                | <i>Janssen</i>                      |         |          | 0.13    |        |        |      |
|                | <i>PaOil</i>                        | 15.00   | 0.01     | 16.57   |        |        |      |
|                | <i>Selecta Italia</i>               | 4.74    | 4.73     | 0.36    |        | 0.25   |      |
| <i>Rieti</i>   | <i>Bembergcell</i>                  |         |          |         | 652.00 |        |      |
| <i>Roma</i>    | <i>ACEAELECTRABEL</i>               | 344.00  |          |         |        | 27.15  |      |
|                | <i>Alitalia</i>                     |         |          | 0.97    | 10.78  |        |      |
|                | <i>Buzzi Unicem</i>                 | 2557.00 |          |         |        |        |      |
|                | <i>Calcestruzzi Tor S.Lorenzo</i>   | 1.66    | 0.28     | 0.29    |        |        |      |
|                | <i>Centro Grassi Ariccia</i>        | 11.13   | 8.97     | 0.42    | 0.04   | 4.85   |      |
|                | <i>Colacem</i>                      | 17.36   | 59.02    | 2.29    |        | 1.74   |      |
|                | <i>E.Giovi discarica</i>            | 110.00  |          |         |        |        |      |
|                | <i>Engelhard</i>                    | 1.48    | 0.02     | 0.25    | 0.09   | 1.81   |      |
|                | <i>Fornaci D.C.B. Branella</i>      | 15.04   | 56.70    | 1.71    | 0.41   | 23.48  |      |
|                | <i>International Paper</i>          | 14.70   | 49.98    | 5.34    | 1.13   | 2.94   |      |
|                | <i>Italcementi-colleferro</i>       | 2715.80 | 168.05   | 10.91   |        | 885.70 |      |
|                | <i>Miri mix</i>                     | 13.00   | 44.10    | 0.51    |        | 6.49   |      |
|                | <i>Montemartini</i>                 | 61.00   | 0.16     | 0.24    |        | 0.73   |      |
|                | <i>Pavimental</i>                   | 6.14    | 0.12     | 1.16    |        | 4.72   |      |
|                | <i>Procter &amp; Gamble Italia</i>  | 7.29    |          | 3.84    |        | 0.49   |      |
|                | <i>Raffineria di Roma</i>           | 409.00  | 1981.00  | 88.38   | 975.00 |        |      |
|                | <i>Torrevaldaliga nord</i>          | 5200.00 | 10400.00 | 1300.00 |        |        |      |
|                | <i>Torrevaldaliga sud</i>           | 1457.10 | 825.90   | 60.60   |        | 386.00 |      |
|                | <i>Trelleborg Weels</i>             | 32.79   | 18.57    | 1.21    | 0.51   | 1.28   |      |
| <i>Viterbo</i> | <i>Antica Ceramica Vitruvit</i>     | 0.18    | 49.88    | 4.34    |        |        |      |
|                | <i>Art Ceram</i>                    | 4.55    | 7.04     | 0.65    |        |        |      |
|                | <i>Ce.Pa</i>                        | 0.15    | 0.15     | 0.21    |        |        |      |
|                | <i>Cementificio di Montalto SpA</i> |         |          | 9.51    |        |        |      |
|                | <i>Centro Laterizi Nazionale</i>    | 1527.39 | 688.20   | 132.71  |        |        |      |
|                | <i>Ceramica Althea</i>              | 39.21   | 98.03    | 1.59    |        |        |      |
|                | <i>Ceramica Catalano</i>            | 7.00    | 14.92    | 3.74    |        |        |      |
|                | <i>Ceramica Esedra</i>              | 3.45    | 11.50    | 0.95    |        |        |      |
|                | <i>Ceramica Flaminia</i>            | 2.74    |          | 0.05    |        |        |      |
|                | <i>Ceramica Verose</i>              | 0.58    |          | 0.01    |        |        |      |
|                | <i>Ceramiche Arkon</i>              | 0.25    |          | 0.05    |        |        |      |
|                | <i>Ceramiche Freesia</i>            | 0.04    |          | 0.05    |        |        |      |
|                | <i>CO.BI.VIT</i>                    | 3.51    | 14.04    | 0.34    | 0.15   |        |      |
|                | <i>Ecologia Viterbo</i>             |         |          |         |        |        |      |
|                | <i>Il Borgo</i>                     | 0.30    | 0.04     | 0.04    |        |        |      |
|                | <i>La Fornace</i>                   |         |          | 0.04    |        |        |      |
|                | <i>Enel-Montalto</i>                | 2815.00 | 7920.00  | 89.00   | 24.10  | 196.00 |      |
|                | <i>SNAM rete Gas</i>                | 125.50  | 37.65    |         |        | 125.50 |      |

|  |                |      |       |      |  |  |
|--|----------------|------|-------|------|--|--|
|  | <i>Unopiù</i>  |      |       | 2.16 |  |  |
|  | <i>Valdama</i> | 0.84 | 18.93 | 0.06 |  |  |

Tabella 2.4 – Emissioni (t/a) delle sorgenti puntuali individuate nel territorio regionale.

### 2.1.3 Emissioni associate al traffico veicolare - Metodologia

Il macrosettore traffico costituisce, nell'area metropolitana romana, la sorgente emissiva al suolo di maggior importanza, necessita quindi di un trattamento adeguato. La disponibilità di dati di traffico di particolare dettaglio sulla città di Roma suggerisce l'utilizzo della seguente metodologia per il trattamento delle diverse componenti durante i periodi considerati:

- il calcolo delle emissioni relative al traffico autostradale è stato effettuato, utilizzando il codice TREFIC, a partire dai dati di flusso veicolare giornaliero medio riportati da AISCAT;
- le emissioni associate al traffico extraurbano sono state dedotte dall'inventario nazionale ed aggiornate al 2005 e al 2010, come effettuato per le altre emissioni;
- le emissioni relative al traffico urbano sono state trattate utilizzando due diverse fonti di dati:
  - per la città di Roma è stato utilizzato il grafo fornito da ATAC, per la parte geografica e per il database dei flussi di traffico ricostruiti con modellistica di assegnazione, come input per il calcolo dettagliato delle emissioni associate, mediante l'utilizzo del codice TREFIC;
  - per tutti gli altri comuni sono stati usati i valori dell'inventario nazionale (dopo la sottrazione relativa al contributo del comune di Roma), spazializzati sulle aree urbane di pertinenza mediante l'utilizzo di idonee variabili surrogate.

Il calcolo delle emissioni da traffico, per la parte relativa alle autostrade e al grafo urbano del comune di Roma, è stato effettuato utilizzando il codice TREFIC, che implementa la metodologia europea COPERT III per la stima dei fattori di emissione dei veicoli stradali (Ntziachristos e Samaras, 2000). Per l'inquinante PM<sub>10</sub> invece TREFIC adotta dei fattori di emissione più aggiornati, comprendenti i termini relativi alla combustione (motori sia benzina che diesel) ed alle abrasioni di pneumatici, freni e manto stradale formulati nell'ambito del progetto RAINS-Europe (IIASA, 2004).

L'input del programma TREFIC è costituito dai flussi di traffico e dalla velocità medie di percorrenza sulle strade considerate, specificati per quattro macrocategorie di veicoli (motocicli, autovetture, veicoli commerciali leggeri e pesanti). Inoltre, è necessario specificare la distribuzione dei veicoli circolanti all'interno di ogni macrocategoria, in termini di classi COPERT, distinte per alimentazione, cilindrata, portata (nel caso dei veicoli commerciali) e direttiva europea di riferimento per quanto riguarda il rispetto dei limiti alle emissioni; la distinta delle classi COPERT è presentata nella seguente tabella.

| Vehicle Category     | Class               | Legislation   | Vehicle Category    | Class  | Legislation   |
|----------------------|---------------------|---|---------------------|--|---|
| Passenger Cars       | Gasoline <1,4l      | PRE ECE<br>ECE 15/00-01<br>ECE 15/02<br>ECE 15/03<br>ECE 15/04<br>Improved Conv.<br>Open Loop<br>Euro I - 91/441/EEC<br>Euro II - 94/12/EC<br>Euro III - 98/69/EC Stage 2000<br>Euro IV - 98/69/EC Stage 2005 | Light Duty Vehicles | Diesel <3,5t   | Conventional<br>Euro I - 93/59/EEC<br>Euro II - 96/69/EC<br>Euro III - 98/69/EC Stage 2000<br>Euro IV - 98/69/EC Stage 2005                                 |
|                      | Gasoline 1,4 - 2,0l | PRE ECE<br>ECE 15/00-01<br>ECE 15/02<br>ECE 15/03<br>ECE 15/04<br>Improved Conv.<br>Open Loop<br>Euro I - 91/441/EEC<br>Euro II - 94/12/EC<br>Euro III - 98/69/EC Stage 2000<br>Euro IV - 98/69/EC Stage 2005 | Heavy Duty Vehicles | Gasoline >3,5t   | Conventional  |
|                      |                     |   |                     | Diesel <7,5t   | Conventional<br>Euro I - 91/542/EEC Stage I<br>Euro II - 91/542/EEC Stage II<br>Euro III - COM(97) 627<br>Euro IV - COM(1998) 776<br>Euro V - COM(1998) 776 |
|                      |                     |   |                     | Diesel 7,5 - 16t   | Conventional<br>91/542/EEC Stage I<br>91/542/EEC Stage II<br>Euro III - COM(97) 627<br>Euro IV - COM(1998) 776<br>Euro V - COM(1998) 776                    |
|                      | Diesel 16-32t       | Conventional<br>91/542/EEC Stage I<br>91/542/EEC Stage II<br>Euro III - COM(97) 627<br>Euro IV - COM(1998) 776<br>Euro V - COM(1998) 776  |                     |  |   |
|                      | Gasoline >2,0l      | PRE ECE<br>ECE 15/00-01<br>ECE 15/02<br>ECE 15/03<br>ECE 15/04<br>Euro I - 91/441/EEC<br>Euro II - 94/12/EC<br>Euro III - 98/69/EC Stage 2000<br>Euro IV - 98/69/EC Stage 2005                                | Diesel >32t         | Conventional<br>91/542/EEC Stage I<br>91/542/EEC Stage II<br>Euro III - COM(97) 627<br>Euro IV - COM(1998) 776<br>Euro V - COM(1998) 776 |   |
|                      |                     |   | Buses               | Urban buses  | Conventional<br>91/542/EEC Stage I<br>91/542/EEC Stage II<br>Euro III - COM(97) 627<br>Euro IV - COM(1998) 776<br>Euro V - COM(1998) 776                    |
|                      |                     |   |                     | Coaches  | Conventional<br>91/542/EEC Stage I<br>91/542/EEC Stage II<br>Euro III - COM(97) 627<br>Euro IV - COM(1998) 776<br>Euro V - COM(1998) 776                    |
|                      | LPG                 | Conventional<br>Euro I - 91/441/EEC<br>Euro II - 94/12/EC<br>Euro III - 98/69/EC Stage 2000<br>Euro IV - 98/69/EC Stage 2005  |                     | Mopeds   | <50cm³  |
|                      | 2 Stroke            | Conventional  | Motorcycles         | 2 Stroke >50cm³  | Conventional<br>97/24/EC  |
| 4 stroke 50 - 250cm³ |                     |   |                     | Conventional<br>97/24/EC   |   |
| Light Duty Vehicles  | Gasoline <3,5t      | Conventional<br>Euro I - 93/59/EEC<br>Euro II - 96/69/EC<br>Euro III - 98/69/EC Stage 2000<br>Euro IV - 98/69/EC Stage 2005   |                     | 4 stroke 250 - 750cm³  | Conventional<br>97/24/EC  |
|                      |                     |   |                     | 4 stroke >750cm³   | Conventional<br>97/24/EC  |

Tabella 2.5 - Categorie di veicoli stradali considerati nella metodologia COPERT III.

#### 2.1.4 Emissioni delle autostrade

Nella figura successiva sono visualizzati i tratti di autostrade inclusi nel dominio di simulazione.



Il contributo emissivo del traffico autostradale è stato calcolato a partire dai dati di flusso medio giornaliero riportati da AISCAT in termini di “veicoli teorici”, ovvero di unità veicolari che percorrendo idealmente l'intera autostrada danno luogo nel loro complesso a percorrenze pari a quelle reali. Tale dato, concettualmente diverso dal conteggio semplice dei transiti, tiene conto della lunghezza dell'autostrada e quindi della percorrenza complessiva da parte dei veicoli, che è esattamente il dato quantitativo necessario al calcolo dell'emissione.

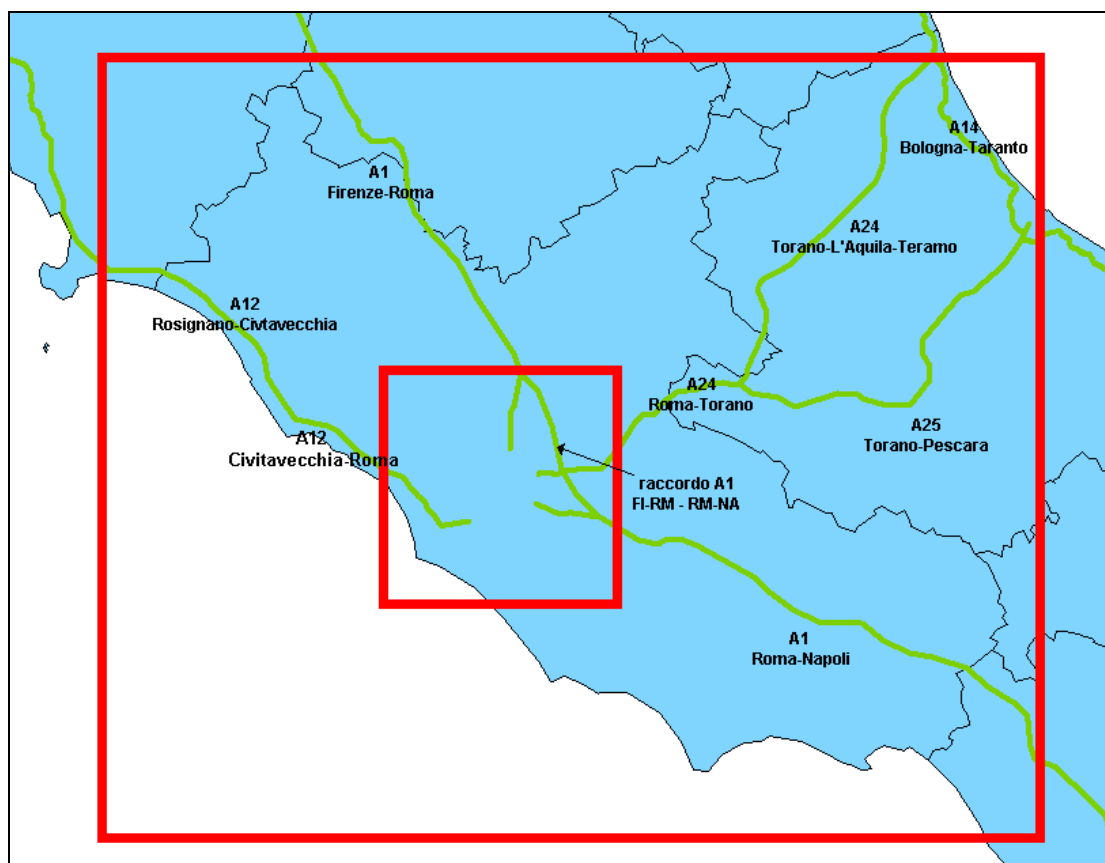


Figura 2.20 – Tratti autostradali considerati nel calcolo delle emissioni.

I dati relativi all'anno 2005 sono disponibili per singolo ramo autostradale e sono ripartiti fra veicoli leggeri e pesanti.

| Tratto                                 | Lunghezza (km) | veicoli leggeri /<br>giorno | veicoli pesanti /<br>giorno |
|--|----------------|-----------------------------|-----------------------------|
| A1 Firenze-Roma                        | 112.8          | 36567                       | 13484                       |
| A1 Firenze-Roma verso GRA              | 19.7           | 31049                       | 13011                       |
| A1 Roma-Napoli                         | 152.7          | 52790                       | 14431                       |
| A1 Roma-Napoli verso GRA               | 17.1           | 39185                       | 13458                       |
| A1 raccordo Firenze-Roma e Roma-Napoli | 43.1           | 26074                       | 10819                       |
| SS1 Rosignano-Civitavecchia            | 67.5           | 14610                       | 3539                        |
| A12 Civitavecchia Roma                 | 65.4           | 24611                       | 4466                        |
| A14 Bologna-Taranto                    | 62.4           | 30208                       | 11437                       |
| A24 Roma-Torano                        | 55.0           | 36930                       | 4690                        |

| Tratto                     | Lunghezza (km) | veicoli leggeri /<br>giorno | veicoli pesanti /<br>giorno |
|----------------------------|----------------|-----------------------------|-----------------------------|
| A24 Roma-Torano verso GRA  | 6.7            | 31258                       | 8433                        |
| A24 Torano-L'Aquila-Teramo | 104.3          | 10011                       | 1713                        |
| A25 Torano-Pescara         | 114.9          | 12474                       | 2840                        |

Tabella 2.6 - Caratteristiche di traffico dei tratti autostradali in esame.

Dall'esame di tali informazioni risulta che i tratti afferenti a Roma sono caratterizzati da flussi intensi che superano i 30000 veicoli/giorno, con il massimo della A1 Roma-Napoli con circa 67000 veicoli/giorno. La frazione dei veicoli pesanti sul totale è variabile dal 11.3% della A24 Roma-Torano al 29.5% della A1 nel tratto Firenze-Roma. Tali dati appaiono consistenti, tenendo conto che la percorrenza media dei veicoli pesanti in autostrada è maggiore di quella dei veicoli leggeri.

Il tratto di strada statale Aurelia tra Rosignano e Civitavecchia è stato considerato come autostrada, in ragione delle caratteristiche di strada interregionale che possiede, assegnandovi un flusso pari al dato dell'A12 nel tratto Livorno-Rosignano.

Per il calcolo delle emissioni, è stata ipotizzata una velocità media di 90 km/h su tutte le autostrade; non essendo disponibili dati specifici, l'assunzione è basata su studi analoghi su tratte autostradali effettuati in passato.

### 2.1.5 Emissioni da traffico nell'area urbana di Roma

L'analisi del contributo emissivo del traffico urbano sulla città di Roma necessita, per dimensioni della rete stradale ed intensità dei flussi veicolari, di una rappresentazione dettagliata dello sviluppo del traffico sviluppata da ATAC.

Di seguito viene descritta con maggiore dettaglio la metodologia utilizzata per la stima delle emissioni da traffico che insistono sulla città di Roma.

#### *Inquadramento generale: il modello a 5 zone*

Il territorio del Comune di Roma si sviluppa su una superficie di 1.300 kmq circa e viene identificato attraverso cinque zone concentriche (di cui quattro interne al GRA, la quinta compresa tra il GRA e il confine comunale), individuate nel corso della redazione del Piano Generale del Traffico Urbano (PGTU) in base alle caratteristiche demografiche, socio-economiche e offerta di trasporto.

Le cinque fasce che compongono il territorio urbano sono ripartite secondo la seguente classificazione:

- centro storico (zona 1), caratterizzato da un'alta densità specialmente per le attività terziarie, con una rete stradale antica di bassa capacità, servita quasi esclusivamente dal trasporto pubblico;
- area “anulare” (zona 2), confinante da una parte con la ZTL e dall'altra con un perimetro viario all'incirca coincidente con quello del cosiddetto “anello ferroviario” (tangenziale est, via Cilicia, Circonvallazione Gianicolense e via Olimpica), che presenta una densità delle attività ancora rilevante e una elevata densità abitativa;
- area semicentrale (zona 3), nella quale la densità delle attività lavorative è più bassa, ma rimane alta la densità degli insediamenti abitativi. In tale zona il trasporto pubblico e quello privato sono destinati a convivere;

- la quarta area (zona 4) è costituita da quel che rimane del centro abitato, ovvero dalla fascia compresa tra l'area 3 e il G.R.A., dove la densità abitativa e terziaria è modesta e il trasporto pubblico non costituisce più uno strumento alternativo a quello privato, se non per alcuni assi serviti dalle metropolitane;
- l'ultima area (zona 5) corrispondente al territorio urbanizzato quasi con continuità all'esterno del GRA, presenta caratteristiche simili a quella precedente sia in termini di densità residenziale che produttiva e di mobilità.

La figura successiva visualizza le ripartizioni territoriali appena descritte.

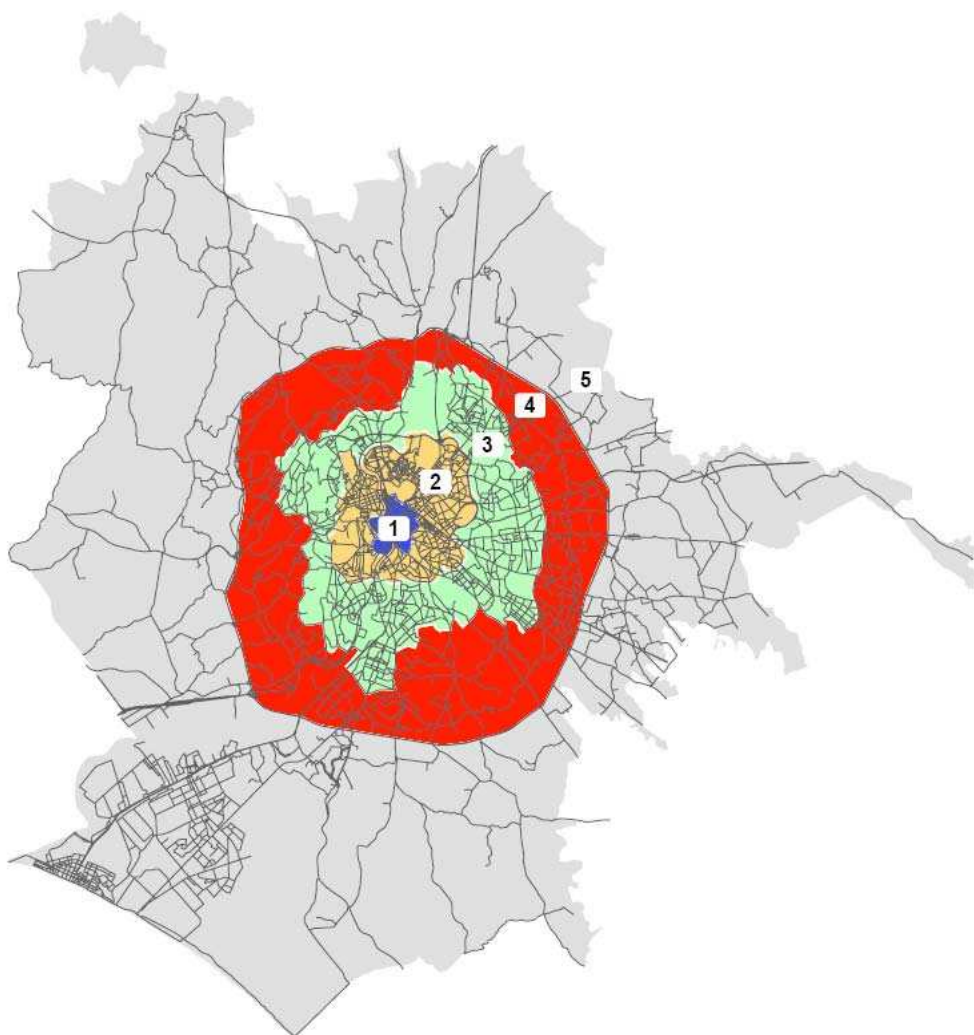


Figura 2.21 - Comune di Roma: ripartizioni territoriali secondo il Piano Generale Traffico Urbano.

### Flussi di traffico

La base dei dati di traffico di partenza è stata fornita da ATAC, per la parte geometrica (mappa geografica delle strade) e la parte di risultati modellistici. Le simulazioni effettuate da ATAC hanno come base temporale di riferimento l'anno 2006, nel caso dello scenario attuale, e l'anno 2011, nello scenario futuro. Tali dati sono stati utilizzati senza modifiche per la creazione dell'input emissivo per le simulazioni della dispersione, quindi il traffico ATAC 2006 è stato usato per le emissioni da traffico dello scenario attuale (2005) e analogamente il traffico ATAC 2011 per lo scenario futuro (2010). Per questo motivo, nel prosieguo del paragrafo, si cita il traffico 2006 come scenario attuale e il traffico 2011 come scenario futuro.

Il grafo stradale di riferimento valido per lo scenario attuale è mostrato nella seguente figura.

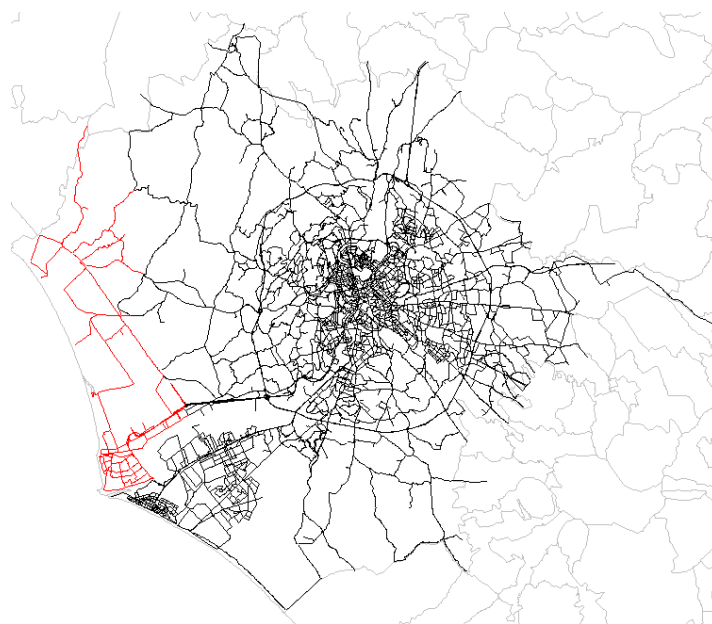


Figura 2.22 - Grafo stradale di riferimento. In nero la rete di Roma, in rosso la rete di Fiumicino, sullo sfondo, in grigio, i confini comunali.

La rete copre il comune di Roma, compreso il sottografo dell'area urbana di Ostia, per un totale di 6038 tratti stradali.

In figura 2 si può notare che i confini del comune di Roma comprendono anche il comune di Fiumicino, perché quest'ultimo è stato istituito recentemente (1992), per cui non fa parte della base comunale dell'inventario nazionale delle emissioni APAT, che lo considera accorpato al comune di Roma. Il sistema ATAC invece lo considera esterno alla rete di Roma, disegnata in nero. Si è posto rimedio a questa discrepanza fra i database emissivi integrando la rete urbana di Roma con la sotto-rete di Fiumicino, disegnata in rosso, fornita da ATAC nell'ambito del progetto ITALIA (Calori et al., 2006; Gariazzo et al., 2007).

La distribuzione oraria degli spostamenti delle autovetture (comprendenti i veicoli commerciali leggeri; nel seguito del testo con "autovetture" si intende la somma di autovetture e veicoli commerciali leggeri, a meno di indicazione diversa) e dei motocicli è stata calcolata in base alla domanda di mobilità del 2004 costruita attraverso le indagini telefoniche sugli spostamenti Origine-Destinazione (OD) svolte sul territorio provinciale. Tale distribuzione è articolata in 5 fasce orarie, all'interno delle quali si presentano condizioni omogenee di deflusso veicolare:

- fascia notturna: dalle 0:00 alle 5:00 (max tra le 4:00 e le 5:00)
- fascia di punta mattutina: dalle 5:00 alle 10:00 (max tra le 8:00 e le 9:00)
- fascia di morbida mattutina: dalle 10:00 alle 15:00 (max tra le 13:00 e le 14:00)
- fascia di punta serale: dalle 15:00 alle 20:00 (max tra le 18:00 e le 19:00)
- fascia di morbida serale: dalle 20:00 alle 24:00 (max tra le 20:00 e le 21:00).

E' stata quindi effettuata l'assegnazione del traffico sulla rete per l'ora di punta di ognuna delle 5 fasce in cui è suddiviso il territorio per tenere conto delle differenti caratteristiche della domanda di spostamento tra centro e periferia ("zone PGTU"); i risultati sono:

1. il dato di flusso veicolare, distinto per autovetture e motocicli e per direzione di percorrenza dell'arco stradale,
2. il dato di velocità di percorrenza dell'arco stradale, unico per autovetture e motocicli e distinto per direzione di percorrenza dell'arco stradale.

Successivamente, per ogni fascia, è stata effettuata l'espansione del flusso dell'ora di punta alle altre ore tramite l'utilizzo di coefficienti moltiplicativi, riportati nella tabella seguente; la velocità risulta invece uniforme all'interno di ogni fascia oraria.

| Fascia                          | Partenze ora | Coefficiente |
|---------------------------------|--------------|--------------|
| <b>Fascia notturna</b>          | 0            | 0,10         |
|                                 | 1            | 0,16         |
|                                 | 2            | 0,20         |
|                                 | 3            | 0,32         |
|                                 | 4            | 1,00         |
| <b>Fascia punta mattutina</b>   | 5            | 0,08         |
|                                 | 6            | 0,29         |
|                                 | 7            | 0,81         |
|                                 | 8            | 1,00         |
|                                 | 9            | 0,54         |
| <b>Fascia morbida mattutina</b> | 10           | 0,92         |
|                                 | 11           | 0,78         |
|                                 | 12           | 0,89         |
|                                 | 13           | 1,00         |
|                                 | 14           | 0,79         |
| <b>Fascia punta mattutina</b>   | 15           | 0,64         |
|                                 | 16           | 0,98         |
|                                 | 17           | 0,92         |
|                                 | 18           | <u>1,00</u>  |
|                                 | 19           | 0,83         |
| <b>Fascia morbida mattutina</b> | 20           | <u>1,00</u>  |
|                                 | 21           | 0,48         |
|                                 | 22           | 0,34         |
|                                 | 23           | 0,45         |

Tabella 2.7 - coefficienti di espansione del flusso dell'ora di punta alla fascia oraria. In grassetto, l'ora di punta all'interno della fascia.



L'assegnazione descritta è stata effettuata con riferimento al giorno feriale tipo, ossia al martedì-mercoledì-giovedì (MMG), che sono i giorni della settimana con condizioni "tipiche" di traffico del giorno lavorativo. All'interno della settimana sono presenti altre due giorni tipo: il lunedì-venerdì (LV), giorni feriali interessati da fenomeni "di bordo" data la contiguità con il fine settimana (es, pendolarismo settimanale, turismo), e il sabato-domenica (SD), giorni festivi dalla dinamica diversa rispetto ai feriali. In definitiva, la settimana tipo risulta composta di 3 giorni tipo disposti come segue:

|        |         |           |         |         |        |          |
|--------|---------|-----------|---------|---------|--------|----------|
| lunedì | martedì | mercoledì | giovedì | venerdì | sabato | domenica |
| LV     | MMG     | MMG       | MMG     | LV      | SD     | SD       |

La settimana tipo rappresenta condizioni medie dell'intero anno, che risulta quindi composto da 52 settimane uguali. Per passare dal dato di flusso MMG ai dati LV e SD l'ATAC ha calcolato dei coefficienti percentuali, uniformi per fascia oraria e zona PGTU.

Al fine di valutare le emissioni dei veicoli commerciali, ATAC ha fornito una stima dei corrispondenti flussi di traffico, effettuata sulla base di quanto già fatto per le autovetture; il dato fornito è la frazione di veicoli commerciali leggeri e pesanti, distinta per fascia oraria e zona PGTU. In particolare, la frazione dei veicoli leggeri è già compresa nei flussi di autovetture, mentre la frazione di veicoli pesanti è stata aggiunta.

Si tratta di una base di dati di traffico molto dettagliata, ai fini del calcolo delle emissioni inquinanti, specie in confronto agli altri dati emissivi, di traffico e non, disponibili per lo studio. Su questi dati non sono state effettuate assunzioni semplificative ai fini del calcolo delle emissioni, nella costruzione dell'input per Trefic.

In questo senso, si è proceduto ad associare la parte geometrica del grafo al database dei flussi di traffico, analizzando le corrispondenze e le differenze fra le due reti e creando così la vera e propria mappa oraria dei flussi di traffico. Quindi il grafo completo è stato sdoppiato, per tenere conto dei due sensi di marcia di ogni strada (diversi per flusso e velocità di percorrenza): il risultato è composto da 11930 archi. Per ogni arco, sono state mantenuti gli attributi di zona PGTU, velocità e flusso di autovetture, motocicli, veicoli commerciali leggeri e pesanti.

Sul grafo così caratterizzato è stato effettuato un run di TREFIC per ciascuna ora dei tre giorni tipo nei due scenari, per un totale di 144 run orari; successivamente, dalle emissioni orarie è stata ricostruita la settimana tipo, che si ripete il numero di volte necessario a costruire la base emissiva delle simulazioni di dispersione.

Le mappe seguenti visualizzano l'entità dei flussi di autovetture sul grafo, nelle 5 ore del giorno tipo MMG su cui è effettuata l'assegnazione, nello scenario attuale.

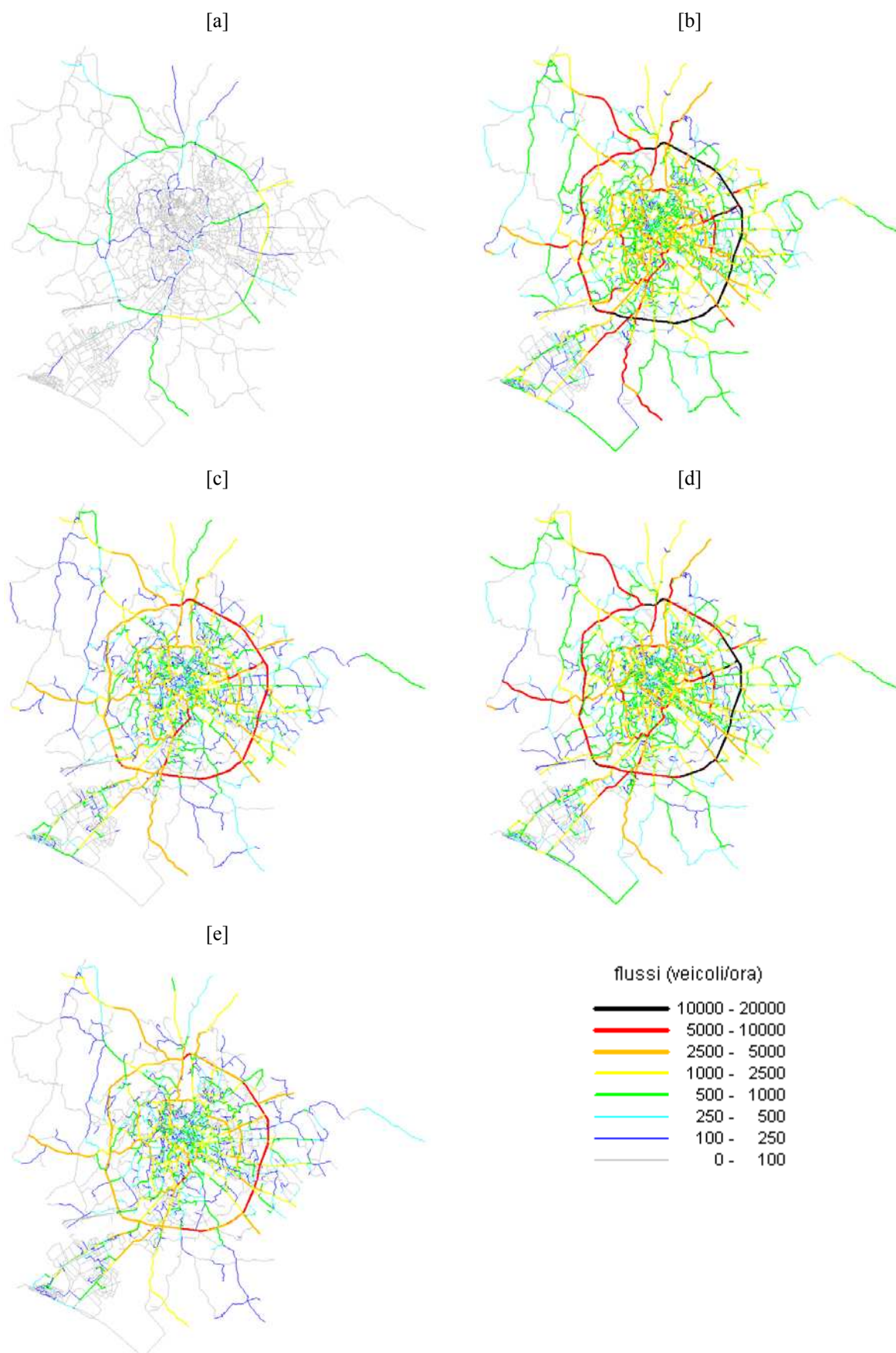


Figure 2.23 a, b, c, d, e - mappa tematica dei flussi totali sulla rete, nelle 5 ore dell'assegnazione modellistica, nel giorno feriale medio dello scenario attuale. (a=4, b=8, c=13, d=18, e=20)

Dall'esame delle figure precedenti si può osservare un andamento orario tipico delle grandi aree urbane, con un picco molto pronunciato alla mattina, che in questo caso è il massimo giornaliero, e un picco secondario nel pomeriggio, di entità minore ma più esteso nel tempo; i due picchi sono dovuti agli spostamenti casa-lavoro. Nelle ore della mattina e del primo pomeriggio il traffico in generale si riduce, restando tuttavia sostenuto, a causa degli spostamenti "asistematici" che nelle grandi aree urbane sono molteplici e di diversa natura (uscite dalle scuole, pausa pranzo, lavoro, etc.).

Le velocità medie di percorrenza degli archi in uscita dal modello, nelle diverse ore del giorno, sono state analizzate, nella consapevolezza che l'algoritmo modellistico di assegnazione non tiene conto dell'effetto della congestione sul tempo di percorrenza, per cui il dato di velocità indicato dal modello ha un valore solo indicativo. Tuttavia, tale dato è stato utilizzato nel calcolo delle emissioni, per potere mantenere l'elevata risoluzione spaziale (un dato per ogni arco, in ciascuno dei sensi di percorrenza, distinto per auto e moto) al prezzo di un'approssimazione fisiologica sul dato stesso; l'ipotesi alternativa è adottare un dato medio per zone della rete, ottenuto da un'analisi statistica dei dati prodotti dall'assegnazione, che è uno studio che esula dai limiti del presente lavoro.

Per quanto riguarda la sotto-rete di Fiumicino, sono stati utilizzati i dati di traffico forniti da ATAC nell'ambito del progetto ITALIA, riferiti a un giorno feriale medio di giugno. Questi dati sono stati assimilati a un giorno tipo MMG, per applicarvi poi l'estensione all'anno utilizzata per la rete di Roma. Nel seguito del paragrafo sul traffico, la sotto-rete di Fiumicino non viene inclusa nelle mappe, data la differente fonte del dato di traffico e la limitata estensione in rapporto al totale della rete di Roma.

### Parco circolante

Per quanto riguarda la caratterizzazione qualitativa del parco circolante nello scenario attuale, in termini di categorie COPERT, sono stati utilizzati i dati ACI sui veicoli iscritti al PRA, aggiornati al 31/12/2005, relativi al comune di Roma.

Tale caratterizzazione del traffico veicolare è valida dove non sono presenti limitazioni al traffico, mentre va corretta nelle 2 zone a circolazione vincolata: la Zona a Traffico Limitato (di seguito ZTL) e la zona racchiusa dal cosiddetto Anello Ferroviario (di seguito AF). La figura 6 visualizza la delimitazione delle zone. In zona AF, la circolazione è vietata alle autovetture non catalizzate, dalle ore 0.00 alle 24.00 durante i giorni feriali. Lo stesso vale per la ZTL, essendo interna all'AF; inoltre, la circolazione è permessa solo agli autorizzati (residenti, veicoli merci, etc.) dalle ore 6.30 alle 18.00 durante i giorni feriali e dalle ore 14.00 alle 18.00 del sabato.

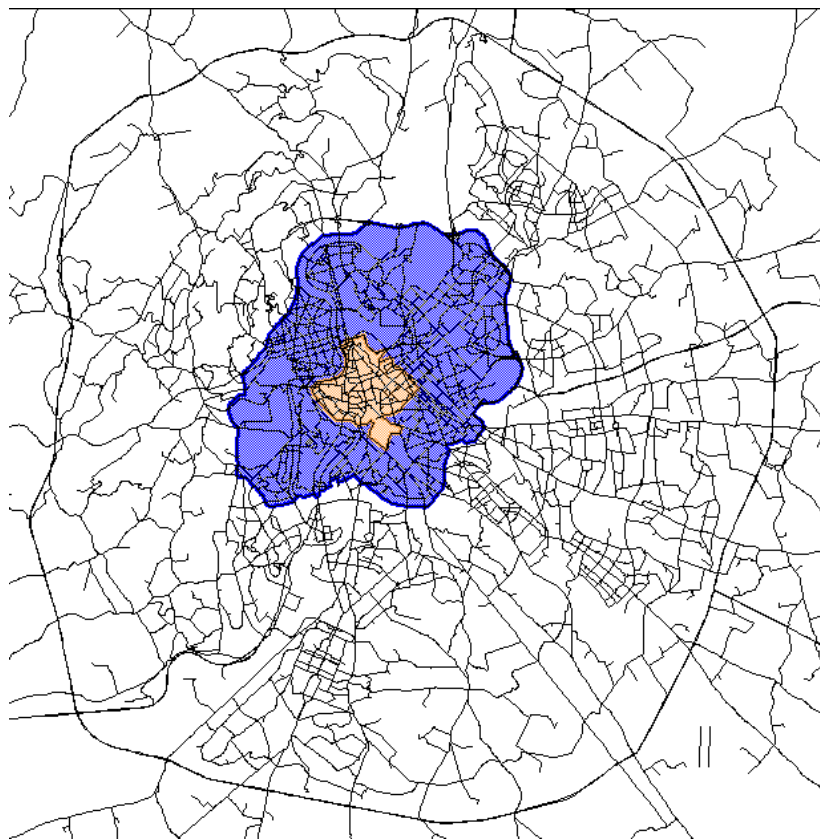


Figura 2.24 – Confini della Zona a Traffico Limitato (in arancio) e della zona dell'anello ferroviario (in azzurro).

Per tenere conto delle limitazioni suddette, in ZTL:

- è stata posta uguale a zero la presenza di veicoli non catalizzati;
- per la ripartizione in classi COPERT dei veicoli commerciali, sono stati utilizzati i dati di fonte ATAC già impiegati nel progetto ITALIA.

Analogamente, in AF, è stata posta uguale a zero la presenza di veicoli non catalizzati, a parte una frazione di veicoli non catalizzati “trasgressori” dei limiti alla circolazione, pari al 1% del dato ACI relativo al comune di Roma.

Per le restanti categorie non sottoposte a limitazioni, in ZTL e AF, è stato utilizzato il dato ACI relativo al comune di Roma.

Per quanto riguarda gli autobus pubblici in servizio urbano, ATAC ha messo a disposizione la ripartizione della flotta in classi COPERT nel 2006, che è stata utilizzata senza modifiche.

Di seguito si riportano i parchi COPERT delle 3 zone (tabella 2.8).

| <b>COMMERCIALI LEGGERI</b>                       | <b>ZTL<br/>%</b> | <b>AF<br/>%</b> | <b>resto<br/>%</b> |
|--|------------------|-----------------|--------------------|
| BENZINA COMM. LEGGERI <3.5 t CONVENTIONAL        | 0.00             | 2.07            | 4.05               |
| BENZINA COMM. LEGGERI <3.5 t EURO I - 93/59/EEC  | 7.43             | 5.72            | 5.60               |
| BENZINA COMM. LEGGERI <3.5 t EURO II - 96/69/EEC | 9.01             | 7.81            | 7.65               |

| COMMERCIALI LEGGERI  | ZTL<br>%      | AF<br>%       | resto<br>%    |
|--|---------------|---------------|---------------|
| BENZINA COMM. LEGGERI <3.5 t EURO III - 98/69/EEC Stage 2000 | 10.68         | 10.02         | 9.82          |
| BENZINA COMM. LEGGERI <3.5 t EURO IV - 98/69/EEC Stage 2005  | 0.00          | 0.19          | 0.18          |
| DIESEL COMM. LEGGERI <3.5 t CONVENTIONAL                     | 24.71         | 17.91         | 17.55         |
| DIESEL COMM. LEGGERI <3.5 t EURO I - 93/59/EEC               | 10.89         | 8.69          | 8.51          |
| DIESEL COMM. LEGGERI <3.5 t EURO II - 96/69/EEC              | 15.80         | 12.64         | 12.38         |
| DIESEL COMM. LEGGERI <3.5 t EURO III - 98/69/EEC Stage 2000  | 21.48         | 33.31         | 32.63         |
| DIESEL COMM. LEGGERI <3.5 t EURO IV - 98/69/EEC Stage 2005   | 0.00          | 1.65          | 1.61          |
| <b>TOTALE COMMERCIALI LEGGERI</b>                            | <b>100.00</b> | <b>100.00</b> | <b>100.00</b> |

| COMMERCIALI PESANTI  | ZTL<br>% | AF<br>% | resto<br>% |
|--|----------|---------|------------|
| BENZINA COMMERCIALI PESANTI >3.5 t                         | 0.19     | 0.53    | 0.53       |
| DIESEL COMM. PESANTI <7.5t CONVENTIONAL                    | 5.86     | 13.50   | 13.50      |
| DIESEL COMM. PESANTI <7.5t EURO I - 91/542/EEC Stage I     | 0.00     | 0.89    | 0.89       |
| DIESEL COMM. PESANTI <7.5t EURO II - 91/542/EEC Stage II   | 0.00     | 4.46    | 4.46       |
| DIESEL COMM. PESANTI <7.5t EURO III - COM(97) 627          | 0.45     | 3.77    | 3.77       |
| DIESEL COMM. PESANTI <7.5t EURO IV - COM(1998) 776         | 0.00     | 0.00    | 0.00       |
| DIESEL COMM. PESANTI <7.5t EURO V - COM(1998) 776          | 0.00     | 0.00    | 0.00       |
| DIESEL COMM. PESANTI 7.5÷16t CONVENTIONAL                  | 0.00     | 15.21   | 15.21      |
| DIESEL COMM. PESANTI 7.5÷16t EURO I - 91/542/EEC Stage I   | 0.00     | 1.41    | 1.41       |
| DIESEL COMM. PESANTI 7.5÷16t EURO II - 91/542/EEC Stage II | 0.00     | 4.57    | 4.57       |
| DIESEL COMM. PESANTI 7.5÷16t EURO III - COM(97) 627        | 0.00     | 2.86    | 2.86       |
| DIESEL COMM. PESANTI 7.5÷16t EURO IV - COM(1998) 776       | 0.00     | 0.00    | 0.00       |
| DIESEL COMM. PESANTI 7.5÷16t EURO V - COM(1998) 776        | 0.00     | 0.00    | 0.00       |
| DIESEL COMM. PESANTI 16÷32t CONVENTIONAL                   | 0.00     | 9.66    | 9.66       |
| DIESEL COMM. PESANTI 16÷32t EURO I - 91/542/EEC Stage I    | 0.00     | 0.93    | 0.93       |
| DIESEL COMM. PESANTI 16÷32t EURO II - 91/542/EEC Stage II  | 0.00     | 3.50    | 3.50       |
| DIESEL COMM. PESANTI 16÷32t EURO III - COM(97) 627         | 0.00     | 3.76    | 3.76       |
| DIESEL COMM. PESANTI 16÷32t EURO IV - COM(1998) 776        | 0.00     | 0.00    | 0.00       |
| DIESEL COMM. PESANTI 16÷32t EURO V - COM(1998) 776         | 0.00     | 0.00    | 0.00       |
| DIESEL COMM. PESANTI >32t CONVENTIONAL                     | 0.00     | 0.18    | 0.18       |
| DIESEL COMM. PESANTI >32t EURO I - 91/542/EEC Stage I      | 0.00     | 0.01    | 0.01       |
| DIESEL COMM. PESANTI >32t EURO II - 91/542/EEC Stage II    | 0.00     | 0.04    | 0.04       |
| DIESEL COMM. PESANTI >32t EURO III - COM(97) 627           | 0.00     | 0.01    | 0.01       |
| DIESEL COMM. PESANTI >32t EURO IV - COM(1998) 776          | 0.00     | 0.00    | 0.00       |



| COMMERCIALI PESANTI                              | ZTL<br>%      | AF<br>%       | resto<br>%    |
|--|---------------|---------------|---------------|
| DIESEL COMM. PESANTI >32t EURO V - COM(1998) 776 | 0.00          | 0.00          | 0.00          |
| BUS URBANI CONVENTIONAL                          | 13.75         | 1.49          | 1.49          |
| BUS URBANI EURO I - 91/542/EEC Stage I           | 0.00          | 0.00          | 0.00          |
| BUS URBANI EURO II - 91/542/EEC Stage II         | 28.39         | 3.08          | 3.08          |
| BUS URBANI EURO III - COM(97) 627                | 50.96         | 5.54          | 5.54          |
| BUS URBANI EURO IV - COM(1998) 776               | 0.00          | 0.00          | 0.00          |
| BUS URBANI EURO V - COM(1998) 776                | 0.40          | 0.04          | 0.04          |
| BUS GRAN TURISMO CONVENTIONAL                    | 0.00          | 8.32          | 8.32          |
| BUS GRAN TURISMO EURO I - 91/542/EEC Stage I     | 0.00          | 0.53          | 0.53          |
| BUS GRAN TURISMO EURO II - 91/542/EEC Stage II   | 0.00          | 8.03          | 8.03          |
| BUS GRAN TURISMO EURO III - COM(97) 627          | 0.00          | 7.66          | 7.66          |
| BUS GRAN TURISMO EURO IV - COM(1998) 776         | 0.00          | 0.00          | 0.00          |
| BUS GRAN TURISMO EURO V - COM(1998) 776          | 0.00          | 0.00          | 0.00          |
| <b>TOTALE COMMERCIALI PESANTI</b>                | <b>100.00</b> | <b>100.00</b> | <b>100.00</b> |

| MOTO                                     | ZTL<br>%      | AF<br>%       | resto<br>%    |
|--|---------------|---------------|---------------|
| motocicli < 50cc CONVENTIONAL            | 6.27          | 6.27          | 6.27          |
| motocicli < 50cc 97/24/EC Stage I        | 9.06          | 9.06          | 9.06          |
| motocicli < 50cc 97/24/EC Stage II       | 2.96          | 2.96          | 2.96          |
| motocicli > 50cc 2 tempi CONVENTIONAL    | 0.39          | 0.39          | 0.39          |
| motocicli > 50cc 2 tempi 97/24/EC        | 0.57          | 0.57          | 0.57          |
| motocicli 4 tempi 50÷250cc CONVENTIONAL  | 10.45         | 10.45         | 10.45         |
| motocicli 4 tempi 50÷250cc 97/24/EC      | 38.35         | 38.35         | 38.35         |
| motocicli 4 tempi 250÷750cc CONVENTIONAL | 9.04          | 9.04          | 9.04          |
| motocicli 4 tempi 250÷750cc 97/24/EC     | 15.83         | 15.83         | 15.83         |
| motocicli 4 tempi >750cc CONVENTIONAL    | 2.94          | 2.94          | 2.94          |
| motocicli 4 tempi >750cc 97/24/EC        | 4.15          | 4.15          | 4.15          |
| <b>TOTALE MOTO</b>                       | <b>100.00</b> | <b>100.00</b> | <b>100.00</b> |

| AUTO              | ZTL<br>% | AF<br>% | resto<br>% |
|-------------------|----------|---------|------------|
| CC<1400 PRE ECE   | 0.00     | 0.01    | 1.11       |
| CC<1400 ECE 00-01 | 0.00     | 0.01    | 0.66       |
| CC<1400 ECE 02    | 0.00     | 0.01    | 0.56       |
| CC<1400 ECE 03    | 0.00     | 0.01    | 0.73       |

| AUTO  | ZTL<br>% | AF<br>% | resto<br>% |
|---|----------|---------|------------|
| CC<1400 ECE 04                                      | 0.00     | 0.11    | 8.81       |
| CC<1400 IMPROVED CONVENTIONAL                       | 0.00     | 0.00    | 0.00       |
| CC<1400 OPEN LOOP                                   | 0.00     | 0.00    | 0.00       |
| CC<1400 EURO I - 91/441/EEC                         | 9.58     | 9.44    | 7.71       |
| CC<1400 EURO II - 94/12/EEC                         | 18.76    | 18.76   | 15.32      |
| CC<1400 EURO III - 98/69/EC Stage 2000              | 14.49    | 14.49   | 11.84      |
| CC<1400 EURO IV - 98/69/EC Stage 2005               | 5.44     | 5.44    | 4.44       |
| 1400<CC<2000 PRE ECE                                | 0.00     | 0.00    | 0.38       |
| 1400<CC<2000 ECE 00-01                              | 0.00     | 0.00    | 0.23       |
| 1400<CC<2000 ECE 02                                 | 0.00     | 0.00    | 0.19       |
| 1400<CC<2000 ECE 03                                 | 0.00     | 0.00    | 0.25       |
| 1400<CC<2000 ECE 04                                 | 0.00     | 0.04    | 3.03       |
| 1400<CC<2000 IMPROVED CONVENTIONAL                  | 0.00     | 0.00    | 0.00       |
| 1400<CC<2000 OPEN LOOP                              | 0.00     | 0.00    | 0.00       |
| 1400<CC<2000 EURO I - 91/441/EEC                    | 4.36     | 4.31    | 3.52       |
| 1400<CC<2000 EURO II - 94/12/EEC                    | 5.62     | 5.62    | 4.59       |
| 1400<CC<2000 EURO III - 98/69/EC Stage 2000         | 3.43     | 3.43    | 2.80       |
| 1400<CC<2000 EURO IV - 98/69/EC Stage 2005          | 1.03     | 1.03    | 0.84       |
| CC>2000 PRE ECE                                     | 0.00     | 0.00    | 0.05       |
| CC>2000 ECE 00-01                                   | 0.00     | 0.00    | 0.03       |
| CC>2000 ECE 02                                      | 0.00     | 0.00    | 0.02       |
| CC>2000 ECE 03                                      | 0.00     | 0.00    | 0.03       |
| CC>2000 ECE 04                                      | 0.00     | 0.00    | 0.38       |
| CC>2000 EURO I - 91/441/EEC                         | 0.16     | 0.16    | 0.13       |
| CC>2000 EURO II - 94/12/EEC                         | 0.45     | 0.45    | 0.37       |
| CC>2000 EURO III - 98/69/EC Stage 2000              | 0.66     | 0.66    | 0.54       |
| CC>2000 EURO IV - 98/69/EC Stage 2005               | 0.25     | 0.25    | 0.20       |
| diesel <2.5t <2000cc CONVENTIONAL                   | 0.00     | 0.02    | 1.26       |
| diesel <2.5t <2000cc EURO I - 91/441/EEC            | 0.51     | 0.49    | 0.40       |
| diesel <2.5t <2000cc EURO II - 94/12/EEC            | 3.97     | 3.97    | 3.24       |
| diesel <2.5t <2000cc EURO III - 98/69/EC Stage 2000 | 17.76    | 17.76   | 14.51      |
| diesel <2.5t <2000cc EURO IV - 98/69/EC Stage 2005  | 5.76     | 5.76    | 4.71       |
| diesel <2.5t >2000cc CONVENTIONAL                   | 0.01     | 0.01    | 0.79       |
| diesel <2.5t >2000cc EURO I - 91/441/EEC            | 0.22     | 0.22    | 0.18       |

| <b>AUTO</b>   | <b>ZTL<br/>%</b> | <b>AF<br/>%</b> | <b>resto<br/>%</b> |
|---|------------------|-----------------|--------------------|
| diesel <2.5t >2000cc EURO II - 94/12/EEC            | 1.10             | 1.10            | 0.89               |
| diesel <2.5t >2000cc EURO III - 98/69/EC Stage 2000 | 3.49             | 3.49            | 2.85               |
| diesel <2.5t >2000cc EURO IV - 98/69/EC Stage 2005  | 0.48             | 0.48            | 0.39               |
| GPL CONVENTIONAL                                    | 1.61             | 1.61            | 1.32               |
| GPL EURO I - 91/441/EEC                             | 0.44             | 0.44            | 0.36               |
| GPL <1400cc EURO II - 94/12/EEC                     | 0.12             | 0.12            | 0.10               |
| GPL <1400cc EURO III - 98/69/EC Stage 2000          | 0.04             | 0.04            | 0.03               |
| GPL <1400cc EURO IV - 98/69/EC Stage 2005           | 0.01             | 0.01            | 0.01               |
| GPL 1400<cc<2000 EURO II - 94/12/EEC                | 0.17             | 0.17            | 0.14               |
| GPL 1400<cc<2000 EURO III - 98/69/EC Stage 2000     | 0.06             | 0.06            | 0.05               |
| GPL 1400<cc<2000 EURO IV - 98/69/EC Stage 2005      | 0.00             | 0.00            | 0.00               |
| GPL >2000cc EURO II - 94/12/EEC                     | 0.01             | 0.01            | 0.01               |
| GPL >2000cc EURO III - 98/69/EC Stage 2000          | 0.01             | 0.01            | 0.01               |
| GPL >2000cc EURO IV - 98/69/EC Stage 2005           | 0.00             | 0.00            | 0.00               |
| DUE TEMPI CONVENTIONAL                              | 0.00             | 0.00            | 0.00               |
| <b>TOTALE AUTO</b>                                  | <b>100.00</b>    | <b>100.00</b>   | <b>100.00</b>      |

Tabella 2.8 – parchi COPERT delle tre zone.

### 2.1.6 Emissioni totali

Di seguito è riportata la distribuzione delle emissioni, a livello regionale, di ogni inquinante per ogni macrosettore osservate nel 2005 sia in termini di valore assoluto (tabella sottostante) che in termini percentuali (figura sottostante).

| <b>MACROSETTORI</b>                         | <b>CO</b>     | <b>NMVOC</b> | <b>NH<sub>3</sub></b> | <b>NO<sub>x</sub></b> | <b>PM<sub>10</sub></b> | <b>SO<sub>2</sub></b> |
|---|---------------|--------------|-----------------------|-----------------------|------------------------|-----------------------|
| Combustione - Energia e ind. Trasformazione | 996           | 1000         | 0                     | 12423                 | 1542                   | 21166                 |
| Combustione non industriale                 | 33757         | 5345         | 0                     | 7385                  | 4709                   | 1163                  |
| Combustione industriale                     | 1684          | 120          | 2                     | 11582                 | 894                    | 4727                  |
| Processi produttivi                         | 57            | 2283         | 0                     | 1714                  | 729                    | 1286                  |
| Estrazione, distr. Combustibili             | 0             | 4095         | 0                     | 0                     | 5                      | 0                     |
| Uso solventi                                | 7             | 34167        | 1                     | 19                    | 28                     | 48                    |
| Trasporti Stradali                          | 203821        | 28607        | 1448                  | 42627                 | 3273                   | 897                   |
| Altre Sorgenti Mobili                       | 23609         | 9460         | 2                     | 15361                 | 1727                   | 1853                  |
| Trattamento e Smaltimento Rifiuti           | 10739         | 1075         | 434                   | 469                   | 448                    | 9                     |
| Agricoltura ed Allevamento                  | 343           | 131          | 15225                 | 12                    | 113                    | 0                     |
| Altre sorgenti ed Assorbimenti, Altro PM    | 0             | 7596         | 0                     | 0                     | 1305                   | 0                     |
| <b>TOT</b>                                  | <b>275013</b> | <b>93879</b> | <b>17112</b>          | <b>91592</b>          | <b>14773</b>           | <b>31149</b>          |

Tabella 2.9 – Emissioni totali sul territorio regionale, espresse in tonnellate, stimate per l'anno 2005

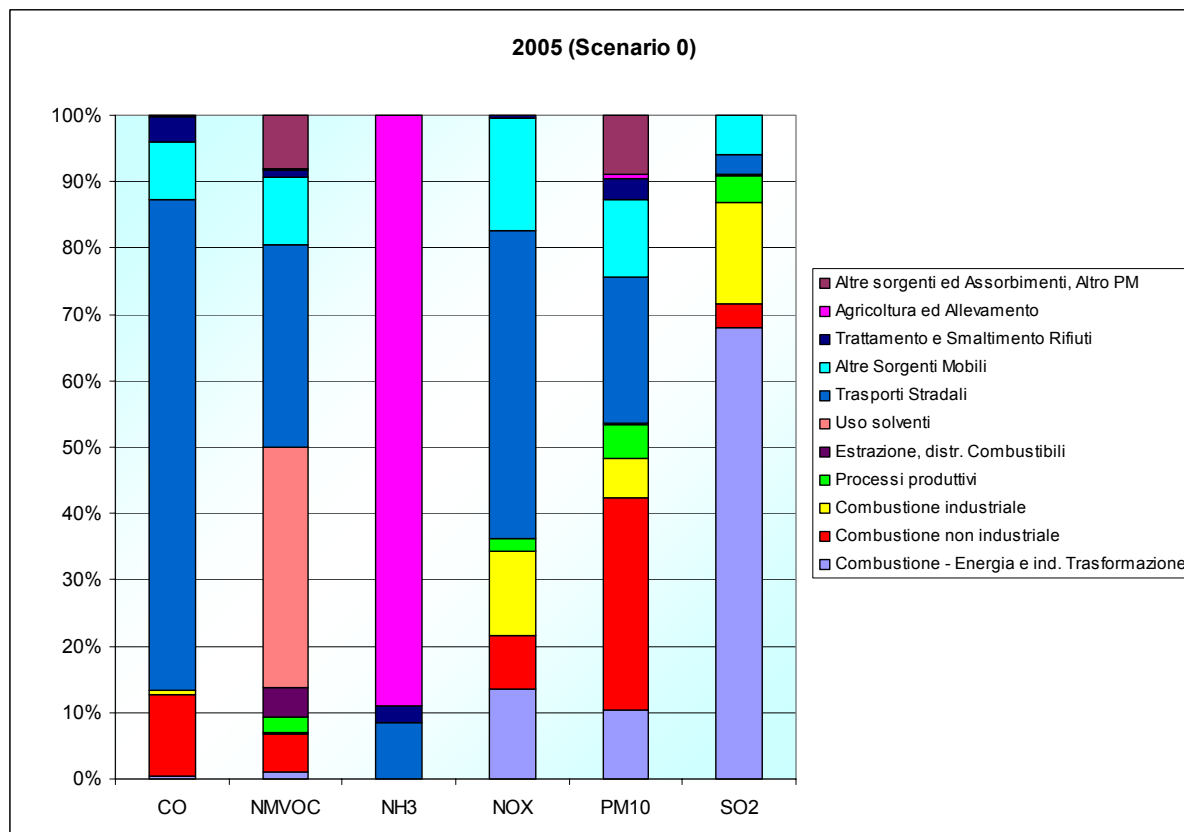


Figura 2.25 – Emissioni percentuali totali sul territorio regionale.

## 2.2 Inquinamento transfrontaliero

Una corretta valutazione dell'inquinamento atmosferico nel suo complesso implica la conoscenza di una serie di variabili, non sempre facilmente controllabili, che interagiscono nei fenomeni chimici e fisici che hanno luogo in atmosfera.

Per inquinamento transfrontaliero si intende l'intrusione di sostanze inquinanti provocata da particolari condizioni meteorologiche che favoriscono il trasporto di masse d'aria provenienti da zone limitrofe al territorio oggetto di studio. Pertanto, nei periodi dell'anno in cui si verificano tali condizioni atmosferiche, una frazione della concentrazione dell'inquinante che viene misurata al suolo nelle singole postazioni di monitoraggio è, in realtà, stata generata nelle zone limitrofe più o meno distanti dai punti di misura.

L'analisi degli eventi caratterizzati dal trasporto da lunga distanza include la conoscenza di informazioni sulla circolazione atmosferica che rappresenta lo strumento attraverso il quale si esplicano i fenomeni di dispersione su ampia scala.

In sostanza è necessario, per valutare il contributo extraregionale sul nostro territorio, rispondere alle seguenti problematiche:

- Qual è la produzione in termini di peso degli inquinanti nelle zone limitrofe del nostro territorio;

- Quale percentuale di queste sostanze rimane inglobata e sollevata dalle masse d'aria responsabili del trasporto in aree lontane;
- Quali trasformazioni chimiche e/o fisiche avvengono nella fase di dispersione che ha luogo durante il trasporto;
- Quale percentuale di queste sostanze riesce a scendere al suolo, dopo essere stata trasportata e trasformata, per diventare rilevabile nei punti di misura dislocati nel nostro territorio;
- Quale frazione delle sostanze generate nel nostro territorio non insiste sul nostro territorio perché viene trasportata nelle zone limitrofe (processo inverso).

E' evidente che un accurata analisi di tutti questi processi prevede uno studio approfondito che esula dagli scopi del presente studio, sono comunque possibili alcune valutazioni rivolte a stimare la presenza di eventi che potrebbero incidere sulla concentrazione degli inquinanti misurata al suolo in tutta la regione.

Considerando gli ossidi di azoto e il particolato atmosferico come dei traccianti della distribuzione spaziale dell'inquinamento atmosferico su ampia scala, la produzione annuale nelle zone che potenzialmente potrebbero influire sulla territorio laziale sembra essere distribuita in maniera spazialmente omogenea.

| <b>anno 2000</b> | <b>NO<sub>x</sub><br/>[tonn.]</b> | <b>PM<sub>10</sub><br/>[tonn.]</b> |
|------------------|-----------------------------------|------------------------------------|
| Abruzzo          | 36.841                            | 5.101                              |
| Campania         | 85.364                            | 11.255                             |
| Lazio            | 92.903                            | 10.941                             |
| Toscana          | 86.724                            | 11.346                             |
| Umbria           | 26.512                            | 4.367                              |

Tabella 2.10 – Emissione in t/a (anno 2000) di PM10 e ossidi di azoto nelle regioni dell'Italia centrale.

Considerando l'orografia del territorio nella zona del centro Italia, è lecito attribuire alle zone esposte sul versante adriatico un peso non determinante nell'influenza sulle concentrazioni al suolo rilevate nel territorio laziale a causa della presenza della catena Appenninica che è in grado di ostacolare la transizione delle masse d'aria tra i due versanti.

Le emissioni rilevate nella regione campana e toscana sono confrontabili con quanto stimato nel territorio laziale e tale situazione conferma, in prima approssimazione, un equilibrio territoriale nella produzione di sostanze inquinanti che potenzialmente entrano in gioco nei fenomeni di trasporto e di scambio con le regioni limitrofe.

La concentrazione di un inquinante rilevata al suolo riflette, in parte, l'effetto combinato dell'insieme dei processi di formazione delle sostanze inquinanti emesse in atmosfera tra cui l'intrusione (e la migrazione) delle stesse da (verso) zone esterne.

### 2.2.1 Analisi degli eventi esterni

In questa sezione viene riportata l'analisi degli eventi di inquinamento atmosferico legati a fenomeni di trasporto delle sostanze inquinanti da zone esterne al territorio regionale, quindi non connessi direttamente alle sorgenti emissive presenti sul territorio stesso.



Una prima problematica con la quale ci si deve necessariamente confrontare è l'individuazione dei punti di misura in cui le rilevazioni delle varie sostanze inquinanti siano rappresentative del cosiddetto 'fondo regionale'. Tale selezione risulta necessaria poiché le sorgenti antropiche presenti sul territorio, sovrapponendosi alle sorgenti naturali e all'insieme delle reazioni chimiche responsabili dell'inquinamento secondario, tendono a nascondere il fondo ambientale e quindi, tra le altre cose, anche il contributo delle sostanze inquinanti provenienti da zone esterne, che risulta pressoché indistinguibile e di fatto non valutabile.

Oltre a questo, il criterio di selezione delle stazioni di riferimento per la valutazioni dell'apporto delle sostanze inquinanti da aree esterne deve necessariamente tenere conto della localizzazione di tali stazioni rispetto ai confini regionali. In particolare è necessario considerare dei punti di misura che, oltre a rappresentare una misura del fondo rurale, siano situati in prossimità dei confini regionali per evidenziare e quantificare, in funzione della circolazione atmosferica, gli eventi di inquinamento potenzialmente derivanti da intrusione di masse d'aria provenienti dalle regioni limitrofe al territorio laziale.

Considerando le postazioni di monitoraggio della rete di rilevamento della qualità dell'aria di ARPA Lazio è possibile selezionare due stazioni che soddisfano i requisiti richiesti:

- la postazione localizzata a Fontechiari (FR),
- la postazione localizzata a Leonessa (RI).

Entrambe le stazioni di misura sono posizionate lontano da sorgenti di inquinamento a carattere primario (traffico e/o industrie) e localizzate, rispettivamente, a SudEst e a NordEst nel territorio laziale pertanto risultano congruenti per una valutazione del contributo dovuto all'intrusione di masse d'aria in particolare provenienti dai settori angolari Sud-SudEst e Nord-NordEst.

Nella trattazione presente è possibile considerare le sostanze inquinanti come dei traccianti che contengono le stesse caratteristiche dinamiche delle masse d'aria in cui si trovano 'inglobati'. In ogni caso nella presente analisi l'attenzione si concentra sul comportamento del PM<sub>10</sub> e del biossido di azoto poiché queste sostanze rappresentano, ad oggi, le maggiori criticità dal punto di vista dell'inquinamento atmosferico.

La dinamica atmosferica risulta, a questo punto, l'informazione necessaria per valutare il comportamento delle masse d'aria che, intrappolando le sostanze inquinanti rilasciate al suolo e in quota, influiscono sulle concentrazioni rilevate nei punti di misura.

L'atmosfera è un involucro gassoso che circonda la superficie terrestre e che presenta caratteristiche profondamente diverse al variare della distanza dalla superficie stessa. L'interazione superficie-atmosfera risulta molto intensa alle quote più basse e diminuisce la sua intensità con l'aumentare della quota fino ad esaurirsi quasi completamente nella cosiddetta 'stratosfera'. Da queste considerazioni è evidente che l'analisi del moto delle masse d'aria a scala sinottica non può unicamente basarsi sulle informazioni dei parametri meteorologici rilevati in prossimità del suolo poiché il loro comportamento è fortemente influenzato da fattori locali, come ad esempio l'orografia, che spesso producono un disaccoppiamento con l'andamento di tali parametri a quote più elevate.

Nella figura successiva viene mostrata la rosa dei venti (direzione e velocità del vento) dei valori misurati a Pratica di Mare nelle ore diurne, in superficie (fig. 2.26 a) e alla quota di 2000 m.(fig. 2.26 b). In entrambe si osserva il contributo della brezza di mare (proveniente da SudOvest) che risulta più intensa negli strati atmosferici più bassi (fig. 2.26 a), mentre alla quota di 2000 m si osservano venti provenienti dal settore angolare NordOvest che in superficie sono completamente assenti.

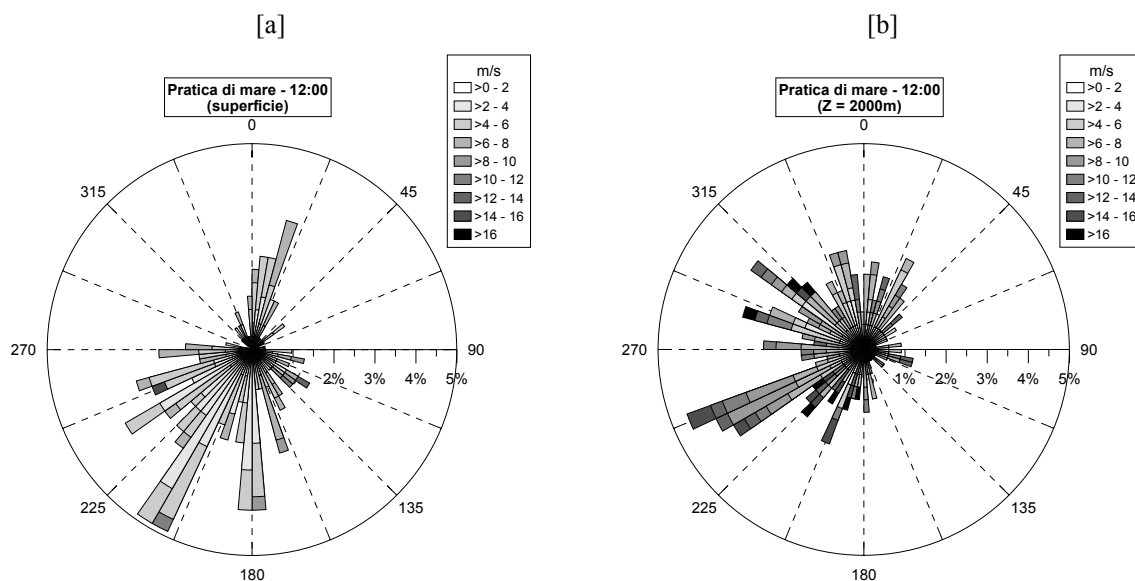


Figura 2.26 – Rose dei venti dei valori rilevati a Pratica di Mare nelle ore diurne. a) valori misurati in superficie; b) valori rilevati alla quota di 2000 m.

Considerando che le stazioni di rilevamento utilizzate per il controllo della qualità dell'aria e per la misura dei principali parametri meteorologici sono posizionate tutte in prossimità del suolo sono state considerati, per la seguente analisi, i radiosondaggi dell'Aeronautica Militare svolti nella zona di Pratica di Mare. Tali misurazioni sono in grado di fornire rilevazioni della direzione e velocità del vento, pressione, temperatura, umidità relativa a quote differenti.

Focalizzando l'attenzione sulla direzione e velocità del vento, per evidenziare le caratteristiche dell'inquinamento che proviene, potenzialmente, da regioni esterne è stata selezionata una quota di riferimento di 1000 metri. La scelta di tale quota è il frutto del compromesso necessario per soddisfare entrambi i criteri seguenti:

- sufficiente distanza dalla superficie terrestre per evidenziare le caratteristiche della circolazione a scala sinottica;
- distanza non troppo elevata in modo da 'conservare' le caratteristiche dinamiche dell'atmosfera all'interno dello Strato Limite Planetario.

In sostanza l'ipotesi su cui si basa la valutazione preliminare degli eventi di intrusione di masse d'aria provenienti da regioni esterne è la rappresentatività, a livello regionale, dei valori di direzione e velocità del vento rilevati a Pratica di Mare alla quota di 1000 m. La validità di tale ipotesi è confortata dal fatto che, dal punto di vista meteorologico, all'aumentare della quota l'interazione superficie-terra decresce, quindi il movimento delle masse d'aria risulta legato in misura minore all'orografia.

Pertanto è possibile estendere le caratteristiche dinamiche dell'atmosfera rilevate alla quota di 1000 m a Pratica di Mare all'intero territorio regionale e, quindi, procedere ad un confronto tra queste ed i valori di concentrazione (in particolare  $PM_{10}$  ed  $NO_2$ ) rilevati nelle stazioni di riferimento selezionate: Fontechiari e Leonessa.

Considerata la differente frequenza di campionamento dei dati a disposizione (tabella 2.11) sono state necessarie alcune considerazioni per rendere congruenti i dati da analizzare.

| Freq. di | dati meteo- | conc- $PM_{10}$ | conc- $NO_2$ |
|----------|-------------|-----------------|--------------|
|----------|-------------|-----------------|--------------|

| campionamento | Pratica di Mare |   |   |
|---------------|-----------------|---|---|
| 1 ora         |                 |   | * |
| 6 ore         | *               |   |   |
| 24 ore        |                 | * |   |

Tabella 2.11 – Frequenza delle rilevazioni dei dati disponibili.

I radiosondaggi effettuati a Pratica di Mare sono rilevazioni effettuate ogni 6 ore (le 6, le 12, le 18 e le 24) di ogni giorno dell'anno, mentre le rilevazioni di biossido di azoto nelle postazioni della rete di rilevamento sono orarie. Considerando che il  $PM_{10}$  è l'unico parametro ad avere un campionamento giornaliero si è deciso di ricampionare sia la concentrazione di  $NO_2$  che i radiosondaggi a livello giornaliero per renderli confrontabili.

Una volta ottenuti i valori medi rappresentativi per ogni giorno dell'anno (il 2005 è stato preso come riferimento) è stata definita la procedura per evidenziare il contributo sulle concentrazioni di  $PM_{10}$  ed  $NO_2$  rilevate al suolo nelle postazioni scelte come riferimento, Fontechiari e Leonessa, dovuto ad influenze esterne.

Considerando la posizione delle due stazioni di riferimento rispetto ai confini del territorio laziale, è stata fatta una selezione dei giorni in funzione della direzione di provenienza del vento per selezionare i casi in cui la concentrazione delle sostanza inquinanti è potenzialmente affetta da un contributo esterno o meno.

Di seguito è riportata una mappa del territorio regionale con le stazioni di riferimento in cui è schematizzata la selezione della direzione di provenienza del vento relativa alle postazioni di Fontechiari e Leonessa (Fig. 2.27). Su Fontechiari, sono stati discriminati i casi (giornalieri) caratterizzati da masse d'aria con una direzione di provenienza del vento dal settore angolare compreso tra le linee in blu (1)-(2) (in senso orario) che rappresentano il contributo sulle concentrazioni rilevate al suolo dovuto all'influenza di sorgenti all'interno del territorio regionale (in sostanza Roma e Frosinone); mentre le masse d'aria che provengono dal settore angolare complementare rappresentano il contributo dovuto a fattori non direttamente collegati a fattori antropici. Lo stesso criterio è valido per la postazione di Leonessa.

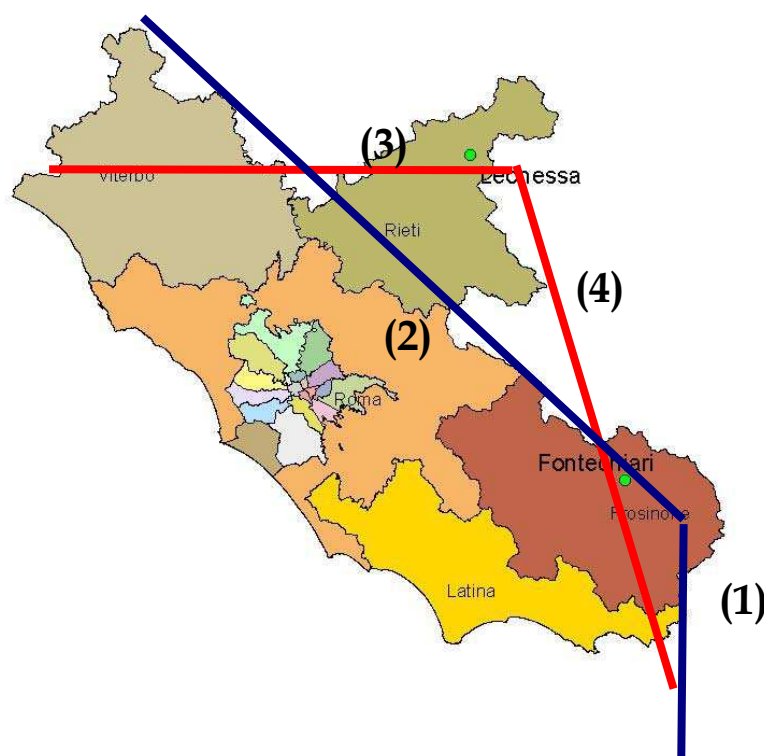


Figura 2.27 – Selezione dei settori angolari (quota: 1000 m) per evidenziare l'influenza da regioni esterne.

Di seguito sono riportate le rose di concentrazione di  $PM_{10}$  ed  $NO_2$  rilevate nella stazione di Fontechiari nel 2005 in funzione della direzione dei venti rilevati a 1000 m dai radiosondaggi secondo lo schema mostrato nella figura precedente.

[a] sorgenti interne

[b] residuo

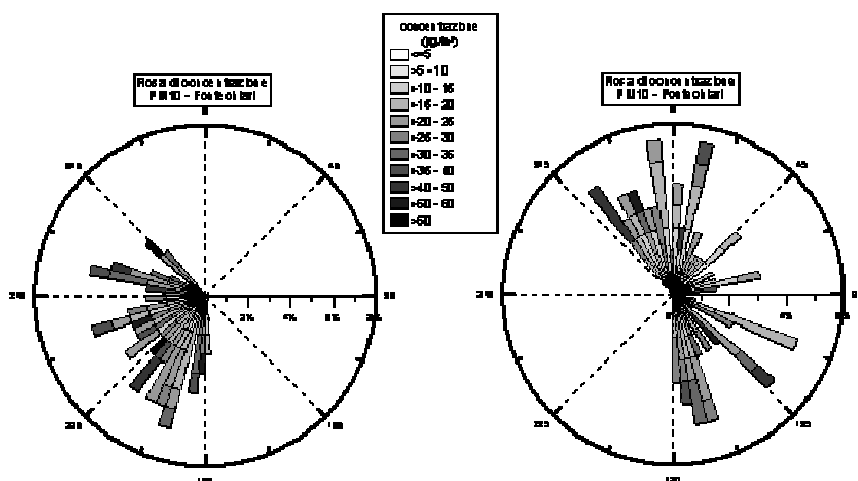


Figura 2.28 – Rose di concentrazione del  $PM_{10}$  misurata a Fontechiari in funzione alla direzione di provenienza del vento rilevata a 1000 m.

In figura è riportata la rosa delle concentrazioni di  $PM_{10}$  rilevate a Fontechiari nel 2005 in funzione della direzione di provenienza del vento. La rosa di concentrazione in figura 2.28a evidenzia i livelli di concentrazione di particolato misurati al suolo che risentono potenzialmente della presenza di sorgenti antropiche che si trovano sulla direttrice del settore angolare studiato (Roma e Frosinone). La figura b evidenzia i valori di concentrazione di  $PM_{10}$  che, in via preliminare, subiscono l'influenza di fattori non direttamente collegabili alla presenza di sorgenti antropiche, quindi influenzati in misura maggiore da fattori come il trasporto e l'inquinamento secondario che contribuiscono al fondo regionale.

Nella seguente figura è mostrata la rosa di concentrazione di biossido di azoto rilevato a Fontechiari in funzione della direzione di provenienza del vento, come fatto precedentemente.

[a] sorgenti interne

[b] residuo

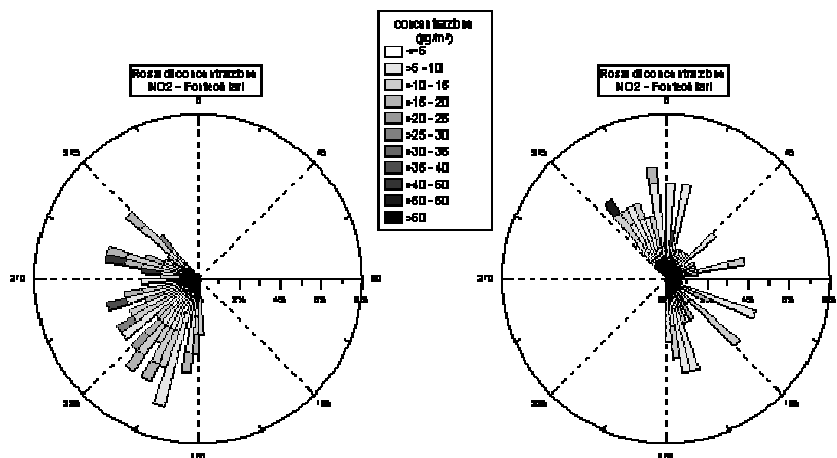


Figura 2.29 – Rose di concentrazione del NO<sub>2</sub> misurata a Fontechiari in funzione alla direzione di provenienza del vento rilevata a 1000 m.

In tabella è riportata la statistica di alcuni indicatori relativa ai dati riportati nella selezione fatta in funzione della direzione del vento riportata nelle figure.

| Fontechiari (µg/m <sup>3</sup> )  | media | minimo | massimo | num. valori | media annua (gg) |
|-----------------------------------|-------|--------|---------|-------------|------------------|
| PM <sub>10</sub> sorgenti interne | 24    | 3      | 71      | 109         | 22               |
| PM <sub>10</sub> residuo          | 21    | 6      | 57      | 129         |                  |
| NO <sub>2</sub> sorgenti interne  | 11    | 3      | 46      | 109         | 10               |
| NO <sub>2</sub> residuo           | 9     | 3      | 52      | 129         |                  |

Tabella 2.12 – indicatori statistici dei dati selezionati nella stazione di Fontechiari.

Il valore medio, minimo e massimo sono gli indicatori di sintesi nei 2 casi considerati:

- sorgenti interne – è l'insieme dei valori giornalieri di concentrazione che si osservano quando la direzione del vento segue la direttrice comprendente le due aree fortemente urbanizzate di Roma e Frosinone;
- residuo – è l'insieme dei valori giornalieri di concentrazione che si osservano quando la direzione di provenienza del vento è complementare alla precedente, e rappresentano potenzialmente il contributo dovuto a fattori non direttamente correlati alla presenza di sorgenti antropiche provenienti dall'interno della regione (inquinamento secondario, trasporto esterno) e legati, in prima analisi, al fondo regionale.

La media annua (relativa al 2005) è calcolata a partire dalle medie giornaliere per permettere il confronto con l'analisi in funzione della direzione del vento riportata nelle figure con le rose di concentrazione svolta su base giornaliera.

Focalizzando l'attenzione sul contributo dovuto a sorgenti prevalentemente antropiche (Roma e Frosinone) e causato dal trasporto di masse d'aria da queste zone critiche dell'entroterra della regione, si osserva un valore medio,  $24 \mu\text{g}/\text{m}^3$  per il  $\text{PM}_{10}$  e  $11 \mu\text{g}/\text{m}^3$  per l' $\text{NO}_2$ , superiore a circa il 14%-20% del valore medio annuale anche in una zona considerata 'pulita' come la località di Fontechiari.

La frazione della concentrazione non direttamente legata a fattori antropici interni ('residuo') conserva, sia per il particolato che per il biossido di azoto, un valore molto vicino alla media annuale che conferma l'importante contributo all'inquinamento atmosferico legato ad uno zoccolo della concentrazione a cui si sovrappone, in condizione meteorologiche sfavorevoli, il contributo proveniente da zone urbanizzate.

La stessa analisi è riportata nella figura 2.30 per la stazione di Leonessa in cui è riportata la concentrazione di biossido di azoto misurata al suolo in funzione della direzione di provenienza del vento rilevata alla quota di 1000 m mediante i radiosondaggi di Pratica di Mare.

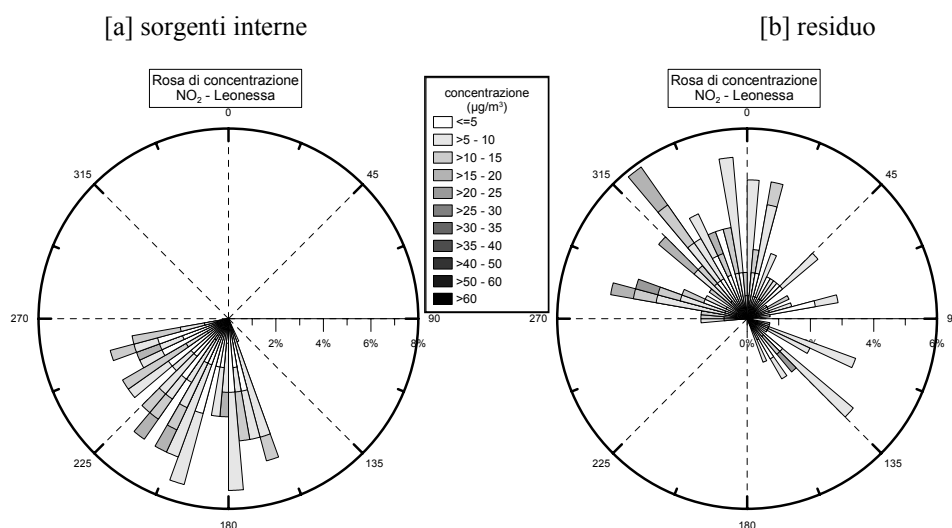


Figura 2.30 – Rose di concentrazione del  $\text{NO}_2$  misurata a Leonessa in funzione alla direzione di provenienza del vento rilevata a 1000 m.

Il valore medio della concentrazione di  $\text{NO}_2$  rilevato a Leonessa nei due casi selezionati è equiparabile con il valore medio annuale calcolato su base giornaliera. Questo comportamento è probabilmente dovuto alla particolare posizione della postazione di Leonessa che è localizzata all'interno di una valle (circa 800 m slm) che ostacola l'intrusione di masse d'aria dalle zone circostanti che riflette la parziale omogeneità dei valori riscontrati nei due casi considerati nella tabella.

| Fontechiari ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) | media | minimo | massimo | num. valori | media annua (gg) |
|--|-------|--------|---------|-------------|------------------|
| $\text{NO}_2$ sorgenti interne           | 7     | 2      | 20      | 97          | 8                |
| $\text{NO}_2$ residuo                    | 8     | 1      | 22      | 137         |                  |

Tabella 2.13 – indicatori statistici dei dati selezionati nella stazione di Rieti.

L'analisi della concentrazione al suolo in funzione della direzione di provenienza del vento contiene una criticità derivante dall'ipotesi di regionalità delle misure di direzione e velocità del vento rilevate a Pratica di Mare alla quota di 1000 m. E' necessario sottolineare che solo una certa frazione della sostanza inquinante che viene 'catturata' in zone esterne e trasportata riesce a 'scendere' al suolo per risultare misurabile dalle postazioni di misura. Tale frazione dipende quantitativamente da un insieme di fattori tra cui la diluizione che subisce l'inquinante nella fase di dispersione (l'intensità di tale processo è legato alla ampiezza della distanza percorsa dalla massa d'aria) e le trasformazioni chimiche cui sono soggette, anche se in misura diversa, le sostanze inquinanti coinvolte nel trasporto.

La frazione che nell'analisi presentata viene indicata come residuo contiene un insieme di fattori che influenzano i valori di concentrazione rilevati nelle postazioni di misura. Complessivamente tale frazione è costituita dalla componente secondaria dell'inquinamento atmosferico, trasporto da lunga distanza, eventi naturali, accumulo e frazione antropica; ciò che realmente non è possibile dedurre alla luce dall'analisi dei dati riportata precedentemente è il peso relativo delle singole componenti durante gli eventi conducibili a fenomeni di inquinamento legati al trasporto da aree esterne. Il fatto di non poter operare tale discriminazione delle varie componenti impedisce una reale quantificazione, in termini di concentrazione, degli eventi di inquinamento generati da trasporto da zone extraregionali.

Uno degli aspetti maggiormente critici nell'individuare, a partire da misure sperimentali, l'apporto all'inquinamento atmosferico regionale derivante esclusivamente dall'intrusione di masse d'aria da regione esterne è dovuto alla complessità dei fenomeni chimico-fisici che si sovrappongono generando le concentrazioni osservate nelle postazioni di monitoraggio dislocate nel territorio regionale. Ogni singola rilevazione della concentrazione di una sostanza inquinante, oraria o giornaliera che sia, è il risultato della sovrapposizione delle diverse componenti che contribuiscono in misura differente (nel tempo e nello spazio) alla misura stessa della concentrazione.

In particolare la componente secondaria, cioè derivante dall'interazione chimica e/o fisica delle sostanze rilasciate in atmosfera da sorgenti antropiche con sostanze che già risiedono nell'atmosfera stessa, risulta in parte legata sia alla frazione antropica che alla frazione legata al trasporto di sostanze antropiche, generato dalla circolazione atmosferica a scala sinottica. Pertanto, relativamente alle rose di concentrazione riportate precedentemente, tale componente influisce sia nel caso degli eventi individuati come sorgenti interne sia nel caso degli eventi residuo ma, probabilmente, con percentuali nei due casi differenti.

Considerando la scala spaziale e temporale su cui agiscono i fenomeni di trasporto da aree esterne è ragionevole pensare ad un coinvolgimento di porzioni di territorio sufficientemente ampie da rendere delicata la fase di disaccoppiamento dei diversi contributi. In ogni caso in presenza di tali processi la concentrazione delle sostanze inquinanti rilevata contiene informazioni relative all'intrusione delle masse d'aria dall'esterno che sono più o meno mascherate dai processi locali; tali informazioni hanno un peso direttamente correlato all'entità di tali processi.

Nonostante la probabile rilevanza, almeno in certi periodi dell'anno, del contributo di inquinamento dovuto al trasporto di lunga distanza risulta ad oggi impossibile quantificarne un andamento realistico ed una accurata distribuzione spaziale.

Nella ricostruzione del quadro emissivo al 2005 e nella valutazione degli scenari, si è pertanto trascurato l'apporto di questa componente, ma per dare un'idea della sua influenza si è, a titolo esemplificativo, analizzato un specifico episodio di trasporto di polveri da lunga distanza. verificatosi nel giugno 2005; i risultati vengono riportati nel paragrafo 3.4.



### 2.3 Analisi dei dati meteorologici

L'analisi del comportamento dei parametri meteorologici nella Troposfera, ossia la zona atmosferica più vicina alla superficie terrestre, evidenzia delle caratteristiche termiche e dinamiche che variano con l'allontanarsi dalla superficie terrestre e che quindi influiscono in misura diversa sui processi di dispersione e di diffusione di una sostanza inquinante rilasciata nei primi strati atmosferici.

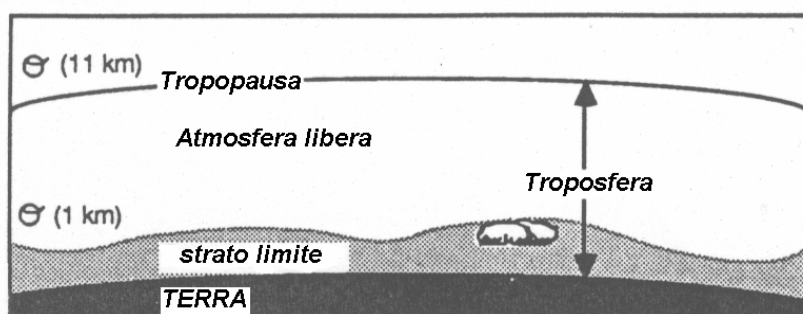


Figura 2.31 - Rappresentazione qualitativa della stratificazione atmosferica (Stull, 1988).

L'influenza della superficie terrestre sulle caratteristiche dinamiche della troposfera è evidenziata dal profilo verticale della velocità del vento: a notevole distanza dalla superficie terrestre l'aria fluisce in maniera relativamente regolare, ma al di sotto di una certa quota (detta estremo superiore dello Strato Limite Planetario o PBL) il vento riduce la propria velocità fino ad annullarsi in corrispondenza dell'interfaccia aria-suolo.

Nello Strato Limite Planetario si genera della turbolenza di origine meccanica. Focalizzando l'attenzione sulla situazione diurna, il comportamento della temperatura è strettamente connesso con la formazione delle 'termiche' o 'piume convettive' che sono alla base della dispersione sia verticale che orizzontale delle sostanze e che, nelle ore in cui la forzante termica risulta intensa, vengono rilasciate in prossimità della superficie terrestre.

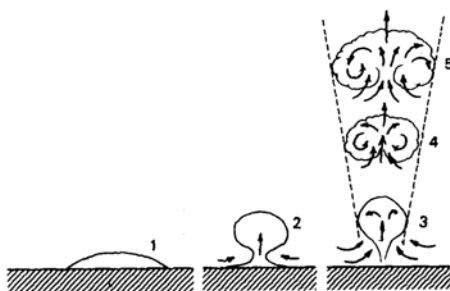


Figura 2.32 - Schematizzazione del processo di formazione di una termica (Oke, 1987).

Durante le ore notturne invece la dinamica delle masse d'aria nei bassi strati atmosferici è caratterizzata da una stabilità che inibisce il moto verticale caratteristico delle ore diurne dovuto al fatto che le masse d'aria adiacenti alla superficie terrestre si trovano a temperatura minore delle masse d'aria sovrastanti. Tali condizioni non favoriscono il moto ascendente delle masse d'aria che, in presenza di vento orizzontale, tendono a spostarsi parallelamente alla superficie terrestre.

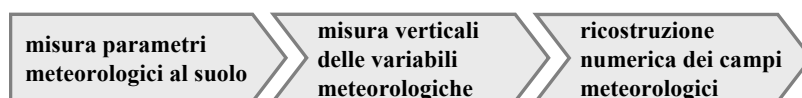
I due processi sinteticamente descritti, che differiscono per la presenza o meno della forzante termica, influiscono in maniera profondamente diversa sul trasporto cui è soggetta una sostanza inquinante nel momento in cui è rilasciata nello Strato Limite Planetario.

Quanto appena descritto in maniera generica è una parte di un processo fisico più ampio che rappresenta la componente dominante dei fenomeni di dispersione, diffusione e trasporto all'interno dello Strato Limite Planetario: la turbolenza atmosferica.

### 2.3.1 Premessa metodologica

La conoscenza delle caratteristiche statiche e dinamiche dell'atmosfera per via totalmente sperimentale è un problema tuttora insoluto vista l'attuale impossibilità tecnologica a misurare direttamente i differenti parametri meteorologici e micrometeorologici in tutto il volume di atmosfera di interesse.

L'unica possibilità attualmente possibile è costituita dalla procedura operativa seguente:



Misura dei principali parametri meteorologici in una rete di rilevamento costituita da postazioni di misura localizzate nelle immediate vicinanze del suolo. I problemi insiti nelle misure meteorologiche al suolo sono il fatto che per ragioni tecniche, economiche ed organizzative il numero di punti di misura è limitato e distribuito irregolarmente nello spazio e il problema della rappresentatività delle misure di una stazione in quanto le strutture orografiche, la presenza di zone urbane e i differenti usi del suolo fanno sì che lo strato d'aria in prossimità della superficie terrestre risulti particolarmente perturbata e presenti un grado di disaccoppiamento rispetto alle masse d'aria sovrastanti. Le stazioni di misura localizzate all'interno della struttura urbana o in siti ad elevata orografia rilevano tutte queste perturbazioni ed evidenziano con fatica le caratteristiche a mesoscala dell'atmosfera.

Misura dei profili verticali delle variabili meteorologiche. Disporre di tali misure significa poter ottenere informazioni anche nella parte medio-alta dell'atmosfera, al di fuori delle perturbazioni indotte dalle irregolarità locali.

Ricostruzione numerica dei campi meteorologici. Poiché la dinamica dell'atmosfera (e quindi la variazione nello spazio e nel tempo delle principali variabili meteorologiche) è completamente descritta dalle leggi della Fluidodinamica, e vista l'incapacità delle sole misure a dar conto della struttura dello Strato Limite Planetario e della sua evoluzione vengono utilizzati modelli fluido-dinamici di tipo numerico per assimilare le informazioni sperimentali disponibili.

Nel presente lavoro, vista la necessità di ricostruire la distribuzione nello spazio e nel tempo dei principali inquinanti nell'anno di riferimento 2005 allo scopo di valutare l'impatto delle varie misure di risanamento possibili, è stato indispensabile ricostruire i campi tridimensionali delle variabili meteorologiche per ogni ora dell'anno su un dominio regionale opportunamente vasto. Questa richiesta informativa è dettata dall'impiego di un modello numerico di tipo euleriano in grado di simulare il trasporto, la diffusione, la deposizione e la trasformazione chimica e fotochimica degli inquinanti presenti in atmosfera. A tale scopo si è proceduto come segue:

1. sono state recuperate le misure meteorologiche ottenute nel 2005 da una rete al suolo presente nel territorio regionale;
2. sono state recuperate le misure di profilo notturno e diurno risultante dai radiosondaggi realizzati nel 2005 a Pratica di Mare;
3. sono state recuperate le ricostruzioni meteorologiche e micrometeorologiche a maglia media realizzate a cura del Ministero dell'Ambiente per il 2005 nell'ambito del progetto MINNI. Tali ricostruzioni sono state ottenute impiegando il modello RAMS in modalità prognostica. Per queste ricostruzioni sono state impiegate le analisi meteo standard (NCEP) realizzate dal US-NOAA con un modello globale come condizioni iniziali e al contorno, e sono state assimilate le misure meteorologiche al suolo ed in quota disponibili presso le stazioni sull'intero territorio nazionale e su buona parte del territorio europeo e nord-africano;
4. è stato realizzato un downscaling di tali ricostruzioni tridimensionali orarie riportando la risoluzione spaziale ad una maglia orizzontale di 4 Km di lato per un dominio spaziale circoscritto al territorio regionale. Tale downscaling è stato realizzato impiegando il modello RAMS in modalità diagnostica, assimilandolo alle misure rilevate al suolo e in quota nel territorio regionale e nelle immediate vicinanze.
5. è stato realizzato in modo analogo un downscaling su una maglia orizzontale di 1 Km di lato in un dominio spaziale circoscritto al comune di Roma. Anche in questo caso è stata realizzata un'assimilazione con le misure locali.

Il risultato ottenuto è stata la ricostruzione oraria tridimensionale dei campi meteo necessari al funzionamento del sistema modellistico di simulazione della dispersione degli inquinanti in aria.

Nei punti che seguono vengono presentate sinteticamente le misure rilevate nelle postazioni di misura al suolo, le misure ottenute dai radiosondaggi giornalieri realizzate a Pratica di Mare e alcune elaborazioni statistiche ottenute dalle ricostruzioni modellistiche.

### *2.3.2 Rete di rilevamento dei parametri meteorologici*

In questa sezione viene riportata l'analisi dei principali parametri meteorologici rilevati al suolo dalla rete di rilevamento di ARPA Lazio.

Nella tabella seguente (Tab. 2.14) sono indicate le postazioni della rete regionale in cui vengono realizzate alcune misure meteorologiche ed i relativi parametri rilevati effettuate su base oraria e nelle immediate vicinanze del suolo allo scopo di contribuire alla comprensione dei meccanismi fisico-chimici che stanno alla base del trasporto, della dispersione e della deposizione degli inquinanti sul territorio.

In effetti, oltre a parametri meteorologici di uso del tutto generale (l'umidità media dell'aria, la temperatura e la pressione barometrica), vengono rilevati altri parametri dedicati, ciascuno, ad un particolare aspetto del processo di dispersione degli inquinanti in aria. Il primo gruppo di parametri è costituito dalla velocità e direzione media del vento (VV e DV); l'insieme dei valori misurati nelle varie postazioni realizza un campionamento essenziale del campo di vento che si viene ad instaurare sul territorio e che determina il trasporto delle masse d'aria e quindi degli inquinanti stessi. Il secondo gruppo di parametri è costituito dalla pioggia cumulata (PIOG), che fornisce la visione dei fenomeni di dispersione e, soprattutto, di deposizione degli inquinanti evidenziando l'innescarsi dei processi di dilavamento dell'atmosfera e quindi di deposizione umida al suolo, e dalla radiazione solare globale (RADS) che quantifica l'energia esterna (solare) ricevuta dalla parte bassa dell'atmosfera e dalla radiazione netta che evidenzia la disponibilità energetica dell'atmosfera per la generazione di moti turbolenti delle masse d'aria che determinano la dispersione (o meglio la diffusione turbolenta) degli inquinanti ivi contenuti.

| Stazioni             | TEMP | UMR | PRESS | VV | DV | PIOG | RADS |
|----------------------|------|-----|-------|----|----|------|------|
| <b>Ada</b>           | *    | *   | *     | *  | *  | *    | *    |
| Arenula              | *    | *   | *     | *  | *  |      |      |
| <b>Cinecittà</b>     | *    | *   |       |    |    |      | *    |
| Francia              | *    | *   |       |    |    |      | *    |
| Magna Grecia         | *    | *   |       |    |    |      | *    |
| Saredo               | *    | *   | *     | *  | *  | *    | *    |
| Tiburtina            | *    | *   |       |    |    |      | *    |
| <b>Civitavecchia</b> | *    | *   | *     | *  | *  | *    | *    |
| Colleferro Oberdan   | *    | *   | *     | *  | *  | *    | *    |
| <b>Guidonia</b>      |      |     |       | *  | *  |      |      |
| <b>Segni</b>         |      |     | *     | *  | *  | *    | *    |
| Alatri               | *    | *   | *     | *  | *  | *    | *    |
| Anagni               |      |     |       | *  | *  |      |      |
| Ceccano              |      |     |       | *  | *  |      |      |
| Ferentino            | *    | *   | *     | *  | *  | *    | *    |
| Fontechiari          | *    | *   | *     | *  | *  | *    | *    |
| <b>FR – meteo</b>    | *    | *   | *     | *  | *  | *    | *    |
| <b>LT – meteo</b>    | *    | *   | *     | *  | *  | *    | *    |
| LT - scalo           |      |     |       | *  | *  |      |      |
| <b>Leonessa</b>      | *    | *   | *     | *  | *  |      | *    |
| <b>RI – meteo</b>    | *    | *   | *     | *  | *  |      | *    |
| <b>VT – meteo</b>    | *    | *   | *     | *  | *  |      | *    |

Tabella 2.14 - Parametri meteo rilevati nelle differenti postazioni. In neretto sono indicate le postazioni considerate nelle analisi successive.

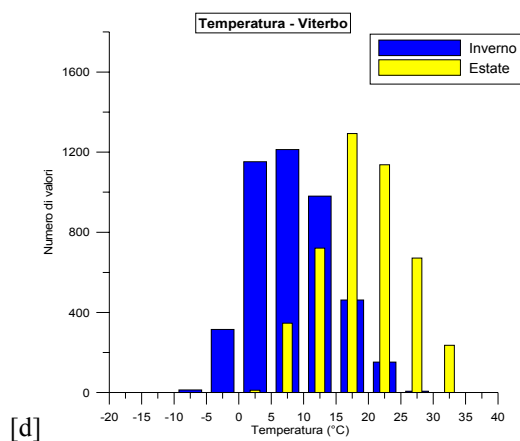
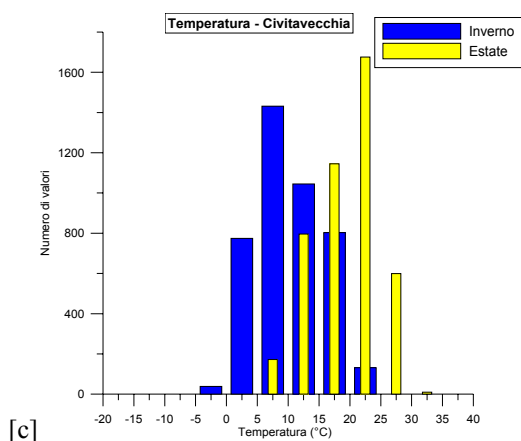
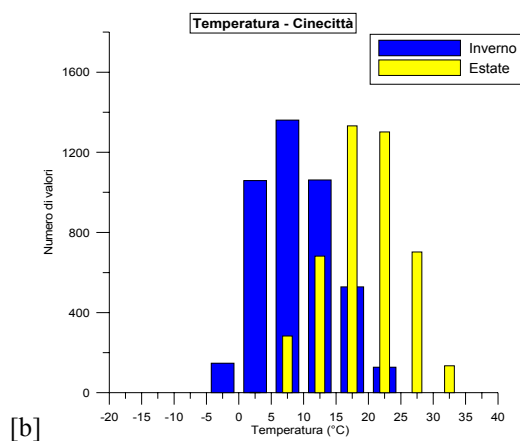
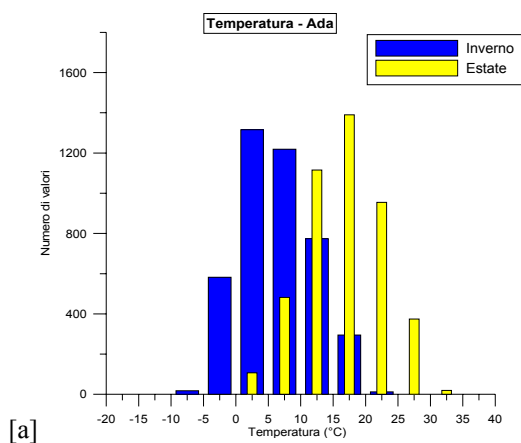
In base ad una valutazione preliminare della rappresentatività meteorologica delle singole stazioni, cioè del fatto che le misure realizzate non fossero eccessivamente perturbate da effetti locali (es. canyon urbani, situazioni di blocco del movimento delle masse d'aria, coefficiente di albedo anomalo, etc.), sono state selezionate una serie di stazioni ritenute più significative sia dal punto di vista della rappresentatività del dato che dal punto di vista spaziale. Le stazioni selezionate sono indicate in neretto nella precedente tabella.

### 2.3.3 Caratteristiche termiche della circolazione al suolo

#### Distribuzione in frequenza della temperatura

Nelle figure seguenti viene riportata la distribuzione in frequenza della temperatura rilevata nel 2005 nelle stazioni di monitoraggio selezionate nel semestre estivo (dal 21 marzo al 23 settembre) e nel semestre invernale (complementare del periodo estivo) per evidenziare l'effetto della diversa intensità della radiazione solare sull'andamento della temperatura rilevata al suolo.

Come ci si aspetta le distribuzioni in frequenza della temperatura presentano un andamento simile in tutte le stazioni considerate. A causa della forzante termica di intensità chiaramente differente tra il semestre estivo ed invernale entrambe le distribuzioni, per ogni stazione, riflettono l'andamento di una distribuzione normale centrata intorno al valore medio che risulta maggiore durante il periodo estivo rispetto al periodo invernale.



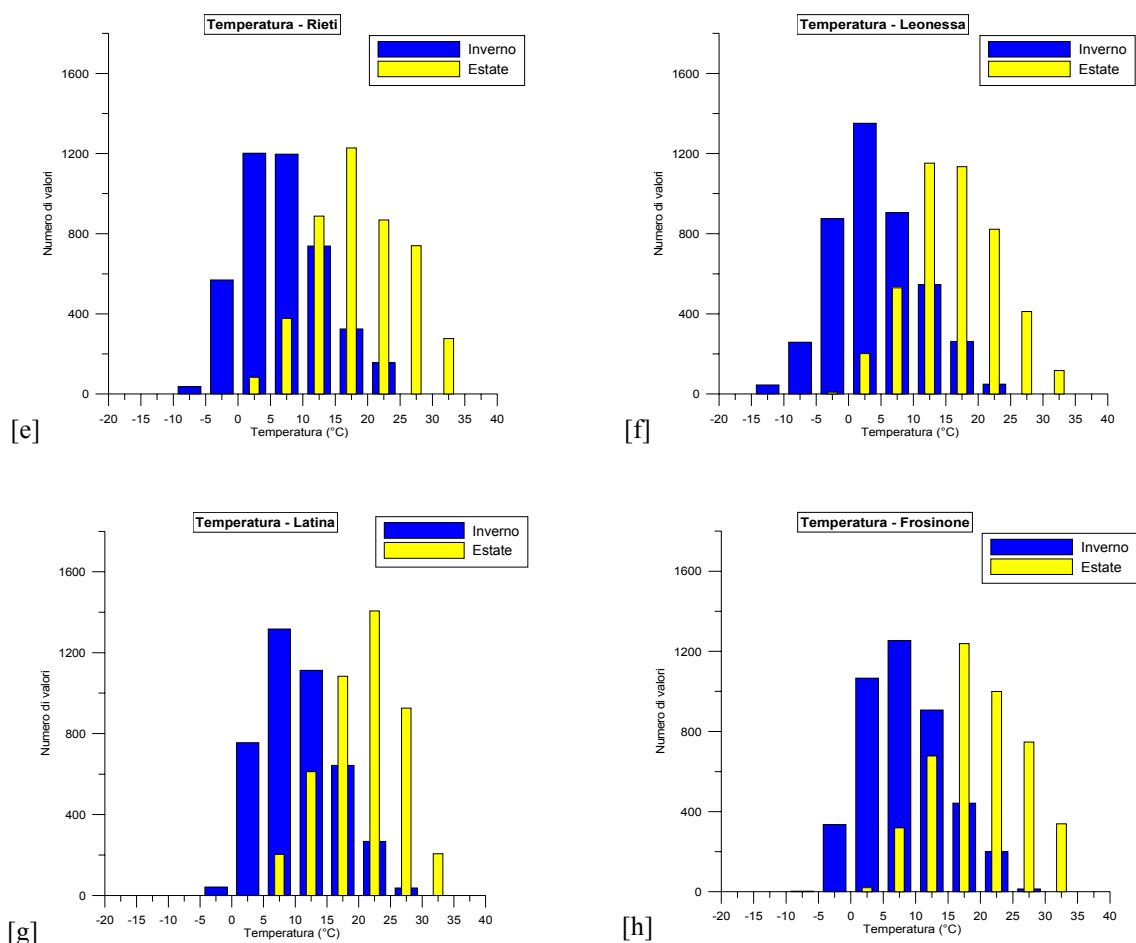


Figura 2.33 - Distribuzione in frequenza della temperatura rilevata nelle stazioni di monitoraggio di Arpalazio nel 2005

Nella seguente tabella sono riportati i valori medi, massimi e minimi e la percentuale di valori presenti in ogni semestre nelle stazioni indicate.

| Temperatura - 2005 |                 |       |     |         |          |                    |       |     |         |          |
|--------------------|-----------------|-------|-----|---------|----------|--------------------|-------|-----|---------|----------|
| Stazioni           | semestre estivo |       |     |         |          | semestre invernale |       |     |         |          |
|                    | min             | media | max | mediana | % valori | min                | media | max | mediana | % valori |
| Ada                | 1               | 17    | 35  | 17      | 99.5%    | -6                 | 6     | 22  | 6       | 98.1%    |
| Cinecittà          | 5               | 20    | 38  | 20      | 99.4%    | -4                 | 9     | 24  | 8       | 99.7%    |
| Civitavecchia      | 5               | 20    | 32  | 20      | 98.5%    | -4                 | 10    | 24  | 10      | 98.3%    |
| Viterbo            | 4               | 20    | 39  | 20      | 98.9%    | -6                 | 8     | 27  | 8       | 99.9%    |
| Rieti              | 1               | 19    | 39  | 19      | 99.9%    | -8                 | 7     | 25  | 6       | 98.3%    |
| Leonessa           | -1              | 17    | 37  | 16      | 98.1%    | -16                | 4     | 22  | 4       | 99.9%    |
| Frosinone          | 3               | 20    | 41  | 20      | 97.2%    | -6                 | 8     | 27  | 8       | 98.3%    |
| Latina             | 5               | 21    | 36  | 21      | 99.4%    | -2                 | 11    | 27  | 10      | 97.2%    |

Tabella 2.15 - Valori medi, minimi e massimi della temperatura rilevati nelle stazioni di monitoraggio. E' indicato con %valori la percentuale di valori presenti.

In entrambe le stagioni la temperatura minima, media e massima misurata a Villa Ada risulta leggermente inferiore a quanto rilevato a Cinecittà. Tale comportamento è giustificato dal fatto che la stazione di Villa Ada è posta all'interno del parco omonimo risentendo quindi in misura minore degli effetti dovuti alla presenza di costruzioni rispetto alla stazione di Cinecittà. In sostanza, ciò evidenzia il fenomeno ben documentato di presenza di un'isola fredda nell'isola di calore cittadina. Ciò che ha evidenziato Villa Ada è altamente probabile che si riproponga in corrispondenza degli altri parchi presenti a Roma proporzionalmente all'estensione del parco e dipendente dalla copertura vegetale prevalente.

I valori più bassi di temperatura, in termini di valore medio, minimo e massimo, si osservano nella postazione di Leonessa poiché situata in una zona completamente aperta, lontana da ogni tipo di costruzione e a quota elevata nella zona della regione con maggiore orografia.

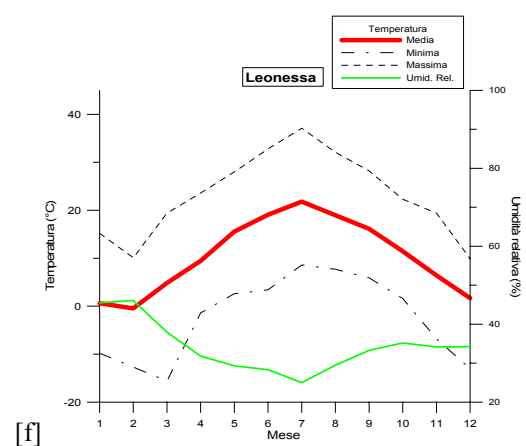
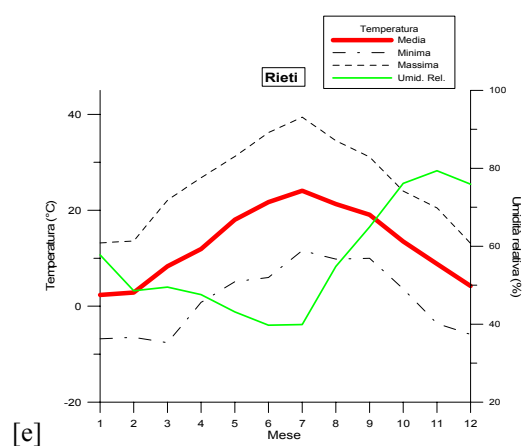
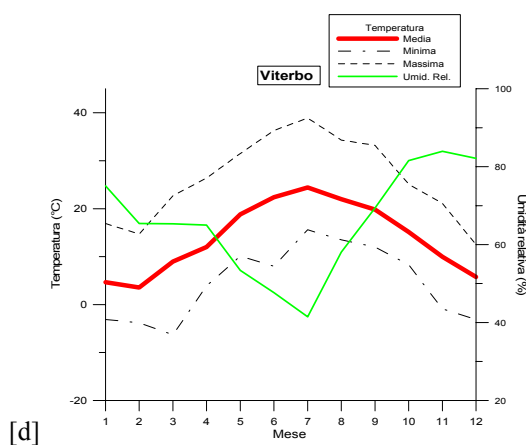
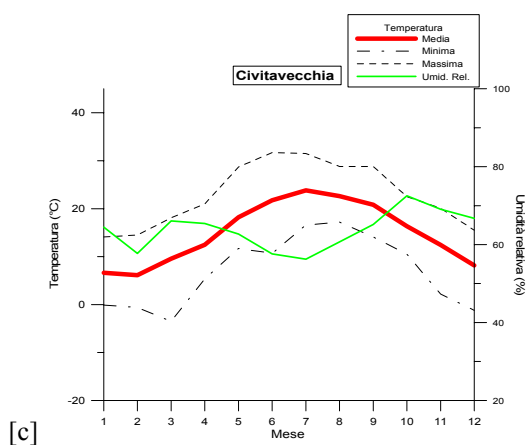
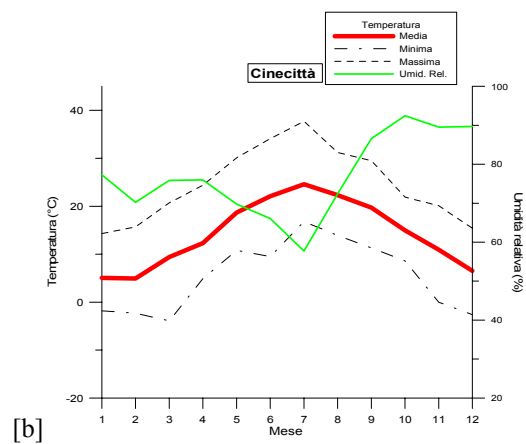
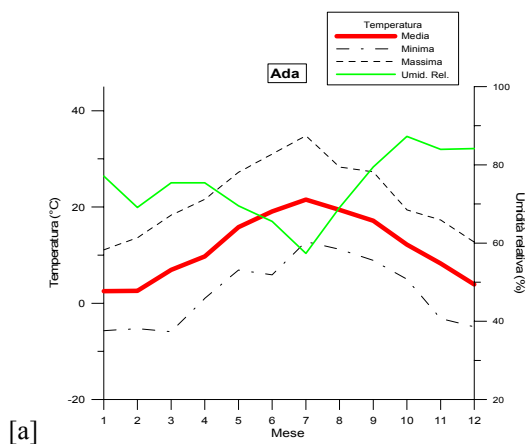
In entrambi i periodi, i valori medi della temperatura misurati nelle stazioni urbane (Cinecittà, Civitavecchia, Viterbo, Frosinone, Latina e Rieti) risultano molto vicini con il massimo che si osserva a Frosinone.

La mediana e il valore medio si avvicinano molto in entrambi i periodi considerati e in tutte le stazioni; tale comportamento è un indicatore del fatto che la distribuzione è approssimativamente una normale.



### Medie mensili della temperatura e umidità

Nelle figure 2.34(a-h) sono riportate le medie, i minimi e i massimi mensili della temperatura e il valore medio dell'umidità relativa rilevate nelle stazioni selezionate nel 2005.



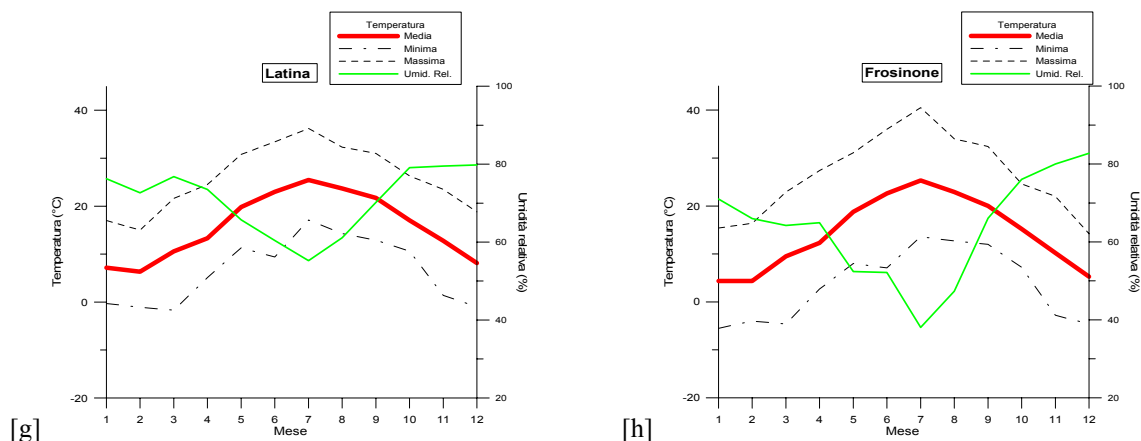


Figura 2.34 - Valori Medi, minimi e massimi mensili della temperatura e valori medi dell'umidità relativa rilevate nel 2005.

I valori medi mensili della temperatura raggiungono il valore massimo in corrispondenza del minimo di umidità relativa nel mese di luglio in tutte le stazioni considerate, mentre il valore minimo si osserva durante i mesi invernali quando l'umidità subisce un incremento.

Il comportamento della temperatura e dell'umidità rilevate a Villa Ada ricalca quello misurato a Cinecittà dove si rilevano valori più elevati.

### Radiazione solare

La Radiazione solare è uno dei parametri meteorologici che ha maggiore influenza sulla temperatura: è una misura della quantità di energia solare che arriva al suolo e dipende da vari fattori come la stagione, la nuvolosità e la posizione del sole rispetto al punto di osservazione. Per completezza in figura 2.4 viene mostrato l'integrale giornaliero, che rappresenta la quantità di energia disponibile ogni giorno, della radiazione solare rilevata nelle stazioni di Ada, Civitavecchia, Cinecittà e Leonessa.

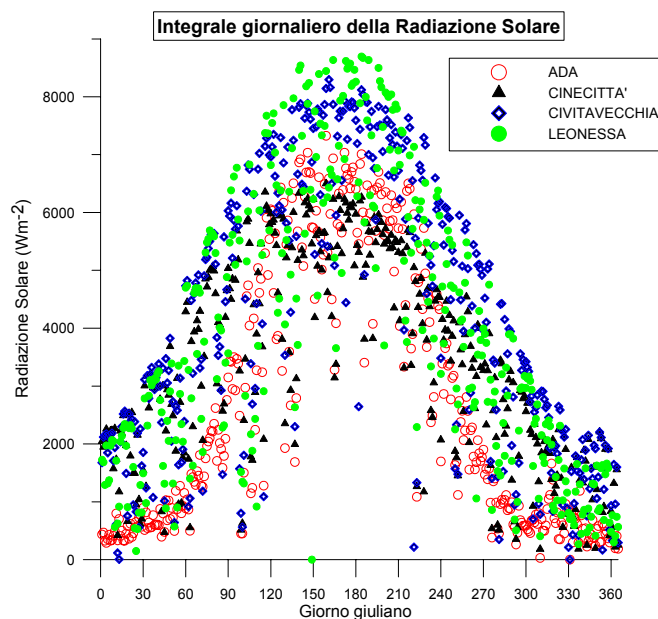


Figura 2.35 - Integrale giornaliero della radiazione solare rilevata al suolo nelle stazioni: Ada, Cinecittà, Civitavecchia e Leonessa nel 2005.

Il comportamento della radiazione solare, come ci si aspetta, subisce un incremento durante il semestre estivo con il massimo intorno al mese di luglio.

### Precipitazioni

Di seguito sono riportati i valori orari di pioggia rilevata nell'arco dell'anno 2005 nelle stazioni che, dal punto di vista della distribuzione spaziale, sono state ritenute le più indicative.

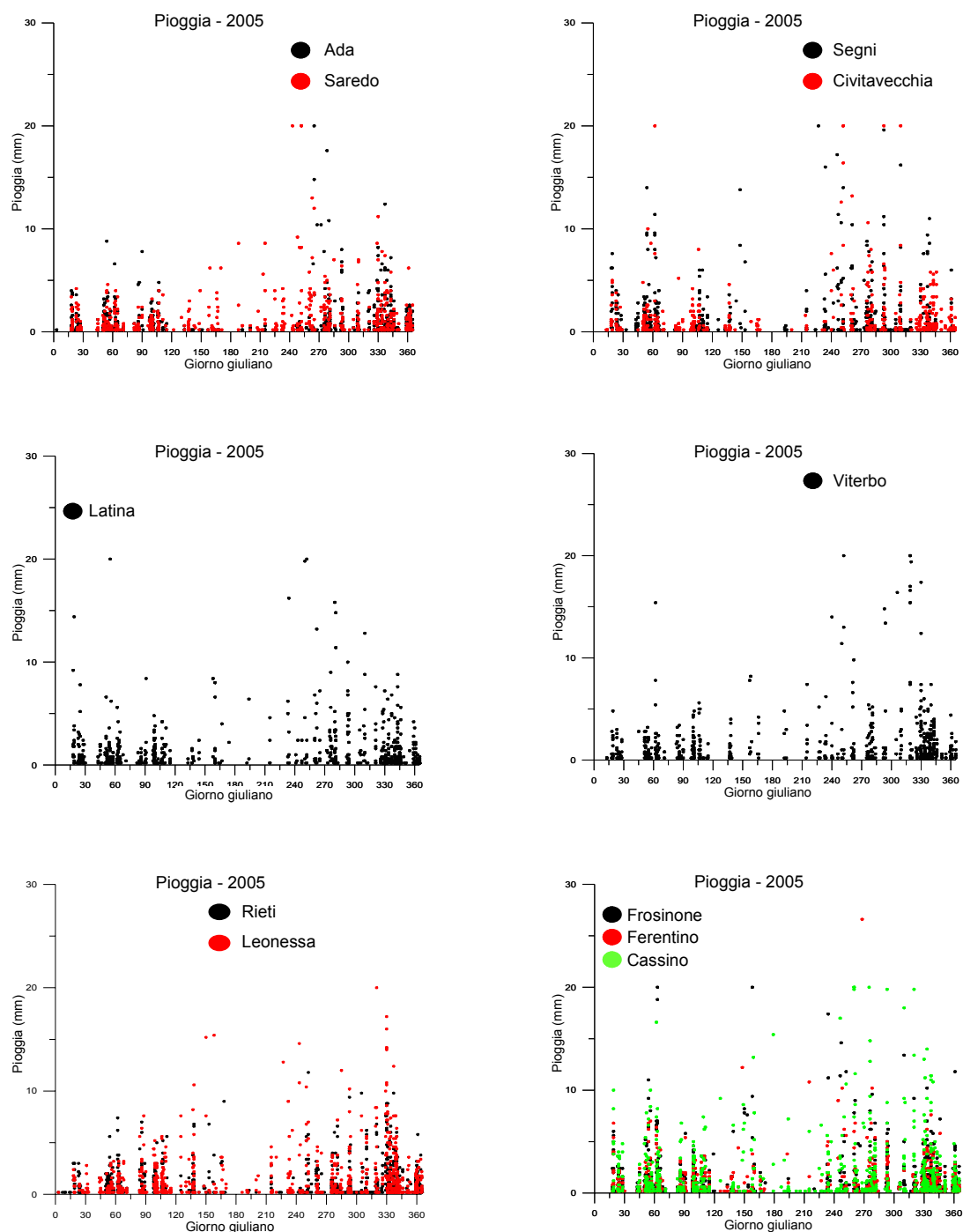


Figura 2.36 – Valori orari di pioggia rilevati nel 2005.

#### 2.3.4 *Caratteristiche dinamiche della circolazione al suolo*

In questa sezione viene riportato l'andamento della direzione prevalente del vento in funzione della velocità rilevata al suolo nelle centraline precedentemente selezionate.

Le caratteristiche dinamiche degli strati atmosferici più bassi sono strettamente legate all'orografia a causa della vicinanza della superficie terrestre, inoltre il comportamento della direzione e della velocità del vento può subire forzature in base alla presenza di eventuali ostacoli localizzati nelle vicinanze del punto di misura. Il fenomeno più frequente che si verifica, se il punto di misura è localizzato in una zona urbana, è l'incanalamento del vento che in questa situazione mantiene una direzione del flusso lungo eventuali strade (più o meno ampie) adiacenti alla stazione di rilevamento.

Un ruolo fondamentale nel comportamento dei parametri dinamici della bassa atmosfera è svolto dalle caratteristiche e dalla struttura degli ostacoli che si trovano in prossimità della postazione di misura e dalla posizione di quest'ultima rispetto agli edifici o, più in generale, agli ostacoli stessi. Nel caso particolare in cui la postazione di monitoraggio sia localizzata in prossimità di una strada sufficientemente 'stretta' e nel caso in cui gli edifici siano sufficientemente alti può configurarsi una situazione che, all'interno di una zona urbana, risulta piuttosto frequente: il cosiddetto canyon urbano. In questa situazione l'andamento della direzione e della velocità del vento risulta solo in parte collegato (in alcuni casi addirittura indipendente) all'andamento del vento appena al di sopra degli edifici stessi. È evidente che in situazioni di questo tipo l'analisi della velocità e della direzione del vento riflette un andamento di questi parametri legato ad effetti strettamente locali (nell'intorno della postazione) che possono variare considerevolmente anche spostando il punto di misura di qualche centinaio di metri.

La selezione delle postazioni di misura fatta in via preliminare soddisfa alcuni requisiti fondamentali tra cui la possibilità di dare una fotografia complessiva del territorio in esame e la rappresentatività del dato misurato di una zona che non fosse strettamente circoscritta al punto di misura.

Dato che la forzante termica è il motore principale da cui dipende l'andamento dei principali parametri meteorologici, l'analisi della direzione e della velocità del vento nelle postazioni di misura selezionate è stata condotta confrontando la distribuzione relativa all'intero anno dei dati disponibili, le distribuzioni osservate durante le ore di maggiore insolazione (dalle 9 alle 16) e le distribuzioni osservate durante le ore notturne (dalle 23 alle 6) nel 2005.

##### Roma Villa Ada

Nelle figure seguenti è mostrato il comportamento, comprensivo di tutte le ore dell'anno (figura 2.37a), delle ore diurne (dalle 9 alle 16 – figura 2.37b) e delle ore notturne (dalle 23 alle 6 – figura 2.37c), della direzione del vento in funzione di 4 classi della velocità rilevate al suolo nella postazione di Roma – Villa Ada nel 2005.

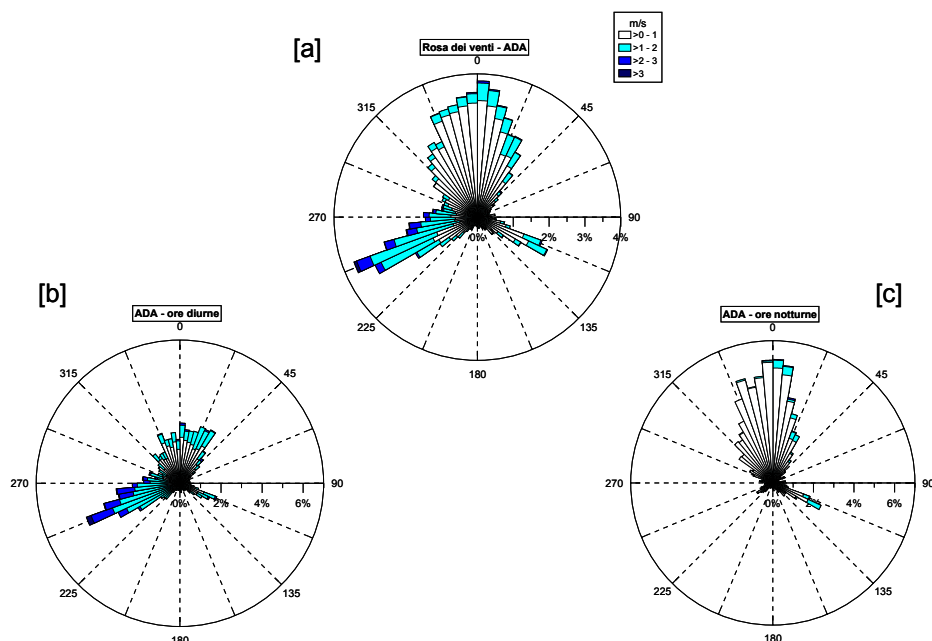


Figura 2.37 - Direzione e velocità del vento complessiva (a), per le ore diurne (b), per le ore notturne (c) rilevate nella postazione di Villa Ada nel 2005.

L'analisi dei venti nella postazione di Roma Villa Ada evidenzia una direzione prevalente del vento proveniente da 2 settori angolari distinti, Nord e SudOvest (figura 2.37a). È interessante notare come queste due direzioni siano legate agli effetti del ciclo giornaliero solare ed alle condizioni marine caratterizzate da un accentuato regime di brezza. In effetti, durante le ore di maggiore insolazione la direzione di provenienza dominante del vento è SudOvest con dei venti che raggiungono intensità maggiori di 3 m/s (figura 2.37b), mentre durante le ore notturne la direzione dominante è Nord (con uno 'sparpagliamento nel settore angolare NordOvest-NordEst) con dei venti di intensità massima di 2 m/s (figura 2.37c). Si osserva, nell'analisi complessiva (figura 2.37a), un numero ridotto di eventi caratterizzati da flusso di vento proveniente da SudEst che sembra non dipendere dal ciclo giornaliero in quanto è presente sia nella rose dei venti relativa alle ore diurne (figura 2.37b) che notturne (figura 2.37c), e quindi sembra rappresentare situazioni sinottiche tipiche.

## Civitavecchia

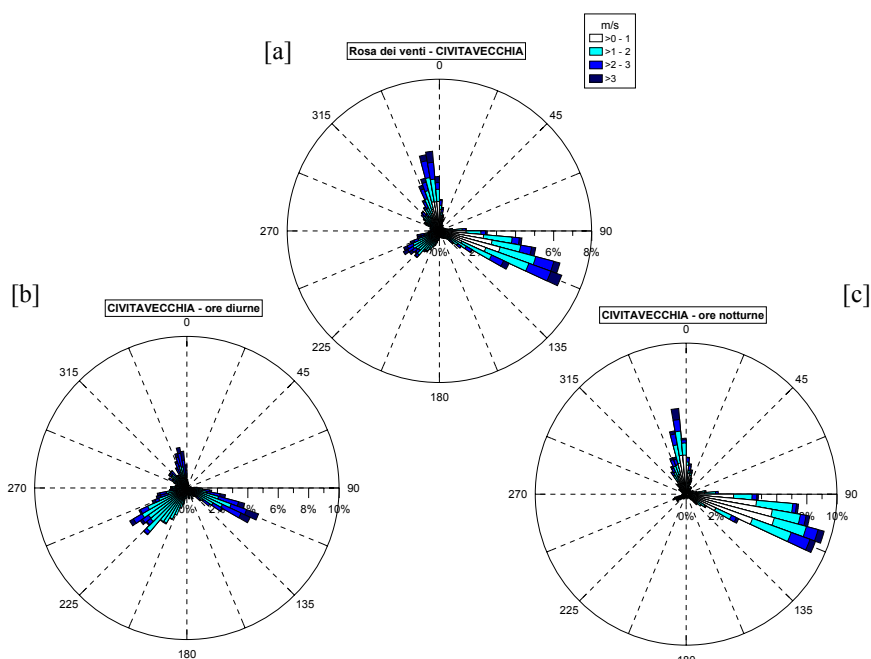


Figura 2.38 - Direzione e velocità del vento complessiva (a), per le ore diurne (b), per le ore notturne (c) rilevate nella postazione di Civitavecchia nel 2005.

L'analisi dei venti rilevata a Civitavecchia mostra complessivamente tre settori angolari dominanti della direzione di provenienza del vento, da SudEst, NordOvest e SudOvest. La componente del vento proveniente da SudOvest si osserva durante le ore diurne con venti di intensità principalmente intorno ai 2 m/s. La componente proveniente da SudEst si osserva sia durante le ore diurne che durante le ore notturne con intensità dei venti che durante la notte sono più deboli che durante il giorno. Analoghe considerazioni possono essere estese alla componente del vento proveniente da NordOvest. E' interessante, a questo punto, sottolineare come il vento al suolo rilevato a Roma - Villa Ada e a Civitavecchia siano molto simili, al di là di una maggiore presenza della componente da SudOvest. Ciò sta a significare, probabilmente, che il regime anemologico che si instaura in prossimità della costa (situazione evidenziata a Civitavecchia) persiste ad alcune decine di chilometri nell'entroterra sostanzialmente imperturbato (come mostrato dalle rose dei venti di Roma – Villa Ada).

## Viterbo

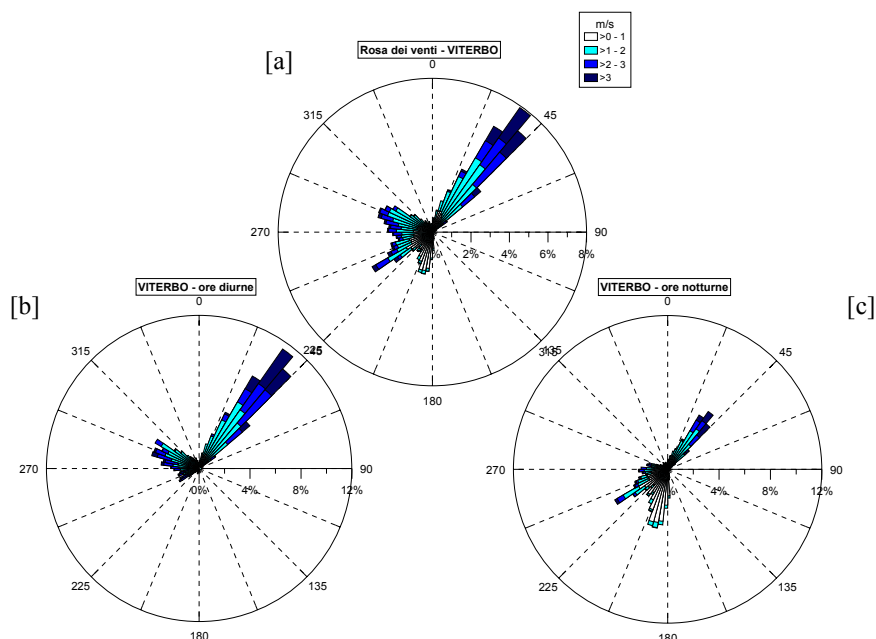


Figura 2.39 - Direzione e velocità del vento complessiva (a), per le ore diurne (b), per le ore notturne (c) rilevate nella postazione di Viterbo nel 2005.

La rosa dei venti complessiva mostra una direzione del vento dominante (NordEst) e una piccola percentuale di eventi nell'arco angolare tra NordOvest e Sud.

Il settore prevalente con venti da NordEst è sicuramente il risultato dell'effetto di incanalamento prodotto dalle due strutture vulcaniche adiacenti alla città di Viterbo ed attualmente occupate dai laghi di Bolsena (NordOvest con quote superiori a 600 m) e di Vico (a Sud, con quote superiori a 800 m). Questa forzante orografica, evidentemente stabilizzata dalle condizioni sinottiche prevalenti sulla regione, è comune sia di giorno che di notte.

Quando tali condizioni sinottiche vengono meno, durante le ore diurne emerge una circolazione da NordOvest. Una possibile giustificazione di ciò risiede nel fatto che la notevole estensione del lago di Bolsena determina l'instaurarsi di una brezza di lago che, in qualche modo, si estende fino alla città di Viterbo. Questo fenomeno dura nell'arco delle ore diurne esaurendosi durante la notte quando prendono il sopravvento i venti catabatici da Sud prodotti dal cono vulcanico del lago di Vico.



## Guidonia

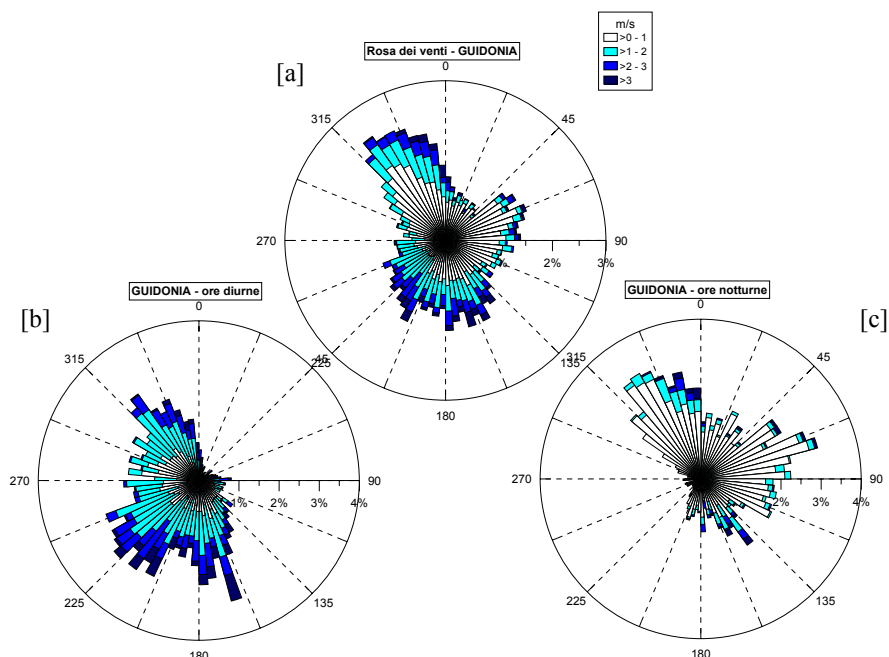


Figura 2.40 - Direzione e velocità del vento complessiva (a), per le ore diurne (b), per le ore notturne (c) rilevate nella postazione di Guidonia nel 2005.

Le caratteristiche della circolazione osservata nella postazione di Guidonia risulta essere maggiormente distribuita nei vari settori angolari rispetto a quanto osservato nelle postazioni di Villa Ada e Civitavecchia. Complessivamente si osserva una direzione prevalente del vento proveniente da NordOvest.

Sia la distribuzione osservata durante le ore diurne che durante le ore notturne presenta una componente del vento proveniente da questo settore angolare ma con intensità differenti della velocità del vento. Durante le ore di maggiore insolazione la velocità del vento risulta essere più intensa. La componente del vento proveniente da SudOvest è principalmente legata alla circolazione diurna quando si osservano intensità anche superiori a 3 m/s, mentre la componente proveniente dal settore NordEst-Est è legata alla circolazione che si osserva durante la notte ed è caratterizzata da venti di debole intensità (principalmente inferiori a 1 m/s).

## Rieti

In questo caso, a causa della notevole differenza tra le scale di misura, per una migliore visualizzazione le rose dei venti nelle ore diurne e notturne sono state riportate con scale differenti: la distribuzione complessiva (figura 2.41a) riporta una scala che si estende da 0%-8%, mentre la distribuzione delle ore diurne da 0%-4%.

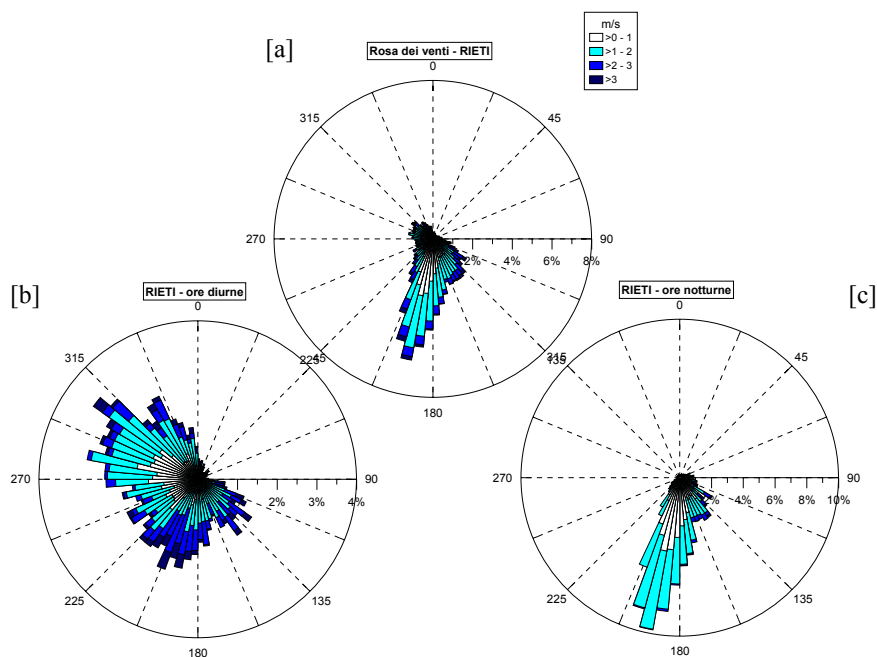


Figura 2.41 - Direzione e velocità del vento complessiva (a), per le ore diurne (b), per le ore notturne (c) rilevate nella postazione di Rieti nel 2005.

La direzione prevalente del vento è chiaramente proveniente dal settore angolare Sud-SudOvest (figura 2.41a) che è legata soprattutto alla circolazione che si osserva durante le ore notturne caratterizzata da venti che non superano i 2 m/s. (figura 2.41b). Sempre in questo settore angolare la frequenza di eventi, seppure notevolmente ridotta, caratterizzati da venti di intensità superiore ai 2 m/s è legata ad alcuni casi che si verificano durante le ore diurne (figure 2.41a). Se si confronta ciò con la struttura orografica che vede la valle del Tevere (orientata lungo la direttrice NNordEst – SSudOvest) terminare in corrispondenza della città di Rieti, tale componente anemologica è chiaramente il risultato di un incanalamento orografico.

Nelle ore in cui la radiazione solare risulta più intensa non si osserva una componente dominante della direzione del vento (figura 2.41b), ma la circolazione al suolo sembra interessare più settori angolari (tra NordOvest e Sud) ed è caratterizzata da velocità del vento anche superiori a 3 m/s.

#### Leonessa

La postazione di Leonessa mostra una direzione prevalente del vento da NordEst indipendente dal ciclo solare come evidenziato dal fatto che la distribuzione complessiva è simile a quella osservata nelle ore diurne e notturne.

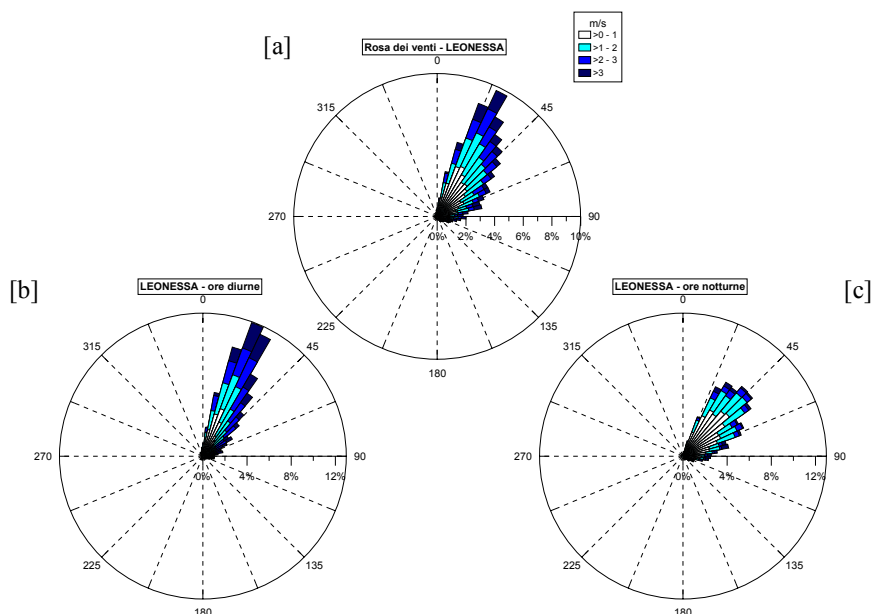


Figura 2.42 - Direzione e velocità del vento complessiva (a), per le ore diurne (b), per le ore notturne (c) rilevate nella postazione di Leonessa nel 2005.

Considerando che la stazione di Leonessa rileva le misurazioni al suolo, e che è posizionata distante da edifici o strutture edilizie in grado di influire sulle misurazioni meteorologiche, l'andamento complessivo osservato è probabilmente dovuto ad effetti di incanalamento causato dall'orografia del territorio circostante il punto di misura in esame. Si osserva, inoltre, una lieve differenza, in termini di intensità della velocità del vento, tra le misurazioni effettuate nelle ore diurne e notturne.

Durante il giorno la velocità del vento raggiunge livelli anche superiori a 3 m/s, mentre durante la notte l'intensità del vento subisce un decremento e gli eventi più frequenti sono caratterizzati da un flusso inferiore a 2 m/s.

## Segni

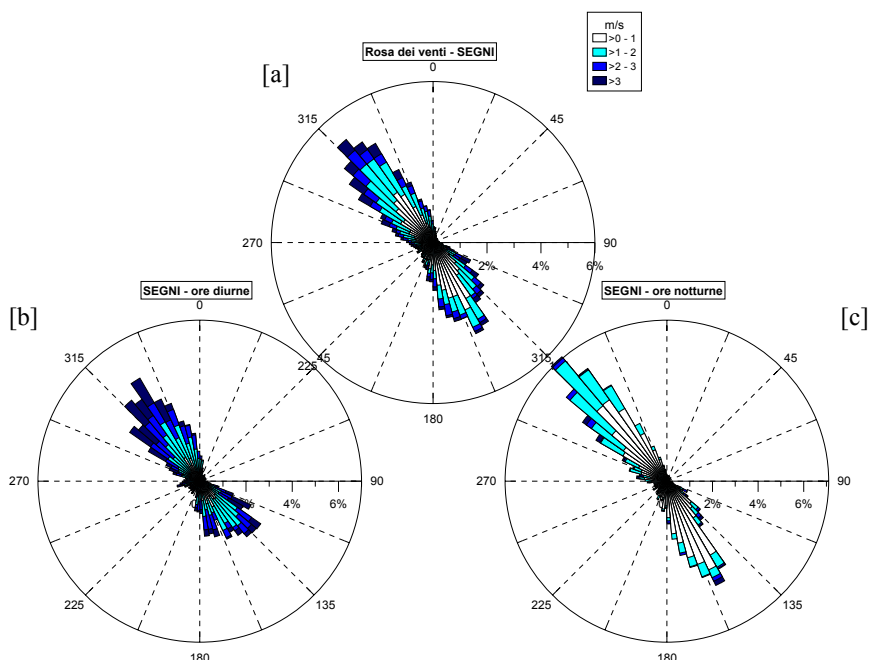


Figura 2.43 - Direzione e velocità del vento complessiva (a), per le ore diurne (b), per le ore notturne (c) rilevate nella postazione di Segni nel 2005.

La direzione prevalente del vento nella postazione di Segni risulta essere lungo la direttrice NordOvest-SudEst. Tale comportamento è probabilmente legato al fatto che la stazione si trova all'inizio della Valle del Sacco e tale posizione può in prima analisi produrre effetti di incanalamento del vento lungo la direzione della valle stessa.

In termini di direzione del vento non esiste sostanziale differenza tra quanto osservato nelle ore diurne e le ore notturne. Durante le ore in cui la radiazione solare è più intensa la velocità del vento può raggiungere valori superiori a 3 m/s, mentre durante la notte i casi più frequenti sono caratterizzati da un flussi con intensità inferiori a 2 m/s.

## Frosinone

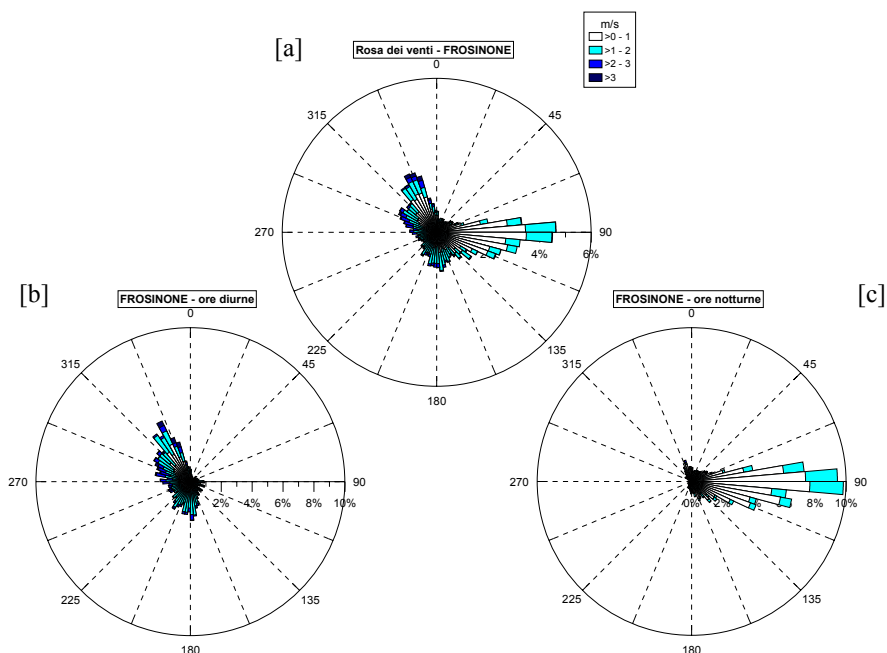


Figura 2.44 - Direzione e velocità del vento complessiva (a), per le ore diurne (b), per le ore notturne (c) rilevate nella postazione di Frosinone nel 2005.

Nella rosa dei venti relativa a tutte le ore dell'anno solare si osservano due direzioni dominanti, Est e NordOvest. Questi 2 settori angolari sono strettamente dipendenti dal ciclo solare poiché dall'analisi della circolazione durante le ore diurne si osserva una componente prevalente della direzione dei flussi proveniente da NordOvest, mentre nelle ore notturne la componente prevalente proviene da Est.

Durante le ore centrali della giornata l'intensità dei flussi risulta superiore a quanto osservato nelle ore notturne quando la velocità del vento rimane inferiore a 2 m/s.

## Latina

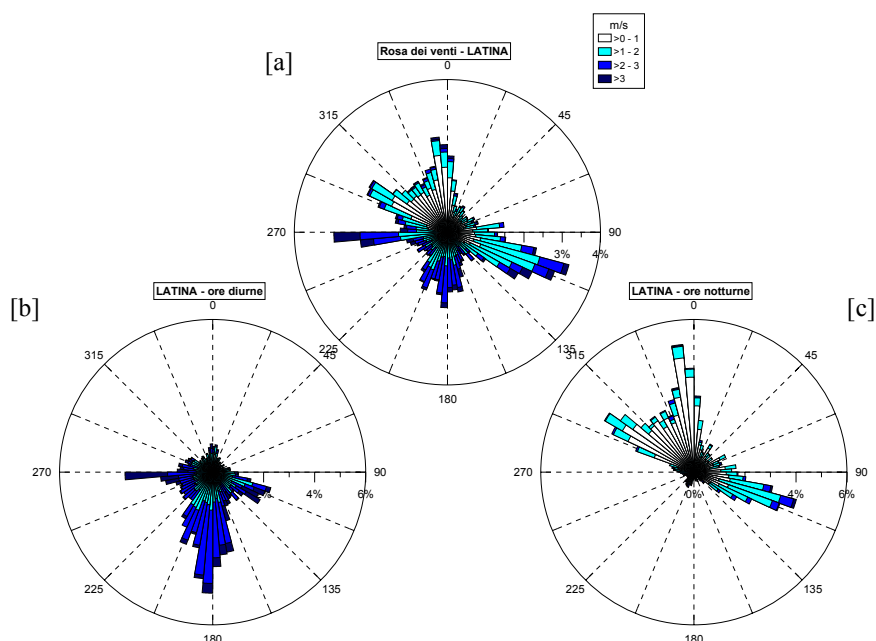


Figura 2.45 - Direzione e velocità del vento complessiva (a), per le ore diurne (b), per le ore notturne (c) rilevate nella postazione di Latina nel 2005.

La rosa dei venti annuale mostra chiaramente i 4 settori angolari dominanti nella postazione di Latina: Ovest, Sud, NordOvest e SudEst. Tali direzioni sono legate al ciclo giornaliero solare. Le direzioni Ovest e Sud sono dovute alla circolazione diurna probabilmente legata all'instaurarsi del regime di brezza marina anche se è necessario considerare le possibili deviazioni del vento dovute al fatto che la postazione di Latina è localizzata all'interno di un centro urbano. Il vento proveniente da queste direzioni è caratterizzato da una elevata intensità (superiore ai 2 m/s). I venti provenienti da NordOvest e SudEst che si osservano prevalentemente durante le ore notturne sono caratterizzati da intensità medio basse (inferiori a 2 m/s).

In prima analisi è possibile associare la differenza di intensità del vento osservata tra il giorno e la notte ad eventi di brezza che favoriscono un incremento della velocità del vento stesso.

### 2.3.5 Caratteristiche della circolazione in quota – Radiosondaggi

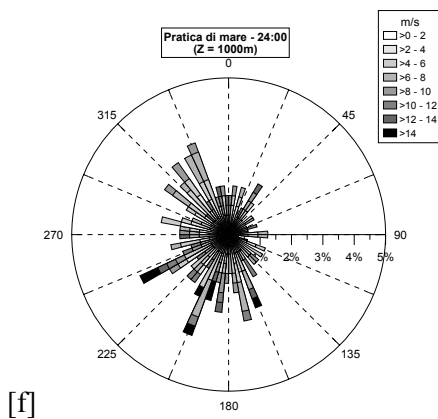
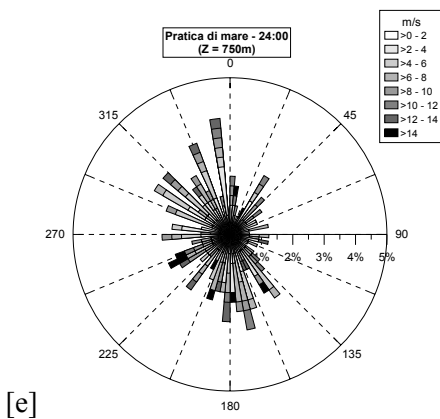
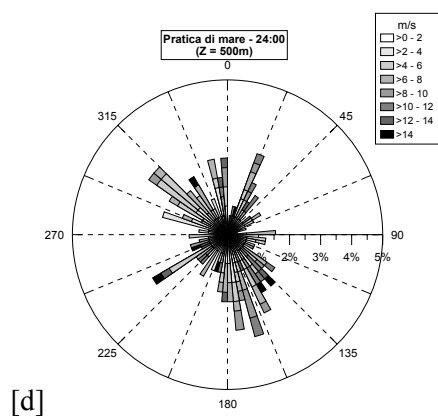
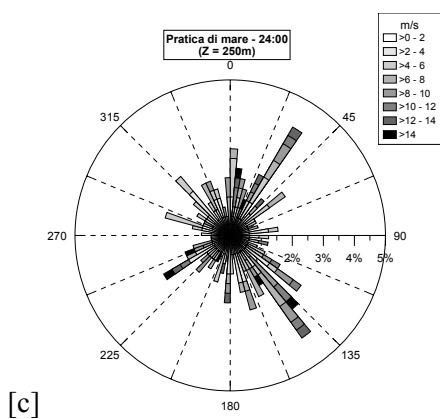
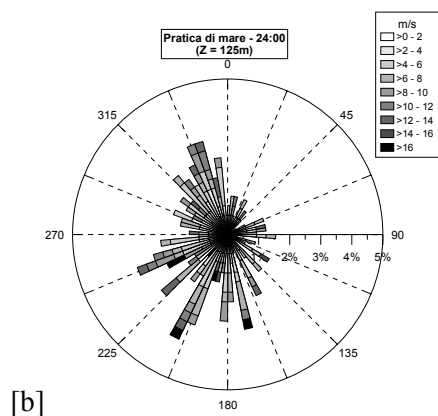
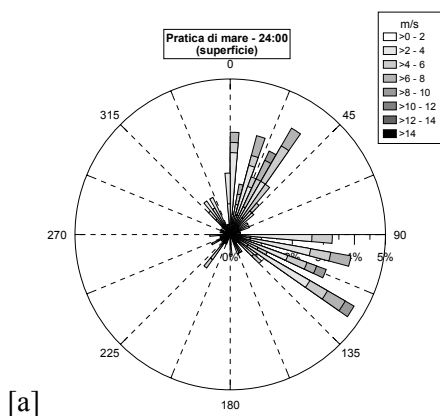
L'analisi presentata sopra è stata condotta considerando punti di misura posizionati al suolo o, al più, sulla sommità degli edifici. Tuttavia una accurata e completa valutazione della situazione climatica non può basarsi unicamente su misure meteorologiche adiacenti alla superficie terrestre poiché queste sono strettamente condizionate dalla presenza di ostacoli e/o dall'orografia caratteristici del territorio circostante il punto di misura.

Una misura in quota, essendo legata in misura minore all'orografia (se la quota è sufficientemente elevata può esserne indipendente), può essere influenzata dalle condizioni meteorologiche a scala sinottica e quindi può essere considerata rappresentativa di una porzione sicuramente più vasta di atmosfera e quindi del territorio sottostante.

In questa sezione viene riportata l'evoluzione delle caratteristiche dinamiche della circolazione atmosferica all'aumentare della quota. L'analisi della direzione e dell'intensità dei flussi di vento deriva dalle misurazioni effettuate a Pratica di Mare dall'Aeronautica Militare tramite il radiosondaggio che consiste nel lasciar partire dalla superficie terrestre una sonda munita della strumentazione necessaria per la rilevazione della direzione e della velocità del vento e raccogliere le misurazioni effettuate ad quote definite.

Considerando che le rilevazioni effettuate tramite questa tecnica non sono sempre comparabili poiché le quote a cui avvengono le rilevazioni non sono sempre le stesse, si è deciso di interpolare la velocità e la direzione del vento misurate dallo strumento a quote predefinite in modo da garantire una assoluta confrontabilità tra misure effettuate in ore e/o periodi differenti.

Di seguito viene mostrata l'evoluzione con la quota della rosa dei venti relativa alle 24:00 e alle ore 12:00 in modo da evidenziare le caratteristiche di stabilità e/o convezione atmosferiche dal punto di vista dinamico relative all'anno 2005 (Figura 2.45).





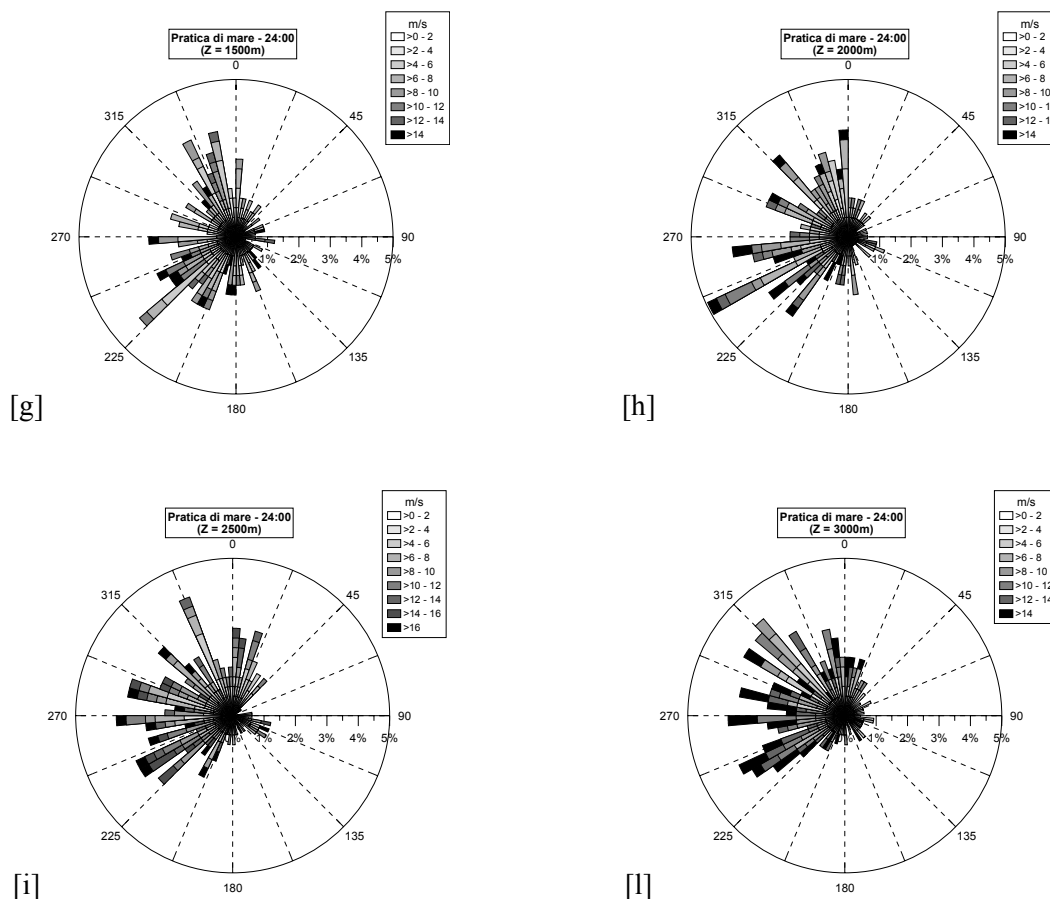
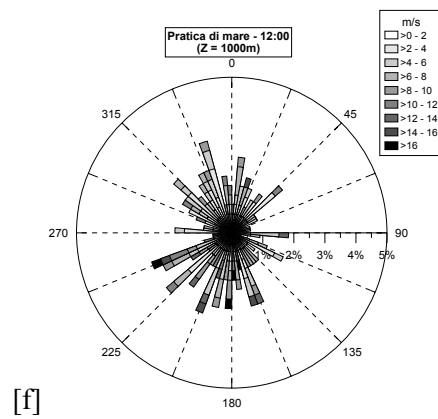
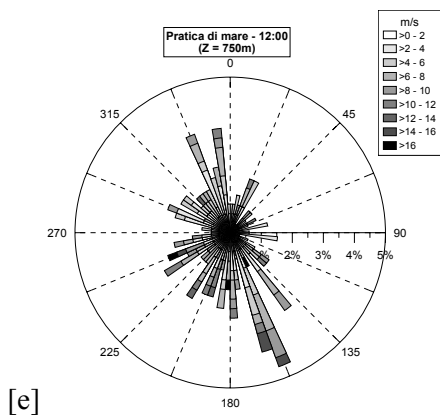
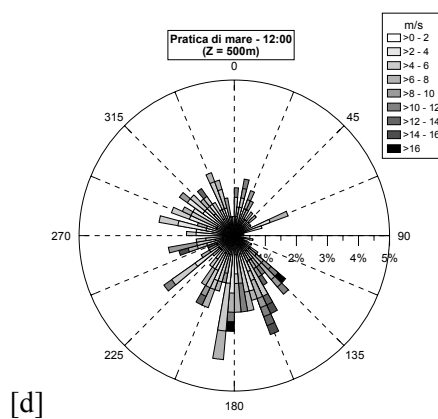
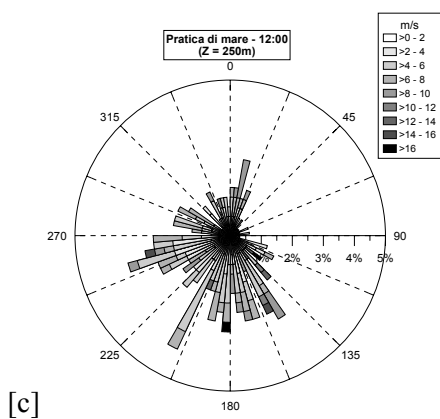
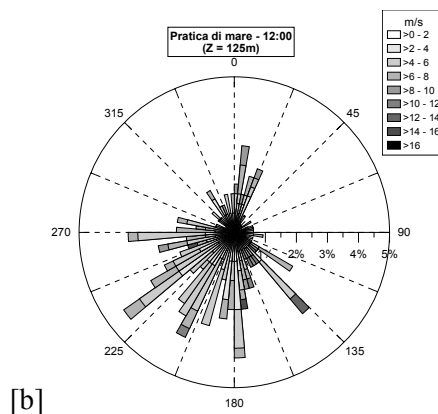
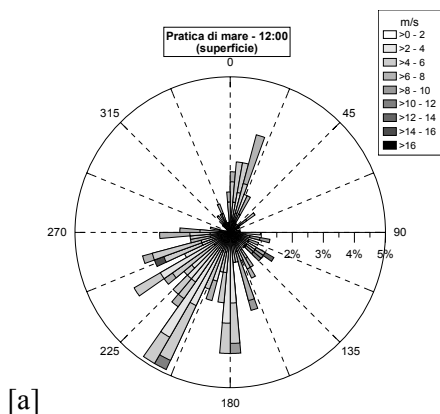


Figura 2.45 - Rilevazioni effettuate con i radiosondaggi a Pratica di mare relative alle 24:00 nel 2005.

Le figure precedenti evidenziano la differenza tra la distribuzione della direzione del vento rilevata in superficie e quelle rilevate alle quote immediatamente successive. Nello strato adiacente alla superficie terrestre la rosa dei venti mostra due direzioni del vento dominanti (NordEst e SudEst) mentre alla quota di 125m sembrano 'aggiungersi' un numero di eventi provenienti da direzioni differenti e distribuite su tutti i settori angolari. All'aumentare della quota le due componenti della direzione del vento dominanti (NordEst e SudEst) tendono a scomparire fino ad essere del tutto assenti sopra i 1000m.

L'analisi dei venti mostrata evidenzia un incremento dell'intensità dei flussi con all'aumentare delle quote di misura dovuto al fatto che le masse d'aria più vicine alla superficie terrestre risentono maggiormente dell'attrito con la superficie stessa che ne rallenta il moto.

Nelle figure successive è riportata la stessa analisi relativa però alle ore 12:00 in modo da evidenziare le caratteristiche convettive della porzione atmosferiche in esame nel 2005.



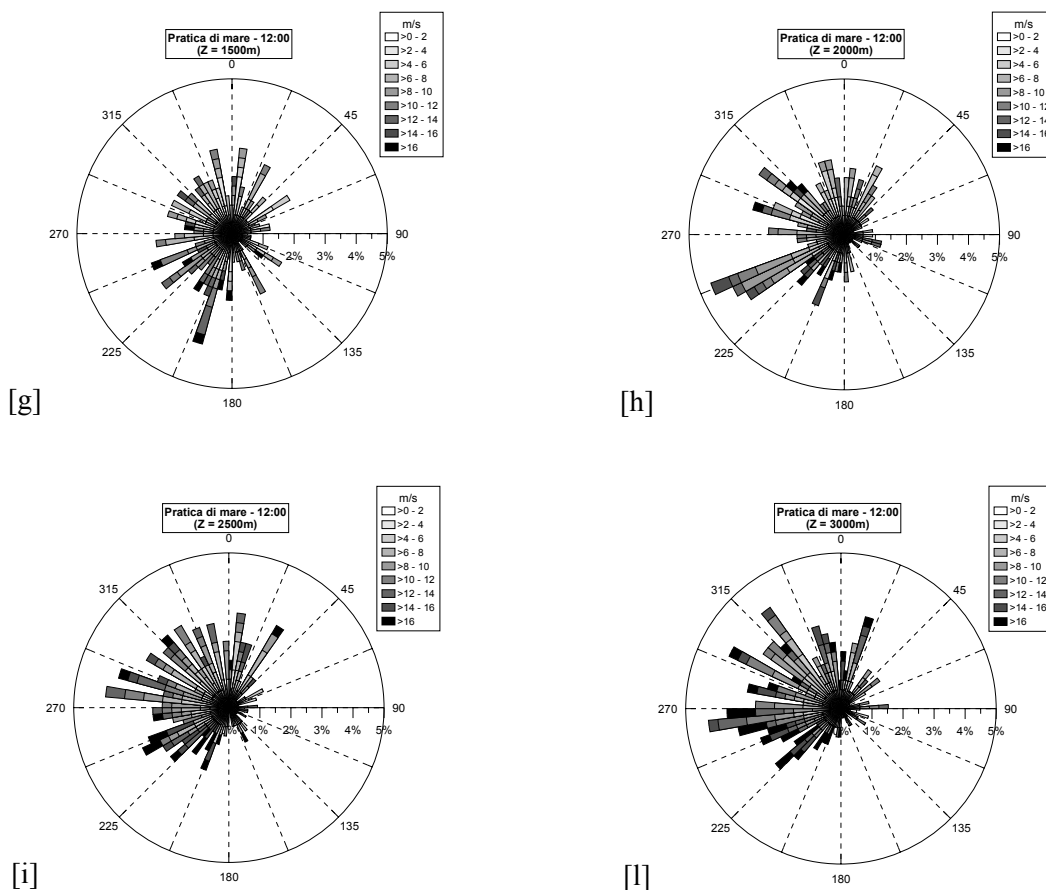


Figura 2.46 - Rilevazioni effettuate con i radiosondaggi a Pratica di mare relative alle 12:00 nel 2005.

L'analisi evidenzia nelle quote più basse una marcata componente della direzione del vento proveniente da SudOvest dovuta all'instaurarsi del regime di brezza che risulta più intenso durante le ore centrali della giornata. All'aumentare della quota tale componente si affievolisce fino a scomparire sopra i 2500m.

La velocità del vento risulta più debole negli strati atmosferici più bassi per poi aumentare considerevolmente con la quota poiché l'interazione tra la superficie terrestre e l'atmosfera diminuisce di intensità.

### 2.3.6 Postazioni di misura del Servizio Meteorologico dell'Aeronautica

Per completare l'analisi meteorologica al suolo basata sulla base delle misure realizzate dalle postazioni meteorologiche di Arpa Lazio, sono state considerate le rilevazioni di alcune delle postazioni del Servizio Meteorologico dell'Aeronautica Militare operanti sul territorio regionale.

Le postazioni scelte dovevano:

- presentare una continuità di servizio tale da rappresentare sia le situazioni diurne che quelle notturne,
- disporre di un numero sufficientemente elevato di misure nell'anno 2005,
- rappresentare porzioni di territorio regionale non coperte dalle stazioni di misura di Arpa Lazio.

Su questa base, la scelta è caduta sulle postazioni di Roma Ciampino, Pratica di Mare, Fiumicino e Monte Terminillo.

Le prime tre stazioni completano la visione del territorio del comune di Roma con misure fatte all'esterno della città, mentre la stazione di Monte Terminillo consente di avere una visione chiara della situazione dell'alto Appennino.

### Caratteristiche termiche

In figura 2.47 viene riportata la distribuzione in frequenza della temperatura rilevata dalle quattro stazioni dell'Aeronautica sia nel semestre estivo (dal 21 marzo al 23 settembre) che nel semestre invernale per evidenziare l'effetto della diversa intensità della radiazione solare sull'andamento della temperatura rilevata al suolo.

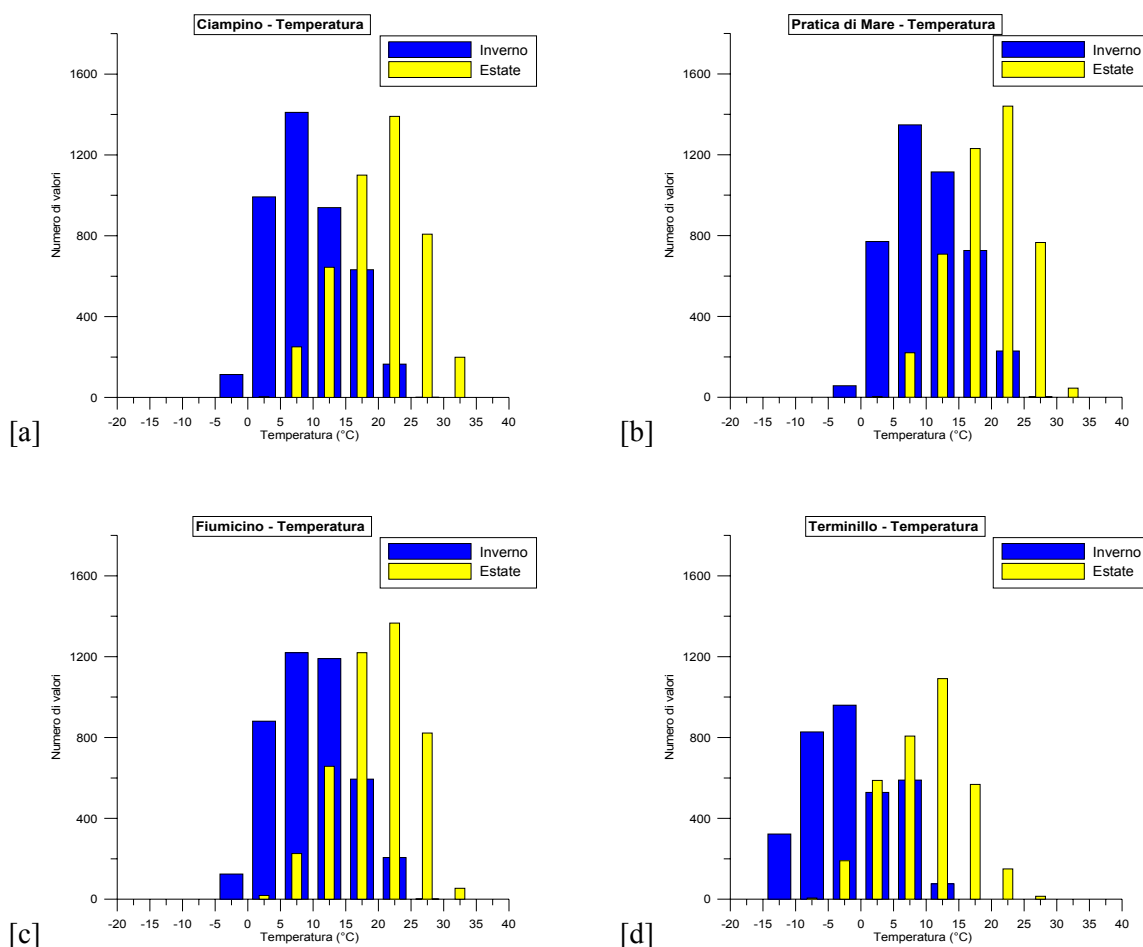


Figura 2.47 - Distribuzione in frequenza della temperatura rilevata nelle stazioni meteorologiche dell'Aeronautica nel 2005.

Le distribuzioni in frequenza della temperatura presentano un andamento simile in tutte le stazioni considerate.

A causa della forzante termica di intensità chiaramente differente tra il semestre estivo ed invernale entrambe le distribuzioni, per ogni stazione, riflettono l'andamento di una distribuzione normale centrata intorno al valore medio che risulta maggiore durante il periodo estivo rispetto al periodo invernale.

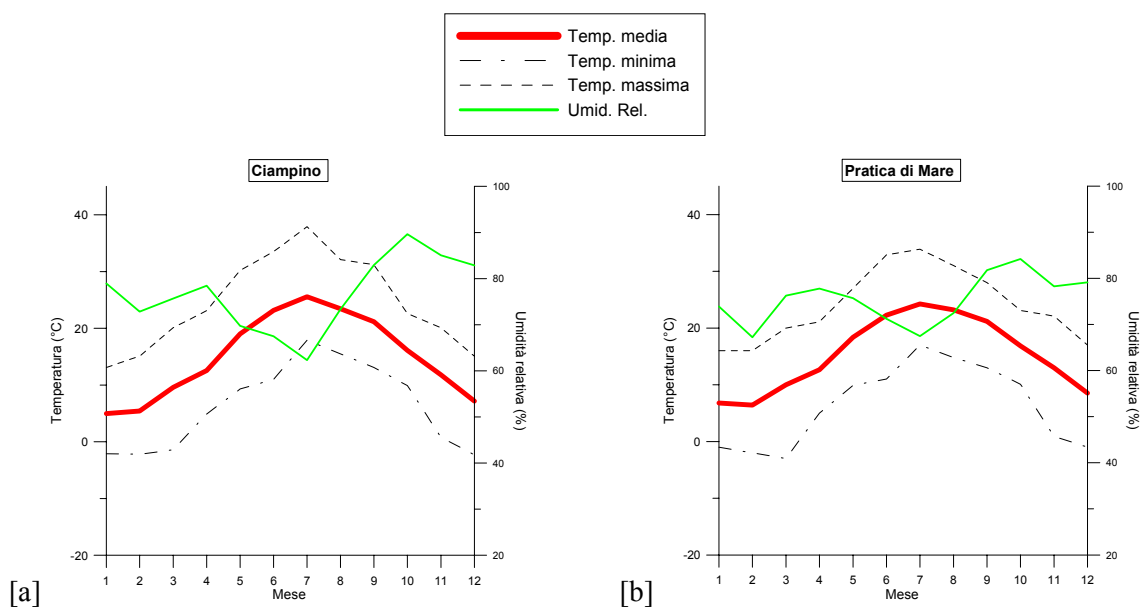
Le distribuzioni relative a tutte le stazioni, tranne quella del Monte Terminillo, evidenziano una statistica sia estiva che invernale congruente con quanto rilevato dalle postazioni di Arpa Lazio poste entro il comune di Roma, ad eccezione di quella di Villa Ada che, come è stato chiarito, è sita in un'isola fredda nell'isola di calore determinata dalla città di Roma.

Per quanto riguarda la stazione di Monte Terminillo, le due distribuzioni (quella estiva e quella invernale) sono sempre approssimativamente normali (molto più evidente quella estiva, molto meno quella invernale) ma con valori medi decisamente inferiori, evidenziando il carattere montano della stazione.

### Medie mensili della temperatura e umidità

Nelle figure seguenti sono riportate le medie, i minimi e i massimi mensili della temperatura e il valore medio dell'umidità relativa rilevate nelle stazioni dell'Aeronautica selezionate nel 2005.

I valori medi mensili della temperatura raggiungono il valore massimo in corrispondenza del minimo di umidità relativa nel mese di luglio in tutte le stazioni considerate, mentre il valore minimo si osserva durante i mesi invernali quando l'umidità subisce un incremento.



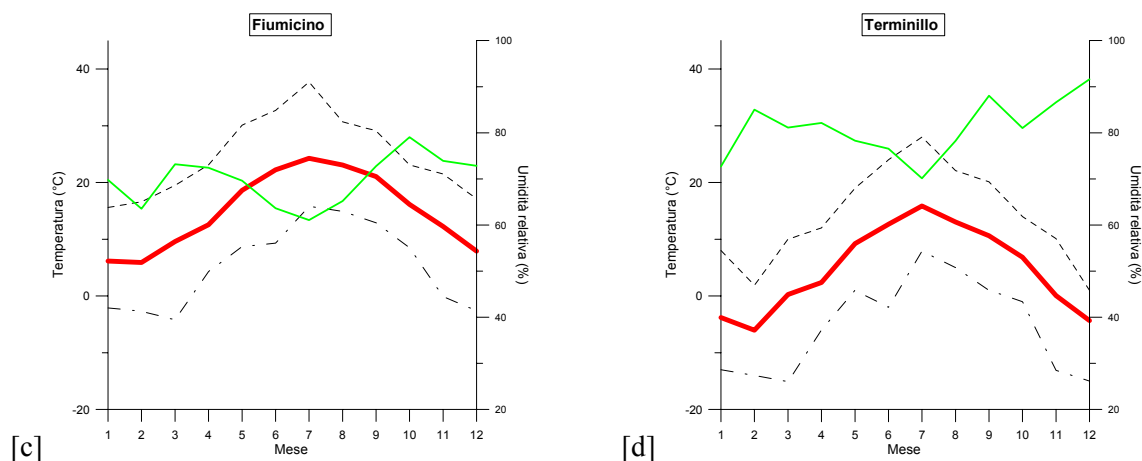


Figura 2.48 - Valori Medi, minimi e massimi mensili della temperatura e valori medi dell'umidità relativa rilevate nel 2005 dalle stazioni dell'Aeronautica.

### Caratteristiche dinamiche

Vengono di seguito riportati i grafici che mostrano l'andamento della direzione prevalente del vento in funzione della velocità dello stesso rilevate nelle centraline di Ciampino, Fiumicino e Terminillo.

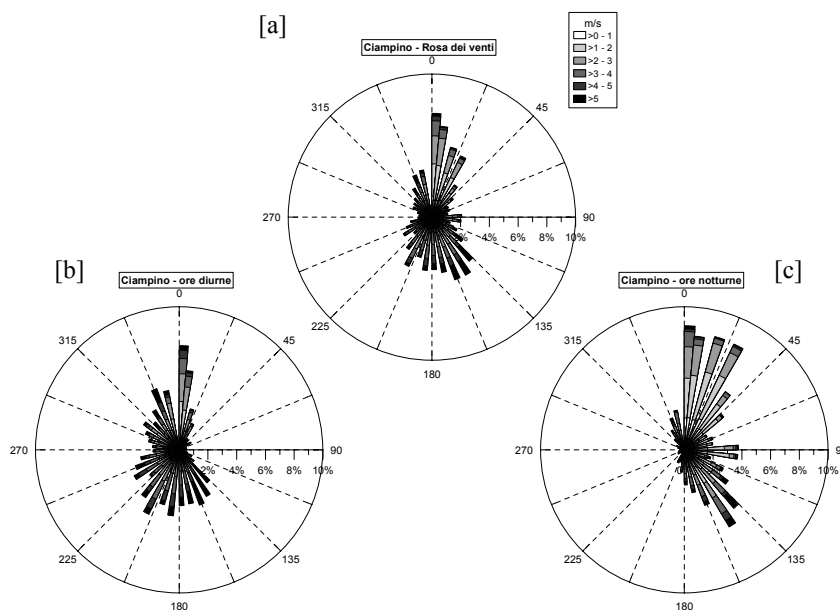


Figura 2.49 - Rose dei venti totale diurna e notturna rilevate a Ciampino.

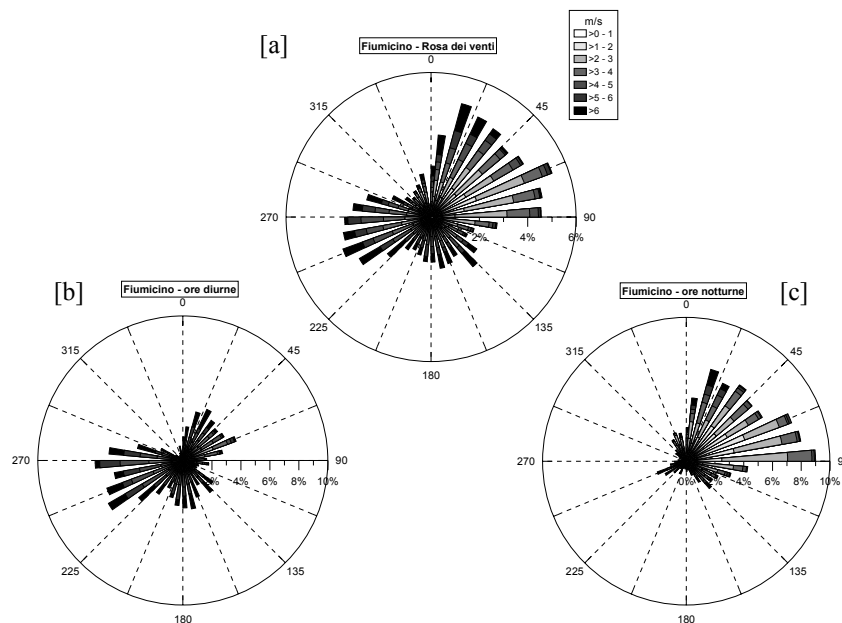


Figura 2.50 - Rose dei venti totale diurna e notturna rilevate a Fiumicino.

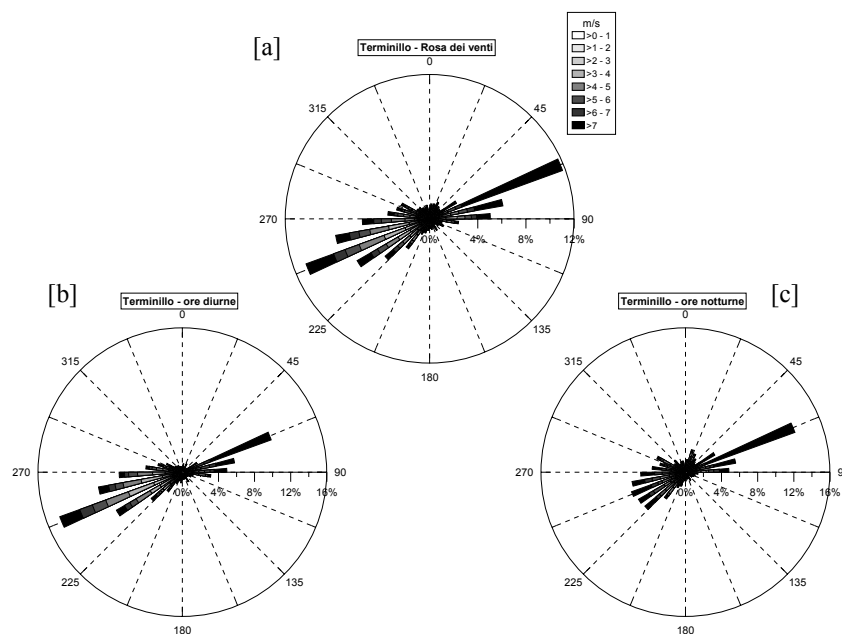


Figura 2.51 - Rose dei venti totale diurna e notturna rilevate Terminillo.

Analizzando la situazione di Ciampino (Fig. 2.49), si nota un evidente regime di brezza sottolineato dalla presenza di venti da quadranti opposti nelle ore diurne ed in quelle notturne. L'unica componente presente sia nelle rose diurne che in quelle notturne (e quindi in quella annuale) sono venti da Nord.

Anche per quanto riguarda Fiumicino (Fig. 2.50) si evidenzia un chiaro regime di brezza (venti dal quadrante NE di notte e dal quadrante SW di giorno). Tuttavia la rosa dei venti risulta ben più articolata di quella di Ciampino.



Per quanto riguarda Monte Terminillo (Fig. 2.51), la rosa dei venti evidenzia una circolazione ENE e WSW. Probabilmente, visto che la stazione è in quota, potenzialmente è la più sensibile alla circolazioni sinottiche, tipicamente atlantiche.

## 2.4 Valutazione della qualità dell'aria

La qualità dell'aria della regione Lazio è controllata in continuo da una rete di postazioni fisse, che copre l'intero territorio regionale e consiste in cinque sottoreti provinciali cui si aggiunge la sottorete relativa al Comune di Roma. La rete di monitoraggio, attualmente, è di proprietà di Arpa Lazio, che la gestisce con le proprie strutture tecniche provinciali.

Qui di seguito viene presentata la sua struttura attuale ed un'analisi delle misure rilevate negli ultimi anni, organizzate secondo quanto richiesto dal DM. 60/02 e dal d.lgs. 183/04.

### 2.4.1 Struttura della rete di monitoraggio

Nelle figure successive viene illustrata la dislocazione attuale delle stazioni di misura dei parametri chimici su tutto il territorio regionale e sul Comune di Roma.



Figura 2.52 - Localizzazione delle stazioni di misura della rete di monitoraggio della qualità dell'aria al di fuori del comune di Roma

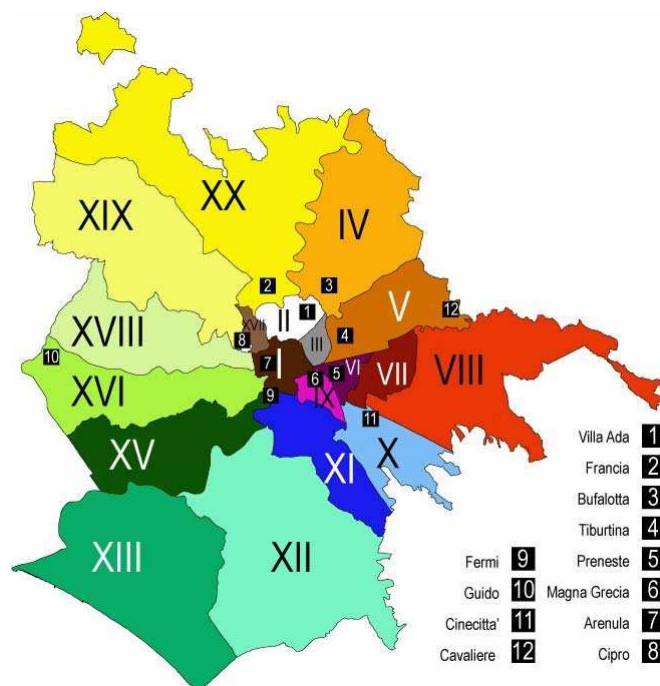


Figura 2.53 - Localizzazione delle stazioni di misura della rete automatica della qualità dell'aria nel comune di Roma.

All'anno 2006 la rete si compone di 39 stazioni di misura di cui 5, una per provincia, forniscono unicamente dati meteorologici. Le centraline di monitoraggio che rilevano i dati chimici al suolo sono dislocate nelle province del territorio laziale secondo l'elenco che segue:

- Provincia di Roma – 19 stazioni di rilevamento di cui 12 nel comune di Roma;
- Provincia di Frosinone – 7 stazioni di rilevamento;
- Provincia di Latina – 4 stazioni di rilevamento;
- Provincia di Viterbo – 2 stazioni di rilevamento;
- Provincia di Rieti – 2 stazioni di rilevamento.

Nella tabella 2.16 è riportata la dotazione degli analizzatori presenti in ogni postazione e gli inquinanti misurati in ognuna di esse, aggiornata alla fine dell'anno 2006.

| Stazioni  | Prov. | Inquinanti |                 |                |                   |                 |    |                 |                  |                               |
|-----------|-------|------------|-----------------|----------------|-------------------|-----------------|----|-----------------|------------------|-------------------------------|
|           |       | CO         | SO <sub>2</sub> | O <sub>3</sub> | PM <sub>2,5</sub> | NO <sub>x</sub> | NO | NO <sub>2</sub> | PM <sub>10</sub> | C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> |
| Arenula   | RM    |            |                 |                | *                 | *               | *  | *               | *                |                               |
| Preneste  | RM    |            |                 | *              |                   | *               | *  | *               | *                |                               |
| Francia   | RM    | *          |                 |                | *                 | *               | *  | *               | *                |                               |
| Fermi     | RM    | *          |                 |                |                   | *               | *  | *               | *                |                               |
| Grecia    | RM    | *          |                 |                |                   | *               | *  | *               | *                | *                             |
| Bufalotta | RM    |            | *               | *              |                   | *               | *  | *               | *                | *                             |
| Cipro     | RM    | *          |                 | *              | *                 | *               | *  | *               | *                |                               |
| Cinecittà | RM    | *          |                 | *              |                   | *               | *  | *               | *                |                               |
| Tiburtina | RM    | *          |                 |                |                   | *               | *  | *               | *                | *                             |
| Ada       | RM    | *          | *               | *              | *                 | *               | *  | *               | *                | *                             |
| Guido     | RM    |            |                 | *              |                   | *               | *  | *               |                  |                               |
| Cavaliere | RM    |            |                 | *              |                   | *               | *  | *               |                  |                               |

| Stazioni           | Prov. | Inquinanti |                 |                |                   |                 |    |                 |                  |                               |
|--------------------|-------|------------|-----------------|----------------|-------------------|-----------------|----|-----------------|------------------|-------------------------------|
|                    |       | CO         | SO <sub>2</sub> | O <sub>3</sub> | PM <sub>2,5</sub> | NO <sub>x</sub> | NO | NO <sub>2</sub> | PM <sub>10</sub> | C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> |
| Allumiere          | RM    |            |                 |                |                   | *               | *  | *               |                  |                               |
| Civitavecchia      | RM    | *          | *               |                |                   | *               | *  | *               | *                |                               |
| Colleferro Oberdan | RM    | *          | *               | *              |                   | *               | *  | *               |                  |                               |
| Colleferro Europa  | RM    |            | *               |                |                   | *               | *  | *               | *                |                               |
| Guidonia           | RM    |            | *               |                |                   | *               | *  | *               | *                |                               |
| Segni              | RM    |            | *               | *              |                   | *               | *  | *               |                  |                               |
| Ciampino           | RM    |            |                 |                |                   | *               | *  | *               | *                |                               |
| Alatri             | FR    |            | *               | *              |                   | *               | *  | *               |                  |                               |
| Anagni             | FR    |            | *               |                |                   | *               | *  | *               | *                |                               |
| Cassino            | FR    | *          | *               |                |                   | *               | *  | *               |                  |                               |
| Ceccano            | FR    |            | *               |                |                   | *               | *  | *               |                  |                               |
| Ferentino          | FR    | *          | *               |                |                   | *               | *  | *               |                  |                               |
| Fontechiari        | FR    |            | *               | *              | *                 | *               | *  | *               | *                |                               |
| Frosinone scalo    | FR    | *          | *               |                |                   | *               | *  | *               | *                | *                             |
| Aprilia            | LT    |            | *               |                |                   | *               | *  | *               |                  |                               |
| Romagnoli          | LT    | *          | *               |                |                   | *               | *  | *               |                  | *                             |
| Tasso              | LT    | *          | *               | *              |                   | *               | *  | *               | *                |                               |
| Latina scalo       | LT    | *          |                 |                |                   | *               | *  | *               |                  |                               |
| Leonessa           | RI    |            | *               | *              |                   | *               | *  | *               |                  |                               |
| Rieti              | RI    | *          | *               | *              |                   | *               | *  | *               | *                | *                             |
| Civita Castellana  | VT    |            | *               |                |                   | *               | *  | *               |                  |                               |
| Viterbo            | VT    | *          | *               |                |                   | *               | *  | *               | *                | *                             |

Tabella 2.16 - Analizzatori chimici presenti al 2006 nelle stazioni di rilevamento.

La classificazione, l'ubicazione dei siti e la dotazione strumentale è riesaminata e aggiornata periodicamente sulla base, da un lato, dell'esperienza acquisita nel controllo del territorio e, dall'altro, sulla base delle variazioni normative, indotte dal recepimento graduale delle direttive della UE. In particolare la macro e la microlocalizzazione delle stazioni è rivista periodicamente alla luce dei dati e delle direttive tecniche della normativa, aggiornando la documentazione probatoria al fine di garantire la validità dei criteri di selezione.

Le stazioni di misura della rete sono finalizzate alla rilevazione delle situazioni di inquinamento atmosferico e a protezione dei diversi soggetti recettori. Al fine di comprendere meglio la razionalità della attuale configurazione spaziale delle stazioni ed anche le differenze, a volte significative, delle misure raccolte durante il funzionamento continuo della rete, si riporta una descrizione di massima della tipologia delle 34 stazioni della rete regionale.

| PROV | Stazioni     | Tipo stazione           |
|------|--------------|-------------------------|
| RM/U | Ada          | Fondo urbano            |
| RM/U | Arenula      | Urbana (centro storico) |
| RM/U | Cavaliere    | Suburbana               |
| RM/U | Cinecittà    | Urbana (medio traffico) |
| RM/U | Fermi        | Urbana (traffico)       |
| RM/U | Francia      | Urbana (traffico)       |
| RM/U | Guido        | Suburbana               |
| RM/U | Magna Grecia | Urbana (traffico)       |
| RM/U | Preneste     | Urbana (medio traffico) |

| PROV | Stazioni           | Tipo stazione             |
|------|--------------------|---------------------------|
| RM/U | Tiburtina          | Urbana (traffico)         |
| RM/U | Bufalotta          | Fondo urbano/Residenziale |
| RM/U | Cipro              | Fondo urbano/Residenziale |
| RM   | Ciampino           | Industriale               |
| RM   | Allumiere          | Industriale/rurale        |
| RM   | Civitavecchia      | Industriale/urbana        |
| RM   | Colleferro Oberdan | Industriale/urbana        |
| RM   | Colleferro Europa  | Industriale/urbana        |
| RM   | Guidonia           | Industriale/urbana        |
| RM   | Segni              | Fondo ambientale          |
| FR   | Alatri             | Urbana (traffico)         |
| FR   | Anagni             | Urbana (traffico)         |
| FR   | Cassino            | Urbana (traffico)         |
| FR   | Ceccano            | Urbana/industriale        |
| FR   | Ferentino          | Urbana/industriale        |
| FR   | Fontechiari        | Fondo ambientale          |
| FR/U | Frosinone Scalo    | Urbana (traffico)         |
| LT   | Aprilia            | Urbana (basso traffico)   |
| LT/U | Romagnoli          | Urbana (medio traffico)   |
| LT/U | Tasso              | Urbana (basso traffico)   |
| LT/U | Latina scalo       | Urbana                    |
| RI   | Leonessa           | Fondo ambientale          |
| RI/U | Rieti              | Urbana (medio traffico)   |
| VT   | Civita Castellana  | Urbana/industriale        |
| VT/U | Viterbo            | Urbana (medio traffico)   |

Tabella 2.17 - Tipologia delle stazioni di rilevamento presenti al 2006.

Ogni stazione di rilevamento è costituita da un manufatto chiuso, prevalentemente in vetroresina, appoggiato su fondazione, in molti casi dotata di recinzione protettiva, al cui interno sono alloggiati gli strumenti di misura, i sistemi di acquisizione ed archiviazione locale e i dispositivi di comunicazione. Al di sopra della cabina trovano posto gli strumenti meteorologici, ove presenti, le sonde di prelievo degli inquinanti e, in due stazioni, la telecamera di monitoraggio del traffico veicolare.



Figura.2.53 - Esterno ed interno della stazione di rilevamento tipo

Il sistema di acquisizione, trasmissione, archiviazione e gestione dati della rete si articola su tre livelli:

- a) livello periferico, ove operano le stazioni di rilevamento (gli analizzatori);
- b) livello provinciale, ove operano i concentratori e si realizza la fase di validazione dei dati rilevati;
- c) livello centrale, ove opera il sistema di archiviazione complessiva dei dati della rete;

Il data-base complessivo è contemporaneamente aggiornato sui sistemi di rete della regione Lazio.

#### *2.4.2 Metodologia dell'analisi statistica dei dati qualità dell'aria*

In questa sezione vengono riportate due distinte analisi delle misure di concentrazione dei principali inquinanti caratterizzanti lo stato di qualità dell'aria, come richiesto dalla normativa vigente.

Il primo tipo di elaborazione si riferisce al periodo 2001-2005 e consiste nell'elaborare le misure rilevate dalle postazioni delle differenti province e, separatamente, del comune di Roma, in modo da ottenere, per ciascun parametro previsto dalla normativa, un valore medio provinciale, al fine di consentire una lettura articolata e generale delle diverse realtà presenti sul territorio anche in relazione alle differenti situazioni meteorologiche ed emissive. Per evitare una disomogeneità nell'analisi del valore dei differenti parametri di qualità dell'aria riscontrati nelle diverse postazioni della rete e, quindi, nelle diverse province, i limiti di riferimento adottati in questa analisi, finalizzata al puro confronto tra province differenti, sono quelli previsti dalla normativa al netto del margine di tolleranza. Questo è congruente con gli scopi comparativi di questa analisi.

Il secondo tipo di analisi è più dettagliata, ma limitata al periodo 2005-2006 e analizza quanto rilevato da ciascuna postazione della rete, relativamente a quanto previsto dalla normativa. In questo caso le elaborazioni sono quelle standard previste dalla normativa e perciò i limiti considerati sono i valori limite previsti dalla normativa per ciascun inquinante più il relativo margine di tolleranza, variabile da anno a anno.

Va poi rilevato che la Regione Lazio, con Delibera n. 938 del 08/11/2005, ha approvato la nuova configurazione della rete di monitoraggio della qualità dell'aria che, nel comune di Roma, prevede lo spostamento di 5 stazioni in altri siti e l'implementazione di nuovi analizzatori quali: BTX, PM<sub>10</sub> e PM<sub>2.5</sub>.

Per gli effetti dovuti alla nuova configurazione della rete di monitoraggio della qualità dell'aria, avvenuta negli ultimi due anni, i dati rilevati dal 2001 al 2006 non sono sempre confrontabili per tutte le stazioni, pertanto, verranno riportati i risultati del monitoraggio dei vari inquinanti determinati nell'anno 2006 rilevati nelle stazioni ubicate nei vecchi siti (visto che gli spostamenti sono stati realizzati nel mese di dicembre) e confrontati, ove possibile, con le rilevazioni effettuate nelle stesse stazioni degli anni precedenti.

#### *2.4.3 Analisi medie provinciali nel periodo 2001-2005*

Allo scopo di mettere in evidenza in modo sintetico e integrato gli elementi principali della qualità dell'aria e la presenza di eventuali criticità sul territorio, si è scelto di calcolare i valori medi degli ultimi cinque anni a livello provinciale dei parametri che caratterizzano lo stato di qualità dell'aria previsti dal DM 60/02 e dal D.lgs.183/04, scorporando, però, il comune di Roma data la sua significatività. In questo modo è possibile valutare rapidamente quali siano gli inquinanti e/o i territori che presentano situazioni "favorevoli" e quali situazioni "critiche".

Nei grafici successivi è riportato il valore medio provinciale dei principali parametri di legge per i vari inquinanti, mediati dal 2001 al 2005 e, dove significativo, il valore limite (linea rossa) al netto del margine di tolleranza.

### Biossido di azoto (NO<sub>2</sub>)

Nelle Figure successive sono riportati il valore medio del numero di superamenti di 200 µg/m<sup>3</sup> e il valore medio annuo della concentrazione di NO<sub>2</sub> nelle diverse province del Lazio (dalla provincia di Roma è escluso il Comune di Roma visualizzato separatamente) e nelle stazioni del Comune di Roma maggiormente influenzate dal traffico locale (fig. 2.54 [c] e [d]).

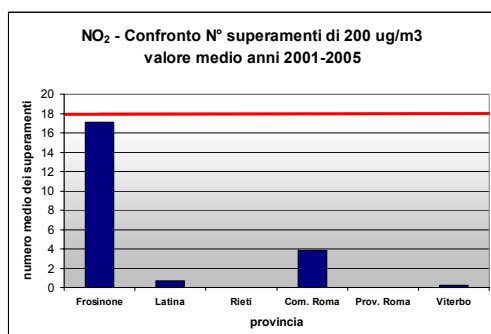
Nel periodo considerato il numero medio di superamenti non supera mai il valore limite previsto dalla normativa (al netto del margine di tolleranza variabile di anno in anno), va segnalato tuttavia il caso della provincia di Frosinone che presenta un numero di superamenti decisamente prossimo al limite.

Per quanto riguarda il valore medio, solo la provincia di Rieti ed il territorio della provincia di Roma, esterno ai confini comunali, presentano un valore medio di NO<sub>2</sub> inferiore al limite di legge. Viterbo e Latina raggiungono valori di poco superiori, mentre la provincia di Frosinone e soprattutto la città di Roma lo superano nettamente.

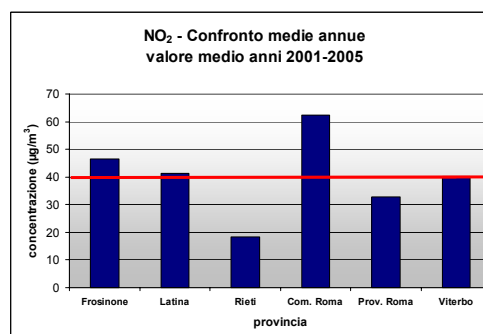
Sulla base di quanto emerge dall'analisi dei dati della rete, tali valori probabilmente derivano sia da situazioni locali, il traffico veicolare in primo luogo, sia da fattori a media scala, dato che il biossido di azoto è un inquinante secondario, figlio di una lunga e complessa catena di reazioni chimiche e fotochimiche in fase gassosa.

In particolare dall'analisi dell'andamento dei parametri di legge nelle stazioni da traffico localizzate nel comune di Roma emerge una situazione critica del numero di superamenti della soglia di 200 µg/m<sup>3</sup> (fig. 2.54 [d]); mentre il valore medio annuale risulta essere inferiore al limite di 40 µg/m<sup>3</sup> in tutte le postazioni di rilevamento. Tale comportamento evidenzia che la concentrazione di biossido di azoto, pur non presentando un numero elevato di picchi, risulta mediamente elevata su tutto il territorio romano.

[a]



[b]



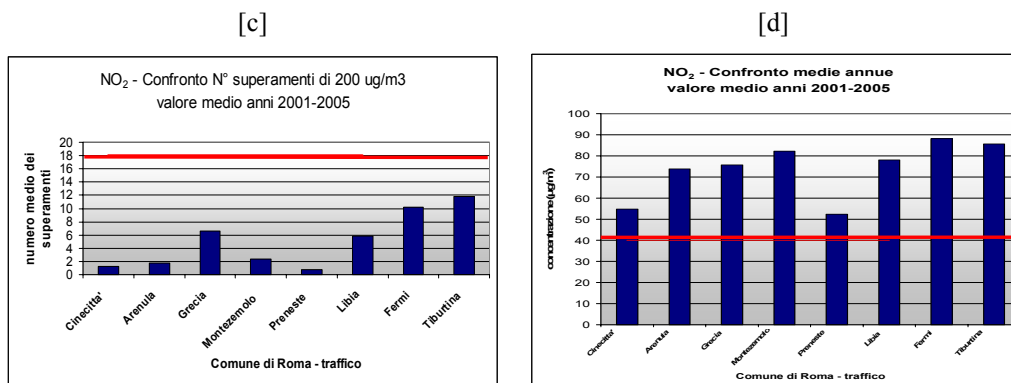


Figura 2.54 - Valore medio del numero di superamenti (a) e della concentrazione annuale (b) di NO<sub>2</sub>. La linea rossa rappresenta il limite di legge dei 18 superamenti annuali (a) e di 40 µg/m<sup>3</sup> per la media annua (b).

### Particolato atmosferico (PM<sub>10</sub>)

Nelle Figure successive sono riportati il valore medio del numero di superamenti di 50 µg/m<sup>3</sup> e il valore medio annuo della concentrazione di PM<sub>10</sub> nelle diverse province del Lazio (dalla provincia di Roma è escluso il Comune di Roma visualizzato separatamente) e nelle stazioni del Comune di Roma maggiormente influenzate dal traffico locale (fig. 2.55 [c] e [d]).

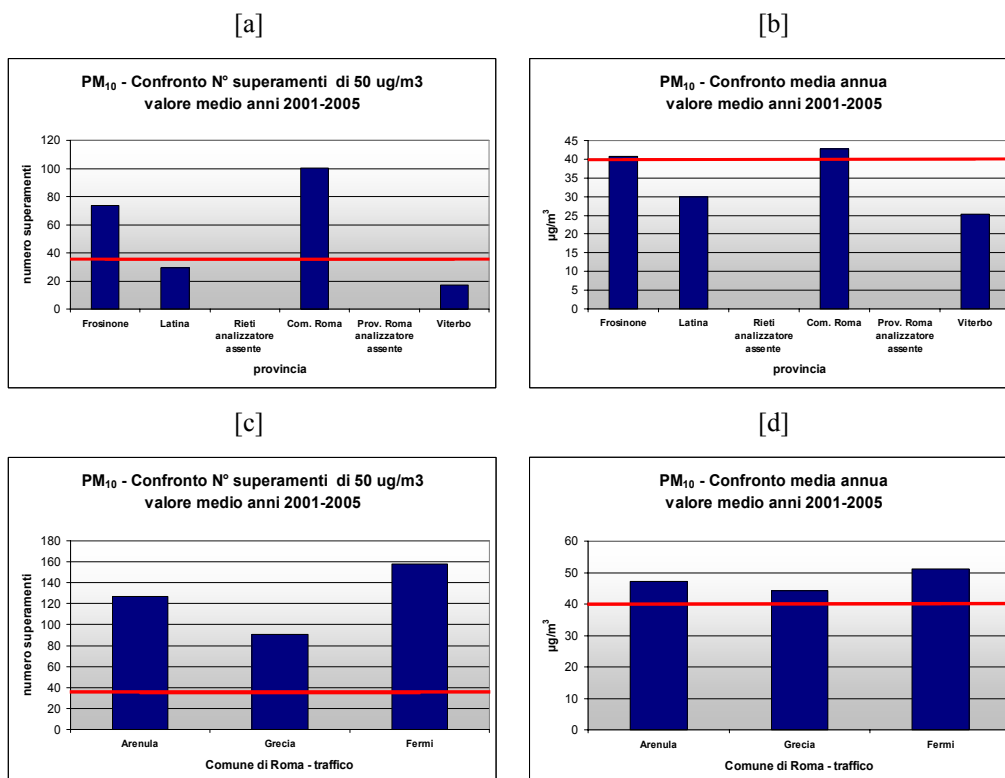


Figura 2.55 - Valore medio del numero di superamenti (a) e della concentrazione annuale (b) di PM<sub>10</sub> per provincia. La linea rossa rappresenta il limite dei 35 superamenti annuali (a) e di 40 µg/m<sup>3</sup> per la media annua (b).



Per quanto riguarda il valore medio annuale del numero dei superamenti del limite di legge, solo il comune di Roma e la provincia di Frosinone superano i limiti. Entrambi i superi sono netti e significativi ed evidenziano una situazione di forte criticità come sottolineato dalla 'fotografia' delle stazioni che, nel comune di Roma, risultano maggiormente influenzate dal traffico veicolare (fig. 2.55 [c] e [d]).

La situazione della provincia di Latina, anche se abbastanza lontana dal limite, consiglia una sorveglianza accurata della situazione per poter prevenire tempestivamente eventuali sintomi di criticità.

Per quanto riguarda il valore medio annuale, ancora una volta, la provincia di Frosinone ed il comune di Roma superano il limite di legge, congruentemente con la situazione riscontrata per il numero di superi giornalieri. Tuttavia tutte le province (anche se Viterbo in misura minore) non sono lontane dal limite (nel periodo 2001-2005 nella provincia di Rieti non era presente un analizzatore di  $PM_{10}$ , se non negli ultimi mesi del 2005, tuttavia i valori riscontrati nel 2006 non smentiscono questa constatazione).

Il significato di ciò non è immediato e richiede indagini approfondite. Ciò che risulta altamente probabile, come riscontrato anche in gran parte del territorio nazionale, è che la doppia natura del  $PM_{10}$  (inquinante primario derivante dalle emissioni locali e a mesoscala, di polveri ed inquinante secondario derivante da reazioni chimiche in fase gassosa e in fase eterogenea in atmosfera di inquinanti gassosi) faccia sì che esista uno zoccolo di inquinamento da polveri, praticamente omogeneo a livello spaziale, derivante dall'effetto combinato di diversi fattori:

- trasporto transfrontaliero,
- reazioni chimiche
- apporto primario pilotato dalle emissioni locali
- emissioni puntuali che emettono a grande altezza.

Tutto il territorio presenta valori non trascurabili e spesso ragguardevoli di concentrazione media giornaliera di polveri sottili, soprattutto quando si è in presenza di situazioni convettive ad alto rimescolamento, che fortunatamente in condizioni normali non producono effetti di criticità sulla maggior parte del territorio, anche se costituiscono una percentuale significativa del limite di legge.

Là dove l'apporto primario è rilevante (città di Roma e provincia di Frosinone), è più facile superare i limiti di legge (da qui i valori superiori alla norma per la media annua) e ciò si verifica talmente spesso da eccedere il numero di superi consentiti. Il fatto, poi, che le misure di contenimento delle emissioni non sempre abbiano dato luogo agli effetti sperati (riduzione conseguente delle concentrazioni al suolo) potrebbe significare che l'apporto non locale, soprattutto secondario, in molte situazioni è estremamente critico.

### **Monossido di carbonio (CO)**

Nelle figure seguenti è riportato il valore medio del numero di superamenti di  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (2.56a) calcolati secondo il DM60/2002 e le medie annuali della concentrazione di CO.

Relativamente a questo inquinante tipico indicatore della presenza di traffico veicolare, non si sono riscontrate situazioni di particolare criticità. Ciò è anche dovuto al progressivo e costante miglioramento della tecnologia che si è registrato negli ultimi anni.

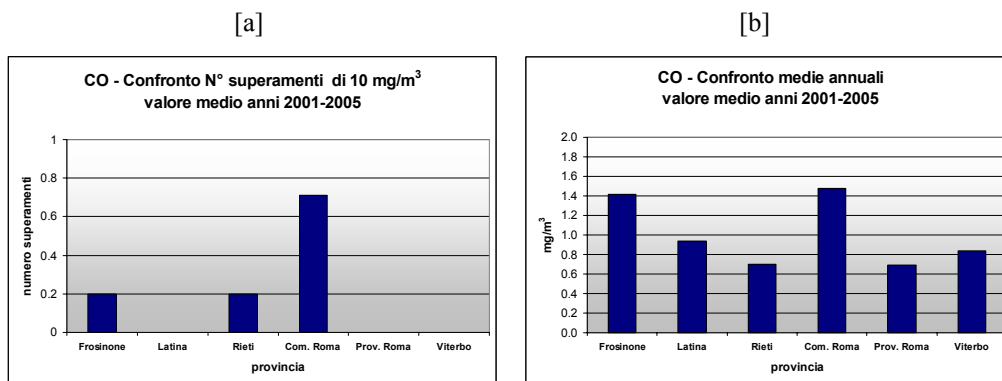


Figura 2.56 - Valore medio del numero di superamenti e della media annuale della concentrazione del monossido di carbonio per provincia.

### Benzene (C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>)

In figura 2.57 è riportato il valore medio della concentrazione annuale del benzene.

Il limite del benzene, a differenza di quello del CO, è stato superato in provincia di Frosinone e a Roma indicando che, come affermato in precedenza, il traffico veicolare costituisce un problema per lo stato di qualità della regione in generale e nelle due zone citate in particolare.

Tuttavia va segnalato, come evidenziato in figura 2.61, che la concentrazione media del benzene risulta in progressiva diminuzione negli ultimi anni particolarmente nelle due province considerate.

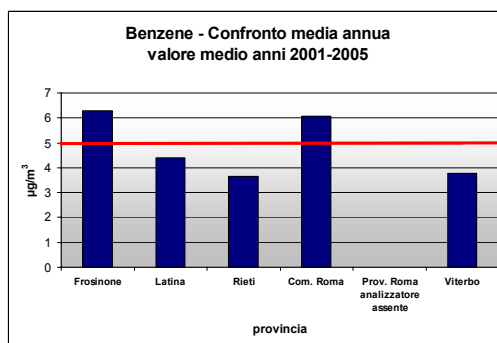


Figura 2.57 - Valore medio della concentrazione annuale di benzene per provincia. La linea rossa rappresenta il limite di legge di 5 µg/m<sup>3</sup> per la media annua (b).

### Ozono (O<sub>3</sub>)

Nelle figure è riportato il numero medio di superamenti di 180 µg/m<sup>3</sup> e della concentrazione annuale dell'ozono.

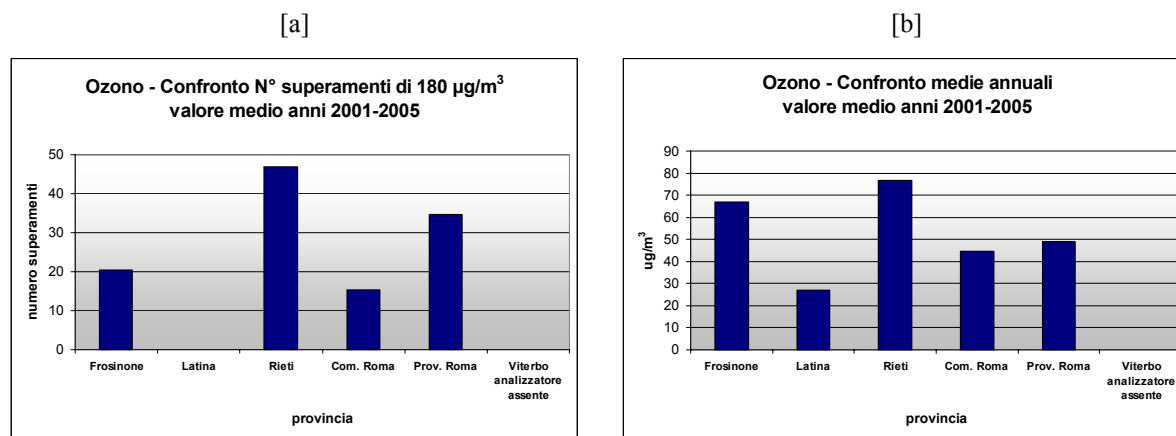


Figura 2.58 – Valore medio del numero di superamenti (a) della concentrazione annuale di ozono per provincia.

L'analisi dei valori riscontrati per questo inquinante non è semplice e richiede attente considerazioni; l'ozono infatti non è un inquinante primario ma secondario, ossia derivante da una serie di reazioni chimiche e fotochimiche che coinvolgono oltre un centinaio di sostanze diverse, alcune derivanti dalle attività umane, altre del tutto naturali.

Da quanto si deduce dalle misure, la situazione nella regione Lazio è del tutto confrontabile con quanto accade nel resto della penisola. Si hanno, infatti, valori molto elevati soprattutto nelle zone poco urbanizzate e naturali: nel caso della regione Lazio ciò è evidente dai valori riscontrati in provincia di Rieti, soprattutto nella postazioni rurale di Leonessa, posta in una zona completamente naturale e priva di attività umane di rilievo. I valori bassi della concentrazione di ozono riscontrati a Roma, invece, vanno interpretati come un chiaro sintomo della presenza nelle zone urbanizzate di sostanze critiche dal punto di vista della qualità dell'aria.

Essi stanno a significare che la presenza di competitori, come il biossido di azoto, è talmente elevata da distruggere l'ozono e ciò quindi evidenzia in altro modo la situazione di crisi già vista analizzando i dati del biossido di azoto.

### Biossido di zolfo (SO<sub>2</sub>)

Si riporta di seguito la media provinciale della concentrazione annua mediata sugli anni 2001-2005 del biossido di zolfo.

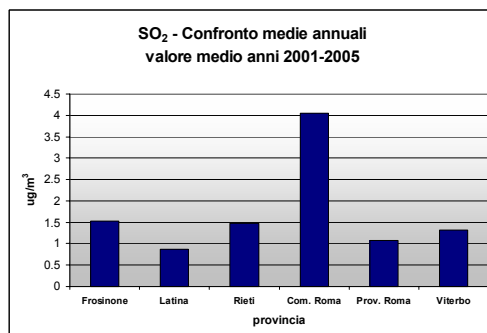


Figura 2.59 - Valore medio della concentrazione annuale di biossido di zolfo per provincia.

Il valore medio del biossido di zolfo raggiunge il valore massimo nel comune di Roma (circa  $4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), rimanendo comunque inferiore al valore critico considerato dalla normativa.

Il valore medio del numero di superamenti di  $125 \mu\text{g}/\text{m}^3$  è nullo su tutte le province del territorio laziale a conferma della non criticità di questa sostanza inquinante.

### 1.1.3 Osservazioni conclusive

Da quanto si è visto da questa analisi emergono alcune riflessioni significative.

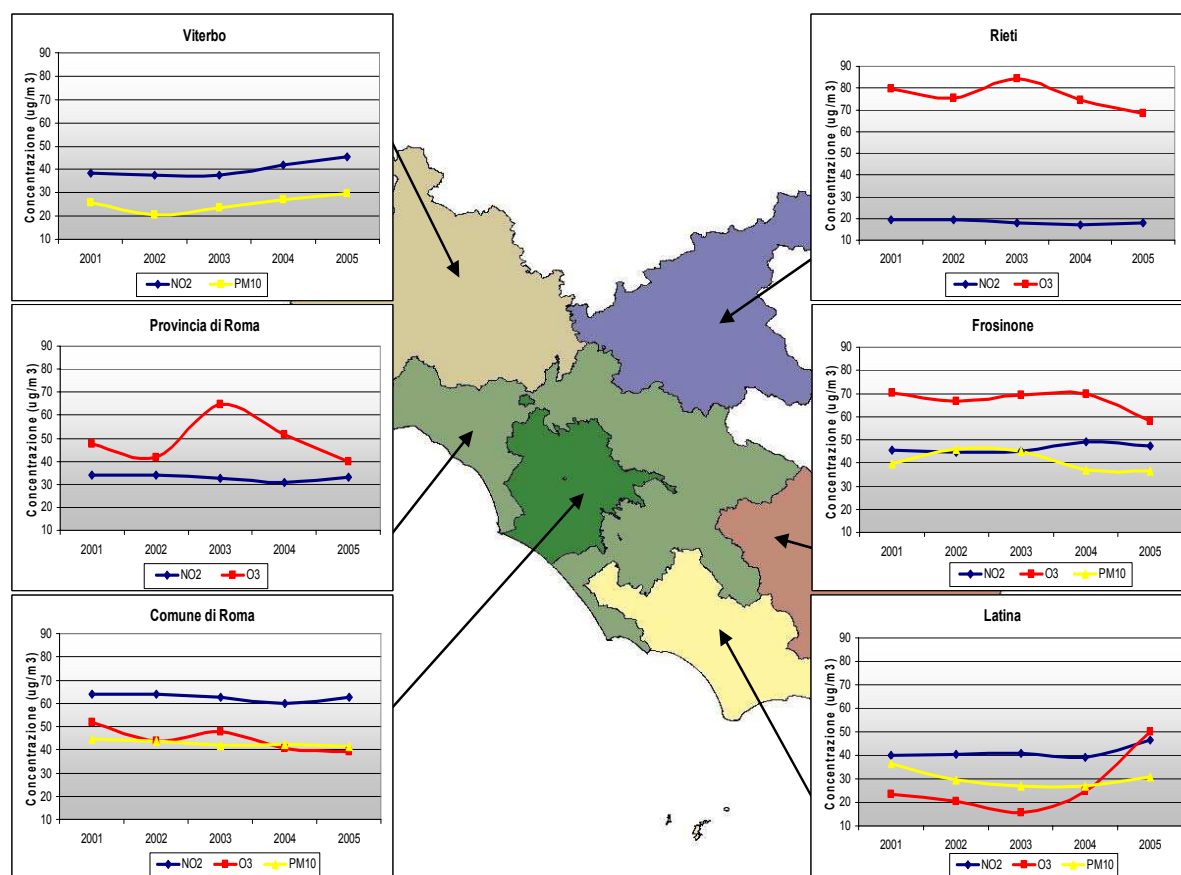
Le criticità maggiori si riscontrano per il  $\text{PM}_{10}$  e per l' $\text{NO}_2$ , nella città di Roma ed in provincia di Frosinone, tuttavia lo stato di qualità dell'aria dell'intera regione Lazio non è certamente ottimale e presenta una criticità esplicita nelle citate zone e latente nel resto del territorio regionale. Inoltre l'apporto transfrontaliero e naturale non è poi del tutto trascurabile e ciò, in qualche modo, esalta le criticità locali che, è bene ricordare, sono di due tipi:

- l'elevata urbanizzazione di una porzione rilevante della regione con il conseguente inquinamento da traffico veicolare derivante dall'esigenza di mobilità della popolazione (Roma costituisce infatti il polo di attrazione delle attività regionali e Frosinone vive un'intensa attività industriale con la mobilità conseguente);
- l'attività industriale in un contesto geografico -Frosinone- che non favorisce i ricambi delle masse d'aria.

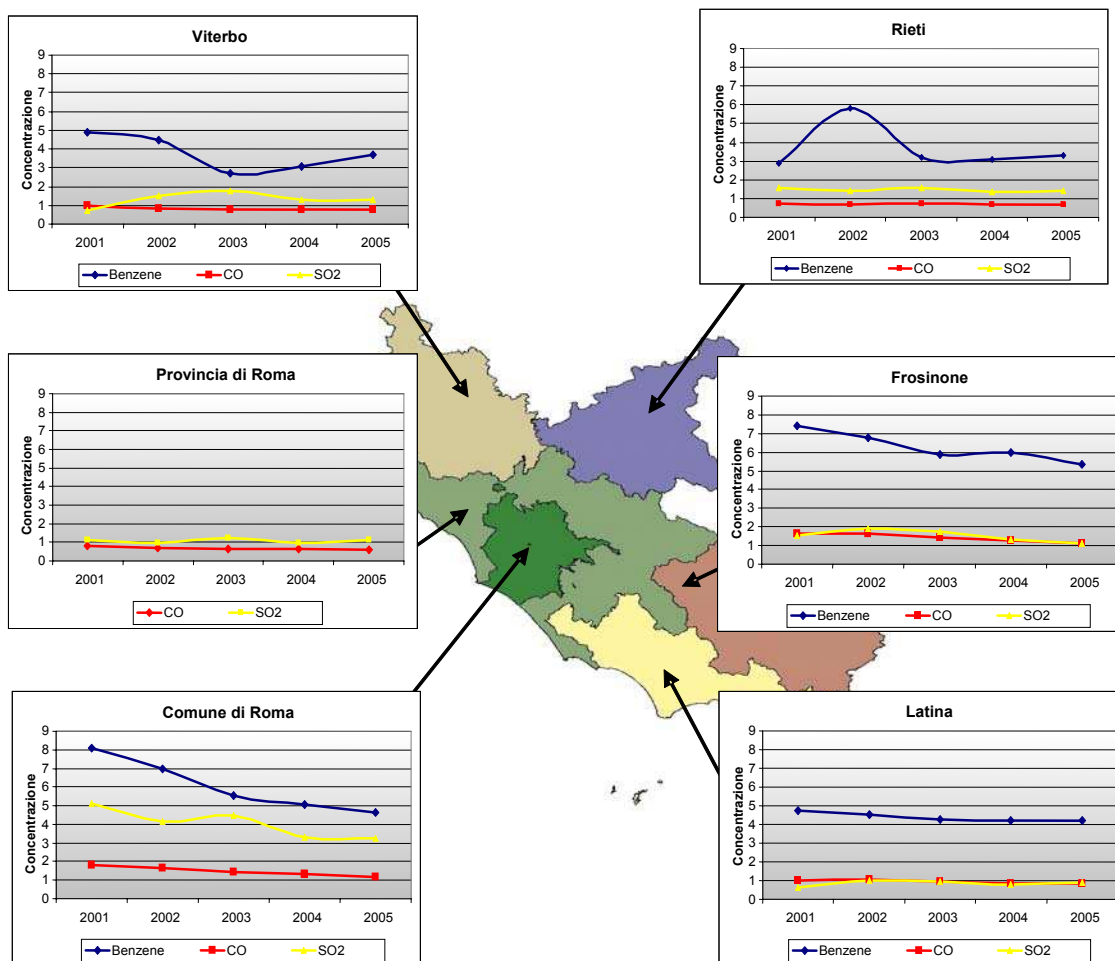
Quindi se le emissioni primarie di particolato sottile contribuiscono significativamente alle situazioni di crisi esplicita individuate, tuttavia non va sottovalutato che la formazione del  $\text{PM}_{10}$  secondario, figlio delle trasformazioni di altri inquinanti prevalentemente in fase gassosa, coinvolge un numero rilevante di inquinanti (anche gli ossidi di azoto ed in particolare il biossido) e sfrutta il rimescolamento dell'aria per diffondersi su tutto il territorio regionale.

Da qui l'attenzione a non tenere sotto controllo solo le situazioni locali più evidenti ma l'intero territorio regionale ed anche le sorgenti puntuali che emettono in quota e che quindi presentano la probabilità più elevata di coinvolgere territori molto vasti. Queste considerazioni legate alla critica presenza di  $\text{PM}_{10}$  secondario sono evidenziate sia dalle elevate concentrazioni riscontrate per il biossido di azoto che per le basse concentrazioni di ozono rilevate nella città di Roma.

Per poter apprezzare anche la tendenza temporale della situazione riscontrata sul territorio regionale, nella figura seguente vengono riportati per provincia gli andamenti della concentrazione media annua dei principali inquinanti previsti dalla normativa (biossido di azoto,  $\text{PM}_{10}$ , ozono, monossido di carbonio, benzene e biossido di zolfo).

Figura 2.60 - Trend delle medie annuali per provincia – NO<sub>2</sub>, PM<sub>10</sub> e O<sub>3</sub>

**Figura 2.61 -Trend delle medie annuali per provincia Benzene, SO<sub>2</sub> (µg/m<sup>3</sup>), CO (mg/m<sup>3</sup>)**



## 1.1.3 Analisi dettagliata della qualità dell'aria nel periodo 2005-2006

Qui di seguito vengono presenti i valori degli standard di qualità dell'aria previsti dal DM 60/02 e dal D.lgs. 183/04 (per l'ozono) nelle postazioni delle differenti sottoreti provinciali e nella sottorete della città di Roma. Per facilitare il confronto tra i due anni, sono riportate le stazioni che nel 2006 erano operative prima della ricollocazione (che è avvenuta per la maggior parte delle postazioni nel mese di dicembre del 2006).

| Comune di Roma   |  |             |      |      |
|--|--|-------------|------|------|
| Inquinante   | Parametro di riferimento   | Stazione    | 2005 | 2006 |
| Biossido di azoto<br>NO <sub>2</sub> µg/m <sup>3</sup> | numero superamenti del valore limite + il relativo margine di tolleranza<br>limite: 18 superamenti | Francia     | 0    | 0    |
|  |  | Guido       | 0    | 0    |
|  |  | Cinecitta'  | 0    | 1    |
|  |  | Arenula     | 0    | 4    |
|  |  | Grecia      | 0    | 0    |
|  |  | Montezemolo | 0    | 1*   |
|  |  | Preneste    | 0    | 0    |
|  |  | Libia       | 0    | 1*   |
|  |  | Cavaliere   | 0    | 0    |
|  |  | Ada         | 0    | 0    |
|  |  | Fermi       | 1    | 3*   |
|  |  | Tiburtina   | 5    | 9*   |
|  | Media annua  | Francia     | 80   | 83   |
|  |  | Guido       | 19   | 20   |
|  |  | Cinecitta'  | 54   | 61   |
|  |  | Arenula     | 74   | 81   |
|  |  | Grecia      | 68   | 81   |
|  |  | Montezemolo | 82   | 90*  |
|  |  | Preneste    | 54   | 55   |
|  |  | Libia       | 80   | 77*  |
|  |  | Cavaliere   | 41   | 41   |
|  |  | Ada         | 41   | 42   |
|  |  | Fermi       | 87   | 100* |
|  |  | Tiburtina   | 87   | 87*  |
| Monossido di carbonio                                  | numero superamenti 10 mg/m <sup>3</sup><br>media 8 ore   | Francia     | 0    | 0    |
|  |  | Cinecitta'  | 0    | 0    |
|  |  | Arenula     | 0    | 0*** |

| Comune di Roma   |  |                 |                 |             |
|--|--|-----------------|-----------------|-------------|
| <i>Inquinante</i>  | <i>Parametro di riferimento</i>                                      | <i>Stazione</i> | <i>2005</i>     | <i>2006</i> |
| <b>CO</b><br><b>mg/m<sup>3</sup></b>   |  | Grecia          | 0               | 0           |
|  |  | Montezemolo     | 0               | 0*          |
|  |  | Preneste        | 0               | 0***        |
|  |  | Libia           | 0               | 0***        |
|  |  | Ada             | 0               | 0           |
|  |  | Fermi           | 0               | 0*          |
|  |  | Tiburtina       | 0               | 0*          |
| <b>Particolato fine</b><br><b>PM<sub>10</sub></b><br><b>µg/m<sup>3</sup></b> | Media annua  | Arenula         | 42              | 43          |
|  |  | Grecia          | N.D.( $<75\%$ ) | 45          |
|  |  | Ada             | 29              | 32          |
|  |  | Preneste        | N.D.( $<75\%$ ) | 45          |
|  |  | Francia         | N.D.( $<75\%$ ) | 49          |
|  |  | Cinecitta'      | N.D.( $<75\%$ ) | 40          |
|  |  | Fermi           | 48              | 48*         |
|  | numero superamenti di 50 µg/m <sup>3</sup><br>limite: 35 superamenti | Arenula         | 92              | 98          |
|  |  | Grecia          | 46**            | 95          |
|  |  | Ada             | 21              | 46          |
|  |  | Preneste        | 42 **           | 118         |
|  |  | Francia         | 14 **           | 141         |
|  |  | Cinecitta'      | 25 **           | 87          |
|  |  | Fermi           | 127             | 110*        |
| <b>Ozono</b><br><b>O<sub>3</sub></b><br><b>µg/m<sup>3</sup></b>              | numero di superamenti: 180 µg/m <sup>3</sup><br>media oraria         | Preneste        | 7               | 10          |
|  |  | Francia         | 0               | 0^          |
|  |  | Fermi           | 0               | 0^          |
|  |  | Grecia          | 0               | 0^          |
|  |  | Ada             | 29              | 23          |
|  |  | Guido           | 0               | 0           |
|  |  | Cavaliere       | 9               | 19          |
|  | numero di superamenti: 240µg/m <sup>3</sup><br>media oraria          | Preneste        | 0               | 0           |
|  |  | Francia         | 0               | 0^          |
|  |  | Fermi           | 0               | 0^          |
|  |  | Grecia          | 0               | 0^          |
|  |  | Ada             | 0               | 0           |
|  |  | Guido           | 0               | 0           |
|  |  | Cavaliere       | 1               | 1           |



| Comune di Roma   |   |                 |             |                 |
|--|---|-----------------|-------------|-----------------|
| <i>Inquinante</i>  | <i>Parametro di riferimento</i>                           | <i>Stazione</i> | <i>2005</i> | <i>2006</i>     |
| <b>Biossido di zolfo</b><br><b>SO<sub>2</sub></b><br><b>µg/m<sup>3</sup></b>   | media annua   | Arenula         | 2.3         | N.D.( $<75\%$ ) |
|  |   | Fermi           | 5.6         | N.D.( $<75\%$ ) |
|  |   | Ada             | 1.9         | 1.5             |
|  | numero superamenti: 125 µg/m <sup>3</sup><br>media 24 ore | Arenula         | 0           | 0               |
|  |   | Fermi           | 0           | 0*              |
|  |   | Ada             | 0           | 0               |
|  | numero superamenti: 350 µg/m <sup>3</sup><br>media oraria | Arenula         | 0           | 0               |
|  |   | Fermi           | 0           | 0*              |
|  |   | Ada             | 0           | 0               |
| <b>Benzene</b><br><b>C<sub>6</sub>H<sub>6</sub></b><br><b>µg/m<sup>3</sup></b> | Media annua   | Grecia          | 4.8         | 4.3             |
|  |   | Libia           | 5.2         | 4.6*            |
|  |   | Tiburtina       | 6.5         | 5.8*            |
|  |   | Ada             | 1.9         | 2               |

\* - Montezemolo operativa fino al 11/12/2006, Libia operativa fino al 04/12/2006, Fermi operativa fino al 11/12/2006, Tiburtina operativa fino al 4/12/2006.

\*\* - Preneste: analizzatore operativo dal 28/04/2005, Cinecittà: analizzatore operativo dal 28/04/2005, Francia: analizzatore operativo dal 01/12/2005, Grecia: analizzatore non operativo dal 19/04/2005 al 30/11/2005.

\*\*\* - Arenula, Preneste e Libia: analizzatore operativo fino a giugno 2005.,

^ Stazioni in cui gli analizzatori nel 2006 sono stati operativi solo per i primi 5 mesi

| Provincia di Roma  |  |                    |                 |             |
|--|--|--------------------|-----------------|-------------|
| <i>Inquinante</i>  | <i>Parametro di riferimento</i>  | <i>Stazione</i>    | <i>2005</i>     | <i>2006</i> |
| <b>Biossido di azoto</b><br><b>NO<sub>2</sub> µg/m<sup>3</sup></b> | numero superamenti del valore limite + il relativo margine di tolleranza<br>limite: 18 superamenti | Allumiere          | 0               | 0           |
|  |  | Civitavecchia      | 0               | 0           |
|  |  | Colleferro Oberdan | 0               | 0           |
|  |  | Colleferro Europa  | 0               | 0           |
|  |  | Guidonia           | 0               | 0           |
|  |  | Segni              | 0               | 0           |
|  | Media annua  | Allumiere          | 10              | 10          |
|  |  | Civitavecchia      | 29              | 34          |
|  |  | Colleferro Oberdan | 45              | 48          |
|  |  | Colleferro Europa  | 42              | 47          |
|  |  | Guidonia           | 42              | 43          |
|  |  | Segni              | 29              | 33          |
| <b>Particolato fine</b><br><b>PM10</b><br><b>µg/m<sup>3</sup></b>  | Media annua  | Civitavecchia      | N.D.( $<75\%$ ) | 27          |
|  |  | Colleferro Europa  | N.D.( $<75\%$ ) | 48          |
|  |  | Guidonia           | N.D.( $<75\%$ ) | 40          |
|  | numero superamenti di 50µg/m <sup>3</sup><br>limite: 35 superamenti                                | Civitavecchia      | 4*              | 11          |
|  |  | Colleferro Europa  | 19*             | 105         |
|  |  | Guidonia           | 25*             | 89          |
| <b>Monossido di carbonio CO</b><br><b>mg/m<sup>3</sup></b>         | numero di superamenti 10 mg/m <sup>3</sup>   | Civitavecchia      | 0               | 0           |
|  |  | Colleferro Oberdan | 0               | 0           |
| <b>Ozono O<sub>3</sub> µg/m<sup>3</sup></b>                        | numero di superamenti 180 µg/m <sup>3</sup><br>media oraria  | Colleferro Oberdan | 0               | 8           |
|  |  | Segni              | 9               | 27          |
|  | numero di superamenti: 240µg/m <sup>3</sup><br>media oraria  | Colleferro Oberdan | 0               | 0           |
|  |  | Segni              | 0               | 4           |
| <b>Biossido di zolfo</b><br><b>SO<sub>2</sub> µg/m<sup>3</sup></b> | media annua  | Allumiere          | 1.5             | 1.2         |
|  |  | Civitavecchia      | 1.9             | 3.3         |
|  |  | Colleferro Oberdan | 0.8             | 0.9         |
|  |  | Colleferro Europa  | 0.7             | 0.8         |
|  |  | Guidonia           | 0.8             | 0.6         |
|  |  | Segni              | 0.9             | 0.8         |
|  | numero superamenti: 125 µg/m <sup>3</sup><br>media 24 ore  | Allumiere          | 0               | 0           |
|  |  | Civitavecchia      | 0               | 0           |
|  |  | Colleferro Oberdan | 0               | 0           |
|  |  | Colleferro Europa  | 0               | 0           |

| Provincia di Roma |   |                    |             |             |
|-------------------|---|--------------------|-------------|-------------|
| <i>Inquinante</i> | <i>Parametro di riferimento</i>                           | <i>Stazione</i>    | <i>2005</i> | <i>2006</i> |
|                   | numero superamenti: 350 µg/m <sup>3</sup><br>media oraria | Guidonia           | 0           | 0           |
|                   |   | Segni              | 0           | 0           |
|                   |   | Allumiere          | 0           | 0           |
|                   |   | Civitavecchia      | 0           | 0           |
|                   |   | Colleferro Oberdan | 0           | 0           |
|                   |   | Colleferro Europa  | 0           | 0           |
|                   |   | Guidonia           | 0           | 0           |
|                   |   | Segni              | 0           | 0           |

\* - Civitavecchia: analizzatore operativo dal 04/04/2005, Colleferro Europa e Guidonia: analizzatori operativi dal 31/08/2005.

| Provincia di Frosinone   |  |                 |                 |             |
|--|--|-----------------|-----------------|-------------|
| <i>Inquinante</i>  | <i>Parametro di riferimento</i>  | <i>Stazione</i> | <i>2005</i>     | <i>2006</i> |
| <b>Biossido di azoto</b><br><b>NO<sub>2</sub> µg/m<sup>3</sup></b> | numero superamenti del valore limite + il relativo margine di tolleranza<br>limite: 18 superamenti | Alatri          | 0               | 0           |
|  |  | Anagni          | 0               | 0           |
|  |  | Cassino         | 0               | 0           |
|  |  | Ceccano         | 0               | 0           |
|  |  | Ferentino       | 87**            | 0           |
|  |  | Fontechiari     | 0               | 0           |
|  |  | Frosinone scalo | 3               | 0           |
|  | Media annua  | Alatri          | 48              | 53          |
|  |  | Anagni          | 45              | 45          |
|  |  | Cassino         | 55              | 59          |
|  |  | Ceccano         | 39              | 42          |
|  |  | Ferentino       | 77              | 60          |
|  |  | Fontechiari     | 11              | 10          |
|  |  | Frosinone scalo | 58              | 57          |
| <b>Monossido di carbonio</b><br><b>CO mg/m<sup>3</sup></b>         | numero superamenti 10 mg/m <sup>3</sup><br>media 8 ore   | Cassino         | 0               | 0           |
|  |  | Ferentino       | 0               | 0           |
|  |  | Frosinone scalo | 0               | 0           |
| <b>Particolato fine</b><br><b>PM<sub>10</sub> µg/m<sup>3</sup></b> | Media annua  | Fontechiari     | 22              | 24          |
|  |  | Frosinone scalo | 50              | 64          |
|  |  | Anagni          | N.D.( $<75\%$ ) | 38          |
|  | numero superamenti di 50 µg/m <sup>3</sup><br>limite: 35 superamenti                               | Fontechiari     | 14              | 11          |
|  |  | Frosinone scalo | 124             | 140         |
|  |  | Anagni          | 19 *            | 71          |
| <b>Ozono</b><br><b>O<sub>3</sub> µg/m<sup>3</sup></b>              | numero di superamenti: 180 µg/m <sup>3</sup><br>media oraria                                       | Alatri          | 5               | 0           |
|  |  | Fontechiari     | 22              | 5           |
|  | numero di superamenti: 240µg/m <sup>3</sup><br>media oraria  | Alatri          | 0               | 0           |
|  |  | Fontechiari     | 0               | 0           |
| <b>Biossido di zolfo</b><br><b>SO<sub>2</sub> µg/m<sup>3</sup></b> | media annua  | Alatri          | 1.3             | 1.4         |
|  |  | Anagni          | 1.4             | 1.1         |
|  |  | Cassino         | 1.2             | 1.1         |
|  |  | Ceccano         | 0.9             | 1.1         |

| Provincia di Frosinone                    |   |                 |             |             |
|---|---|-----------------|-------------|-------------|
| <i>Inquinante</i>                         | <i>Parametro di riferimento</i>                     | <i>Stazione</i> | <i>2005</i> | <i>2006</i> |
| <b>Benzene</b><br>$C_6H_6$<br>$\mu g/m^3$ |   | Ferentino       | 1.3         | 1.7         |
|   |   | Fontechiari     | 0.5         | 0.6         |
|   |   | Frosinone scalo | 1.3         | 1.2         |
|   | numero superamenti: $125 \mu g/m^3$<br>media 24 ore | Alatri          | 0           | 0           |
|   |   | Anagni          | 0           | 0           |
|   |   | Cassino         | 0           | 0           |
|   |   | Ceccano         | 0           | 0           |
|   |   | Ferentino       | 0           | 0           |
|   |   | Fontechiari     | 0           | 0           |
|   |   | Frosinone scalo | 0           | 0           |
|   | numero superamenti: $350 \mu g/m^3$<br>media oraria | Alatri          | 0           | 0           |
|   |   | Anagni          | 0           | 0           |
|   |   | Cassino         | 0           | 0           |
|   |   | Ceccano         | 0           | 0           |
|   |   | Ferentino       | 0           | 0           |
|   |   | Fontechiari     | 0           | 0           |
|   |   | Frosinone scalo | 0           | 0           |
|   | Media annua   | Frosinone scalo | 5.4         | 4.5         |

\* - Anagni: analizzatore operativo da settembre 2005.

| <b>Provincia di Latina</b>   |  |                 |             |             |
|--|--|-----------------|-------------|-------------|
| <i>Inquinante</i>  | <i>Parametro di riferimento</i>  | <i>Stazione</i> | <i>2005</i> | <i>2006</i> |
| <b>Biossido di azoto</b><br><b>NO<sub>2</sub></b><br><b>µg/m<sup>3</sup></b>   | numero superamenti del valore limite + il relativo margine di tolleranza<br>limite: 18 superamenti | Aprilia 2       | 0           | 0           |
|  |  | LT Romagnoli    | 1           | 2           |
|  |  | LT Tasso        | 0           | 0           |
|  |  | LT scalo        | 0           | 0           |
|  | Media annua  | Aprilia 2       | 30          | 30          |
|  |  | LT Romagnoli    | 68          | 75          |
|  |  | LT Tasso        | 41          | 40          |
|  |  | LT scalo        | 37          | 38          |
| <b>Monossido di carbonio</b><br><b>CO</b><br><b>mg/m<sup>3</sup></b>           | numero superamenti: 10 mg/m <sup>3</sup><br>media 8 ore  | LT Romagnoli    | 0           | 0           |
|  |  | LT Tasso        | 0           | 0           |
|  |  | LT scalo        | 0           | 0           |
| <b>Particolato fine</b><br><b>PM<sub>10</sub></b><br><b>µg/m<sup>3</sup></b>   | Media annua  | LT Tasso        | 31          | 35          |
|  | numero superamenti di 50 µg/m <sup>3</sup><br>limite: 35 superamenti                               | LT Tasso        | 26          | 64          |
| <b>Ozono</b><br><b>O<sub>3</sub></b><br><b>µg/m<sup>3</sup></b>                | numero di superamenti: 180 µg/m <sup>3</sup>   | LT Tasso        | 0           | 1           |
|  | numero di superamenti: 240µg/m <sup>3</sup><br>media oraria  | LT Tasso        | 0           | 0           |
| <b>Biossido di zolfo</b><br><b>SO<sub>2</sub></b><br><b>µg/m<sup>3</sup></b>   | media annua  | Aprilia 2       | 1.1         | 0.9         |
|  |  | LT Romagnoli    | 1.2         | 1.2         |
|  |  | LT Tasso        | 0.7         | 1.1         |
|  | numero superamenti 125 µg/m <sup>3</sup><br>media 24 ore   | Aprilia 2       | 0           | 0           |
|  |  | LT Romagnoli    | 0           | 0           |
|  |  | LT Tasso        | 0           | 0           |
|  | numero superamenti 350 µg/m <sup>3</sup><br>media oraria   | Aprilia 2       | 0           | 0           |
|  |  | LT Romagnoli    | 0           | 0           |
|  |  | LT Tasso        | 0           | 0           |
| <b>Benzene</b><br><b>C<sub>6</sub>H<sub>6</sub></b><br><b>µg/m<sup>3</sup></b> | Media annua  | LT Romagnoli    | 4.3         | 3.3         |

| Provincia di Viterbo   |   |                   |             |             |
|--|---|-------------------|-------------|-------------|
| <i>Inquinante</i>  | <i>Parametro di riferimento</i>   | <i>Stazione</i>   | <i>2005</i> | <i>2006</i> |
| <b>Biossido di azoto</b><br><b>NO<sub>2</sub></b><br><b>µg/m<sup>3</sup></b>   | numero superamenti del valore limite + il relativo margine di tolleranza limite: 18 superamenti | Civita Castellana | 0           | 0           |
|  |   | Viterbo           | 0           | 0           |
|  | Media annua   | Civita Castellana | 54          | 49          |
|  |   | Viterbo           | 37          | 37          |
| <b>Monossido di carbonio</b><br><b>CO</b><br><b>mg/m<sup>3</sup></b>           | numero superamenti: 10mg/m <sup>3</sup>   | Viterbo           | 0           | 0           |
| <b>Particolato fine</b><br><b>PM<sub>10</sub></b><br><b>µg/m<sup>3</sup></b>   | Media annua   | Viterbo           | 30          | 29          |
|  | numero superamenti di 50µg/m <sup>3</sup> limite: 35 superamenti                                | Viterbo           | 28          | 21          |
| <b>Biossido di zolfo</b><br><b>SO<sub>2</sub></b><br><b>µg/m<sup>3</sup></b>   | media annua   | Civita Castellana | 1.2         | 1.2         |
|  |   | Viterbo           | 1.4         | 1.4         |
|  | numero superamenti 125µg/m <sup>3</sup> media 24 ore  | Civita Castellana | 0           | 0           |
|  |   | Viterbo           | 0           | 0           |
|  | numero superamenti 350µg/m <sup>3</sup> media oraria  | Civita Castellana | 0           | 0           |
|  |   | Viterbo           | 0           | 0           |
| <b>Benzene</b><br><b>C<sub>6</sub>H<sub>6</sub></b><br><b>µg/m<sup>3</sup></b> | Media annua   | Viterbo           | 3.7         | 2.4         |

| <b>Provincia di Rieti</b>  |  |                 |                 |             |
|--|--|-----------------|-----------------|-------------|
| <i>Inquinante</i>  | <i>Parametro di riferimento</i>  | <i>Stazione</i> | <i>2005</i>     | <i>2006</i> |
| <b>Biossido di azoto</b><br><b>NO<sub>2</sub></b><br><b>µg/m<sup>3</sup></b>   | numero superamenti del valore limite + il relativo margine di tolleranza<br>limite: 18 superamenti | Leonessa        | 0               | 0           |
|  |  | Rieti           | 0               | 0           |
|  | Media annua  | Leonessa        | 8               | 5           |
|  |  | Rieti           | 29              | 27          |
| <b>Particolato fine</b><br><b>PM10</b><br><b>µg/m<sup>3</sup></b>              | Media annua  | Rieti           | N.D.( $<75\%$ ) | 31          |
|  | numero superamenti di 50µg/m <sup>3</sup><br>limite: 35 superamenti                                | Rieti           | 6*              | 56          |
| <b>Monossido di carbonio</b><br><b>CO</b><br><b>mg/m<sup>3</sup></b>           | numero superamenti: 10 mg/m <sup>3</sup><br>media 8 ore  | Rieti           | 0               | 0           |
| <b>Ozono</b><br><b>O<sub>3</sub></b><br><b>µg/m<sup>3</sup></b>                | Superamenti media oraria 180 µg/m <sup>3</sup>   | Leonessa        | 74              | 140         |
|  |  | Rieti           | 0               | 0           |
|  | numero di superamenti: 240µg/m <sup>3</sup><br>media oraria  | Leonessa        | 0               | 0           |
|  |  | Rieti           | 0               | 0           |
| <b>Biossido di zolfo</b><br><b>SO<sub>2</sub></b><br><b>µg/m<sup>3</sup></b>   | media annua  | Leonessa        | 1.1             | 1.2         |
|  |  | Rieti           | 1.7             | 1.6         |
|  | numero superamenti 125 µg/m <sup>3</sup><br>media 24 ore   | Leonessa        | 0               | 0           |
|  |  | Rieti           | 0               | 0           |
|  | numero superamenti 350 µg/m <sup>3</sup><br>media oraria   | Leonessa        | 0               | 0           |
|  |  | Rieti           | 0               | 0           |
| <b>Benzene</b><br><b>C<sub>6</sub>H<sub>6</sub></b><br><b>µg/m<sup>3</sup></b> | Media annua  | Rieti           | 3.3             | 3.2         |

\* - Rieti: analizzatore operativo dal novembre 2005.



### 3. Modellazione dispersione e trasformazioni chimiche

#### 3.1 Premessa metodologica

Il d. lgs. 351/99, che recepisce la Direttiva Quadro 96/62/CE, assegna alle Regioni il compito di effettuare la valutazione della qualità dell'aria ambiente attraverso la classificazione del territorio in aree a diverso grado di criticità. Gli indirizzi del d. lgs. 351/99 prevedono che tale valutazione avvenga tramite l'utilizzo di un sistema integrato i cui componenti sono: inventario delle emissioni, reti di monitoraggio della qualità dell'aria e modelli di dispersione degli inquinanti in atmosfera. La normativa citata è stata aggiornata dal DM 60/2002, di attuazione delle direttive comunitarie 1999/30/CE e 2000/69/CE (relative al biossido di zolfo, biossido di azoto, particolato fine, piombo, benzene e monossido di carbonio) e dal DL 183/2004 di attuazione della direttiva comunitaria 2002/3/CE (relativa all'ozono). Per tali inquinanti è attualmente in discussione la proposta di Direttiva del Parlamento Europeo e del consiglio relativa alla qualità dell'aria ambiente e per un'aria più pulita in Europa finalizzata da un lato alla semplificazione ed alla razionalizzazione della normativa vigente e dall'altro alla revisione delle disposizioni attualmente in vigore alla luce degli ultimi sviluppi in ambito medico e scientifico.

I limiti previsti dalla normativa in vigore impongono un numero di superamenti del valore di soglia che non vengono spesso rispettati all'interno delle aree urbane e suburbane (in particolare per quanto riguarda l'NO<sub>2</sub> e il PM<sub>10</sub>) all'interno del territorio regionale e rendono quindi necessaria la stima preliminare degli effetti derivanti da possibili interventi di contenimento delle emissioni sulla qualità dell'aria (predisposizione dei Piani e Programmi Regionali). Tale stima è particolarmente importante per gli inquinanti secondari (O<sub>3</sub>, NO<sub>2</sub>, PM<sub>10</sub>, etc.) per i quali non è possibile stabilire a priori l'effetto di politiche di riduzione dei precursori sulle loro concentrazioni (ad esempio la riduzione di emissioni di NO<sub>x</sub> potrebbe dar luogo all'incremento sia delle concentrazioni di ozono nelle aree urbane che della frazione organica presente nel particolato atmosferico, Pandis et al., 1992).

Al fine di ottemperare a tali esigenze, ARPA Lazio ha acquisito il sistema modellistico ARIA Regional, messo a punto da ARIANET Srl ed ARIA Technologies S.A., il cui utilizzo consente di supportare la cosiddetta valutazione integrata della qualità dell'aria sul territorio regionale, ovvero: verificare il rispetto dei limiti di legge sull'intero territorio regionale mediante la definizione di mappe di concentrazione dei diversi inquinanti.

Tale sistema consente inoltre di analizzare episodi di inquinamento acuto, di stimare i contributi all'inquinamento dei vari comparti emissivi e di valutare diversi scenari emissivi associati a misure di risanamento.

Il sistema è di tipo integrato poiché si articola in moduli specialistici per il trattamento delle diverse informazioni necessarie alla valutazione modellistica della qualità dell'aria (caratteristiche del sito - orografia e uso del suolo -, meteorologia, emissioni, dispersione, deposizione e chimica dell'atmosfera) e di post-processor finalizzati alla visualizzazione grafica dei campi 2D e 3D utilizzati e prodotti dal sistema modellistico ed alla verifica dei risultati prodotti mediante il confronto con i dati osservati.

ARIA Regional è attualmente installato presso diverse ARPA (Piemonte, Valle d'Aosta, Lombardia e Puglia) e viene normalmente applicato sia per lo studio di episodi critici di inquinamento che a supporto della valutazione annuale della qualità dell'aria (simulazioni di durata annuale) su scale spaziali che variano dalla scala nazionale a quella locale (simulazioni sono state effettuate anche a scala continentale).

Tale sistema è stato quindi utilizzato da ARPA Lazio e da ARIANET Srl per l'effettuazione di simulazioni modellistiche sul territorio regionale da un lato a supporto della valutazione annuale della Qualità dell'aria (relativamente all'anno di riferimento 2005) e dall'altro per lo studio di differenti scenari emissivi. Tali simulazioni sono state effettuate a partire dai risultati ottenuti all'interno del progetto nazionale MINNI<sup>1</sup> (realizzato da Arianet S.r.l. in collaborazione con ENEA per conto del Ministero dell'Ambiente) ed in particolare dai campi meteorologici relativi a tale anno (2005) e dai campi di concentrazione disponibili per l'anno 1999 (i campi relativi all'anno 2005 non sono ancora disponibili). In Figura 3.1 viene mostrato lo schema del sistema modellistico e delle basi dati utilizzati in questo studio.

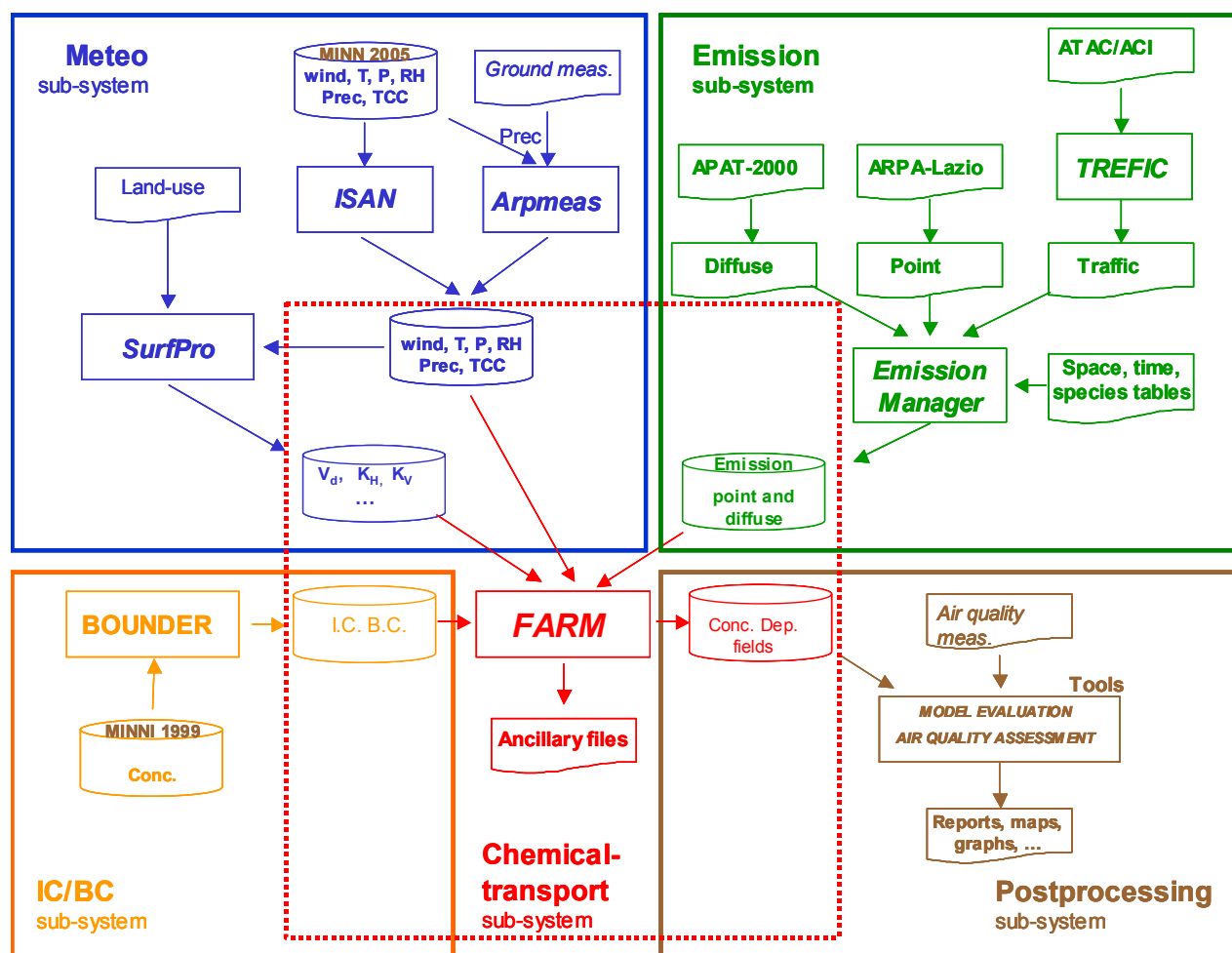
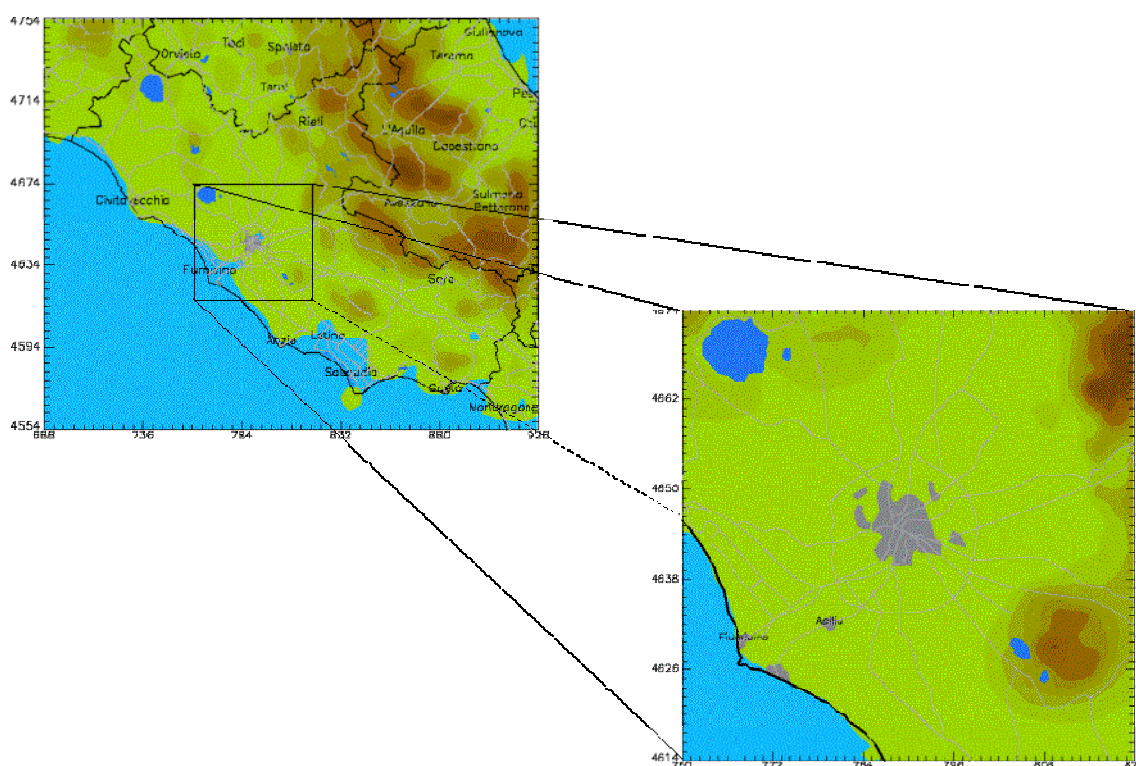


Figura 3.1 – Sistema modellistico

<sup>1</sup> Il progetto a scala nazionale MINNI, inserito nell' "Accordo di programma ENEA-Ministero dell'Ambiente su Cambiamenti Climatici ed Inquinamento Transfrontaliero", è finalizzato alla messa a punto della versione nazionale del modello di valutazione integrata d'impatto RAINS-Italia (IIASA), attualmente di supporto alle negoziazioni sull'inquinamento transfrontaliero in sede europea. Il progetto consente lo studio delle mutue interazioni tra le Regioni italiane e permette l'analisi di scenari alternativi di abbattimento delle emissioni.

Il sistema modellistico è basato sul modello fotochimico FARM (Flexible Air Quality Model) che è stato messo a punto da ARIANET, a partire dai modelli STEM-II (Carmichael et al., 1991) e STEM-FCM (Silibello et al., 2007), allo scopo di poter simulare i complessi processi chimico-fisici che danno luogo alla formazione ed all'accumulo di inquinanti gassosi e particolato atmosferico nella bassa troposfera.

L'area oggetto di studio è costituita da due domini innestati: il dominio regionale, che comprende l'intera Regione Lazio, ed il dominio locale che comprende l'area metropolitana di Roma. Il dominio regionale ha dimensioni pari a 240 x 200 km<sup>2</sup> ed una risoluzione orizzontale pari a 4 km mentre il dominio locale, centrato sulla città di Roma, ha dimensioni pari a 60 x 60 km<sup>2</sup> ed una risoluzione orizzontale di 1 km. Nella figura 3.2 sono riportate le caratteristiche dei due domini considerati.



| Dominio   | (x <sub>sw</sub> ,y <sub>sw</sub> ) | Dimensione x | Dimensione y | Risoluzione |
|-----------|-------------------------------------|--------------|--------------|-------------|
| Regionale | (688,4554)                          | 240          | 200          | 4           |
| Locale    | (760,4614)                          | 60           | 60           | 1           |

Figura 3.2 – Caratteristiche dei domini computazionali considerati nello studio. Le dimensioni sono espresse in km e le coordinate sono riferite alla zona UTM 32.

La valutazione modellistica della Qualità dell'aria sui due domini è stata quindi effettuata utilizzando i dati meteorologici ed emissivi descritti precedentemente mentre per quanto riguarda le condizioni iniziali ed al contorno, che indicano rispettivamente lo stato del sistema all'inizio della simulazione ed i flussi di massa entranti nel dominio considerato dalle aree circostanti, sono stati utilizzati i campi di concentrazione prodotti a scala nazionale (simulazione MINNI).

Poiché il modello FARM implementa la “2-way nesting” (possibilità di poter considerare avere una o più griglie innestate all'interno della griglia di partenza), le condizioni al contorno debbono essere assegnate solo relativamente alla griglia regionale e sono di tipo climatologico (giorno tipo-mensile) poiché i campi di concentrazione di partenza a scala nazionale sono relativi all'anno 1999 mentre l'anno di studio è il 2005.

### 3.2 Preparazione dell'input emissivo

L'inventario Nazionale delle Emissioni per settore di attività APAT2000, aggiornato all'anno 2005, costituisce il punto di partenza per la preparazione dell'input emissivo al sistema modellistico. Tale inventario, pur ricoprendo l'intero territorio di interesse ed il complesso delle attività emissive, non è direttamente utilizzabile per simulazioni modellistiche: il riferimento spaziale è infatti quello provinciale, mentre quello temporale è l'anno. Le simulazioni richiedono invece emissioni orarie con un dettaglio spaziale pari alla risoluzione del grigliato di calcolo (nel caso in questione 4 ed 1 km). Per ciò che riguarda i composti organici volatili non metanici (NMVOC), va inoltre evidenziato che l'inventario riporta le emissioni complessive di NMVOC mentre il modello fotochimico FARM necessita che tali composti siano aggregati nelle specie-gruppo utilizzate dal meccanismo chimico (speciazione). Analogamente le emissioni di particolato debbono essere distinte nelle diverse componenti considerate dal modulo per il trattamento della fase aerosol (aero3, vedi Appendice A). L'alimentazione di FARM a partire dai dati dell'inventario nazionale richiede dunque la disaggregazione spaziale delle emissioni sulle celle di calcolo, la loro modulazione temporale (dall'anno all'ora) e la speciazione dei composti organici volatili e del particolato secondo lo schema riportato in Figura 3.3.

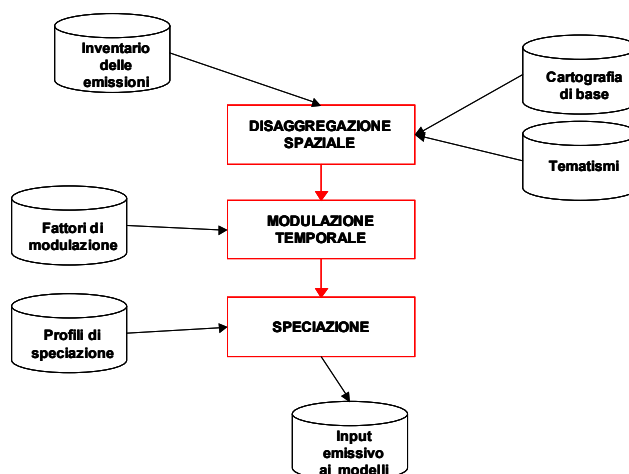


Figura 3.3 - Predisposizione dell'input modellistico a partire dall' inventario Nazionale delle Emissioni.

La disaggregazione spaziale delle emissioni diffuse viene effettuata mediante l'utilizzo di variabili proxy (layer cartografici e statistici – es. popolazione residente, ecc. - ), mentre la disaggregazione temporale e la speciazione viene effettuata mediante l'utilizzo di curve di modulazione e di profili di speciazione specifici per le diverse attività. Per quanto riguarda le emissioni lineari da traffico relative alle rete autostradale ed al traffico urbano sull'area metropolitana romano, essendo stimate su base oraria mediante il codice TREFIC, non viene effettuata la modulazione temporale di tali emissioni e si è proceduto alla loro disaggregazione spaziale sulle celle computazionali ed alla aggregazione nelle specie chimiche trattate dal modello FARM.

### ***3.3 Preparazione dell'input meteorologico***

Per generare i campi meteorologici necessari a pilotare le simulazioni di dispersione, è stata utilizzata una cascata di modelli in grado di ricostruire i fenomeni a differenti scale spaziali per giungere alla risoluzione considerata necessaria sia sulla regione Lazio e nella zona di Roma. Il punto di partenza è costituito dalle simulazioni annuali effettuate all'interno del progetto MINNI ("Modello Integrato Nazionale a supporto della Negoziazione internazionale sui temi dell'Inquinamento atmosferico") e relative all'anno 2005.

MINNI è un sistema modellistico a scala nazionale in grado di simulare, su lungo periodo (tipicamente un anno), le concentrazioni e le deposizioni (secche e umide) dei principali inquinanti atmosferici. Per fare ciò sono stati costruiti i campi meteorologici in grado di pilotare le simulazioni di dispersione e capaci di coprire tutto il territorio italiano alla risoluzione orizzontale di 20 km.

Ai campi meteorologici prodotti dal progetto MINNI vengono quindi aggiunti dati locali sul territorio e il tutto viene inserito in un sistema di analisi denominato ISAN in grado di effettuare l'integrazione delle informazioni disponibili e di ricostruire la meteorologia sui domini e alle scale scelte in questo progetto.

I campi prodotti mediante il codice ISAN vengono quindi re-interpolati mediante il codice GAP ad una risoluzione orizzontale sostanzialmente identica su un dominio riferito al sistema di coordinate orizzontali UTM32, nel sistema di coordinate verticali necessaria al codice di dispersione euleriano FARM. GAP ricostruisce le velocità verticali rispettando il vincolo di divergenza nulla del campo di velocità reintroducendo il vincolo fisico perso durante la fasi di analisi di RAMS/ISAN.

Nel seguito vengono descritte le metodologie utilizzate per la ricostruzione sia dei campi MINNI che dei campi sui domini target di interesse per questo progetto, riassumendo i principali risultati ottenuti.

#### ***3.3.1 Campi meteo generati dal progetto MINNI***

Il progetto MINNI prevede la produzione di campi meteorologici orari alla risoluzione di 20 km sul dominio di riferimento nazionale relativi all'anno 2005, mediante l'utilizzo del codice meteorologico non idrostatico RAMS. Le simulazioni vengono effettuate contemporaneamente, mediante una tecnica di two-way nesting, su un dominio a grande scala (rappresentato dal rettangolo esterno nella figura 3.4) che copre gran parte dell'Europa e sull'area nazionale più interna che ne rappresenta un dominio innestato.

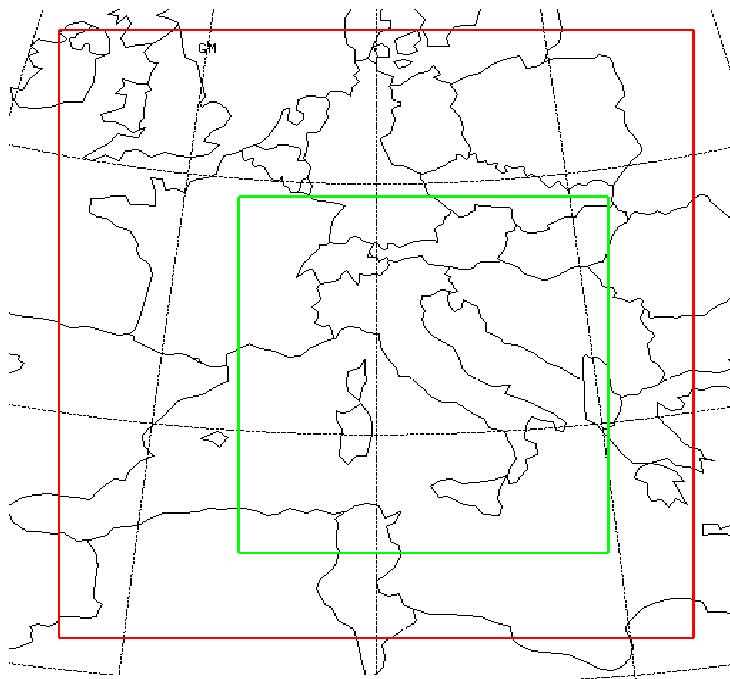


Figura 3.4 - Domini di calcolo esterno (risoluzione 60x60 km<sup>2</sup>) e nazionale (risoluzione 20x20 km<sup>2</sup>) del modello MINNI.

I dettagli sul dominio e risoluzione a scala nazionale sono riassunti nella figura seguente.

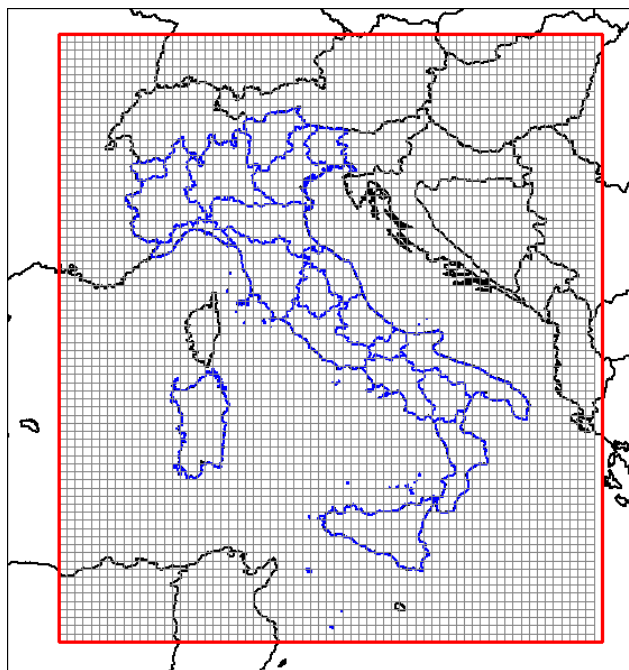


Figura 3.5 - Dominio di calcolo di nazionale e grigliato a risoluzione 20x20 km<sup>2</sup> del modello MINNI.

## **Predisposizione delle basi di dati meteorologici di input**

### Definizione delle condizioni al contorno

Le simulazioni effettuate dal codice RAMS sui due domini innestati, illustrati nelle figure precedenti, sono “guidate” esternamente dalle condizioni al contorno imposte attraverso campi meteorologici prodotti da modelli a scala globale o continentale. Per le applicazioni previste dal progetto MINNI, sono utilizzati i campi di analisi meteorologica del ECMWF. Tali campi sono resi disponibili su livelli di pressione, ad una risoluzione spaziale orizzontale di 0.5 gradi in longitudine/latitudine.

### Definizione della temperatura superficiale del mare

La temperatura superficiale del mare costituisce un dato di input di particolare importanza per un modello meteorologico poiché il contrasto termico fra mare e terra è il meccanismo principale di generazione delle brezze, che costituiscono uno dei regimi di circolazione più frequenti nelle aree costiere. La temperatura del mare ha inoltre un'importante influenza nella generazione dei fenomeni termodinamici che danno origine alle precipitazioni. Per le simulazioni relative al 2005 si sono state utilizzate le temperature superficiali disponibili negli archivi ECMWF con risoluzione spaziale congruente con i campi di analisi meteorologica precedentemente descritti. Data la variazione temporale lenta che caratterizza la temperatura del mare si sono acquisiti i valori di questa variabile su base giornaliera, utilizzando il valore alle ore 12:00 UTC come rappresentativo del giorno in considerazione.

### Osservazioni meteorologiche superficiali

Le simulazioni di RAMS per il progetto MINNI sono state effettuate in modalità di nudging (detta anche di assimilazione dati), in questo modo le osservazioni al suolo disponibili sono assimilate durante l'esecuzione della simulazione, attraverso un termine di forzante che viene aggiunto alle equazioni della dinamica. Sono utilizzate a tal fine le osservazioni WMO di tipo SYNOP e METAR disponibili attraverso gli archivi ECMWF. Queste osservazioni costituiscono una base dati con frequenza temporale oraria.

### Modalità di utilizzo del modello meteorologico RAMS

Le simulazioni effettuate attraverso modelli meteorologici sono caratterizzate da errori (differenze fra le variabili meteorologiche calcolate e osservate) che tendono a crescere nel tempo a causa della non linearità del sistema di equazioni che descrive lo stato e l'evoluzione dell'atmosfera e dell'intrinseca instabilità dei fenomeni meteorologici. Per limitare questi errori i campi meteorologici annuali sono costruiti a partire da simulazioni della durata di una settimana. Le simulazioni con il codice RAMS all'interno del progetto MINNI sono quindi re-inizializzate ogni sette giorni in modo da rimuovere eventuali derive dei campi calcolati rispetto alle analisi di grande scala ed alle osservazioni locali. Oltre a ciò, le simulazioni sono state eseguite in modalità di nudging, in modo da “forzare” i campi simulati a seguire localmente gli andamenti delle osservazioni disponibili.

### Inizializzazione dei profili di suolo

RAMS contiene un modello di suolo con un numero di livelli definito dall'utente che permette di calcolare gli scambi di calore fra atmosfera e terreno. I valori iniziali di temperatura e umidità nel suolo hanno un effetto non trascurabile sui risultati delle simulazioni, in particolare su temperatura ed umidità in prossimità del suolo. RAMS 6.0 permette di inizializzare le variabili che caratterizzano il terreno a partire dai risultati di una simulazione precedente. Questa caratteristica ha permesso di utilizzare come valori iniziali per ognuna delle simulazioni settimanali i risultati relativi alla settimana precedente. Lo stato iniziale del modello, per il giorno 1 gennaio 2005 alle ore 00:00, è stato ottenuto da una simulazione preliminare estesa a tutto il mese di dicembre 2004. Da esperienze precedenti ed informazioni sull'utilizzo di RAMS in altri centri di ricerca si può ritenere che un mese sia un periodo di tempo sufficiente a mandare in equilibrio il modello di suolo e a rimuovere l'effetto di eventuali anomalie indotte dai valori iniziali dei profili di temperatura ed umidità del terreno.

### **Risultati della simulazione meteorologica del 2005**

Sono stati elaborati i campi medi mensili delle principali grandezze meteorologiche. Queste elaborazioni presentano una prima valutazione d'insieme dei risultati ottenuti. Nelle figure seguenti sono illustrati i campi di temperatura media (K), umidità relativa media (%), nuvolosità media (1/10), precipitazione cumulata (mm) e vento a 10 metri relativi al mese di gennaio. Si osserva la scarsa presenza di fenomeni di precipitazione sull'area alpina e padana, confermata dai valori della nuvolosità media. La media vettoriale del campo di vento mostra la prevalenza di venti settentrionali e nord-occidentali. La prima parte del mese è stata infatti dominata da un campo anticiclonico al suolo associato a correnti nord-occidentali in quota che ha mantenuto condizioni di bel tempo stabile sull'intero territorio nazionale con foschie e nebbie in progressivo aumento al nord nel corso del periodo. Successivamente, si è osservato l'afflusso di correnti fredde provenienti da nord-est, che hanno determinato precipitazioni sulla Sicilia, sul versante adriatico e sull'Italia meridionale e rare precipitazioni al nord.

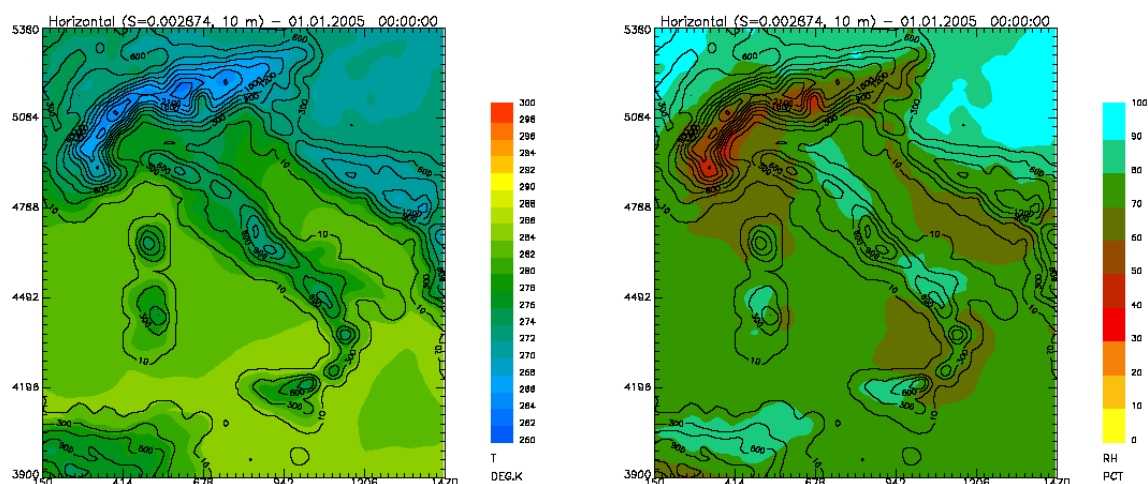


Figura 3.6 - Valori medi mensili di temperatura (sinistra) ed umidità relativa (destra) superficiale (10 m), per il mese di gennaio 2005



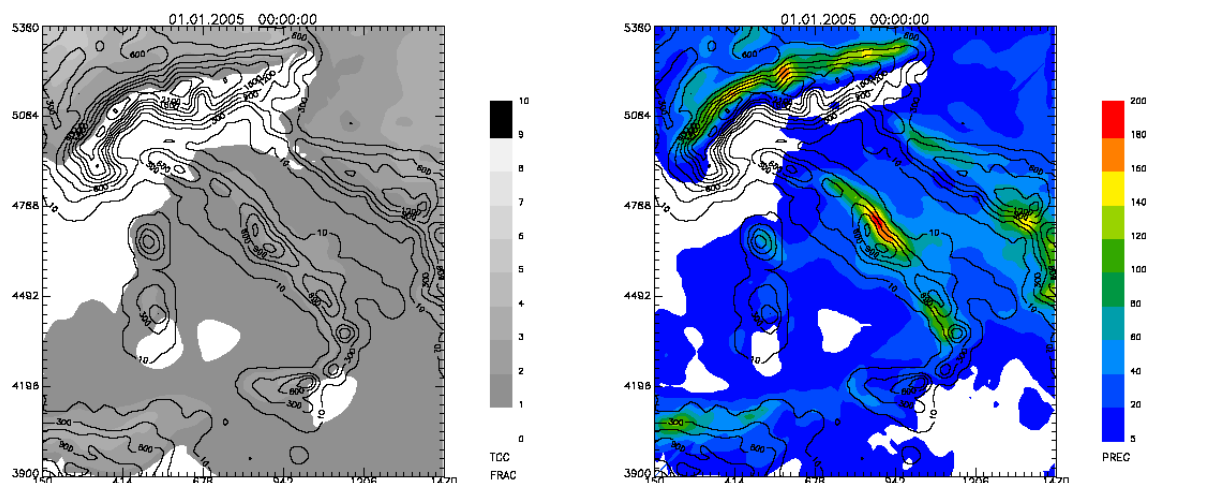


Figura 3.7 - Valori medi mensili di copertura nuvolosa (sinistra) e precipitazione cumulata (destra), per il mese di gennaio 2005

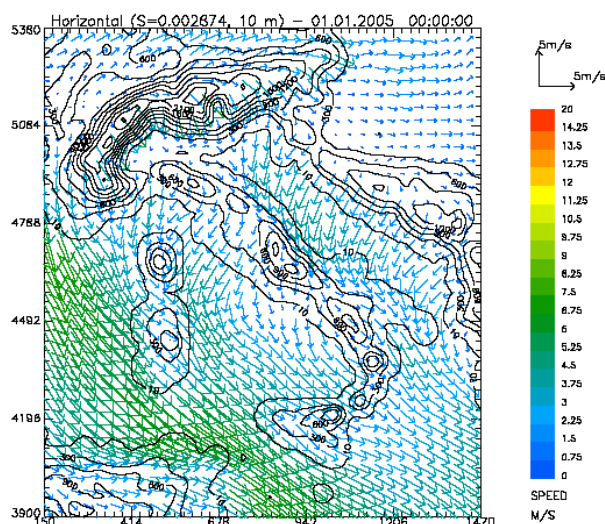


Figura 3.8 - Valori medi mensili di vento vicino al suolo (10 m), per il mese di gennaio 2005.

Nelle figure seguenti sono illustrati i campi di temperatura media (K), umidità relativa media (%), nuvolosità media (1/10) precipitazione cumulata (mm) e vento a 10m relativi al mese di luglio. Si osserva la presenza di nuvolosità media rilevante unicamente sull'area alpina e precipitazioni di origine convettiva che si concentrano sui due versanti dell'arco alpino, sul versante adriatico dell'Appennino centrale e sul versante tirrenico dell'Appennino meridionale. La circolazione nei bassi strati dell'atmosfera ha mostrato la prevalenza di correnti da ovest sul versante tirrenico della penisola e da nord-ovest sul versante adriatico. In generale, durante l'intero mese di luglio, l'Italia è stata interessata dal transito di saccature in quota provenienti da nord che si sono portate verso i Balcani valicando la catena alpina, causando temporali sull'Italia settentrionale e lungo la costa adriatica.

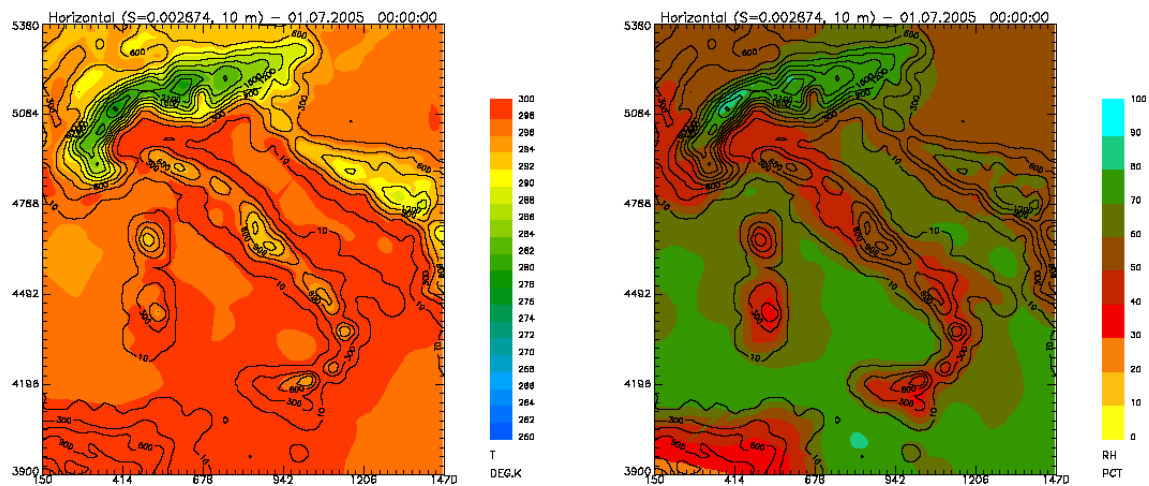


Figura 3.9 - Valori medi mensili di temperatura (sinistra) ed umidità relativa (destra) superficiale (10 m), per il mese di luglio 2005.

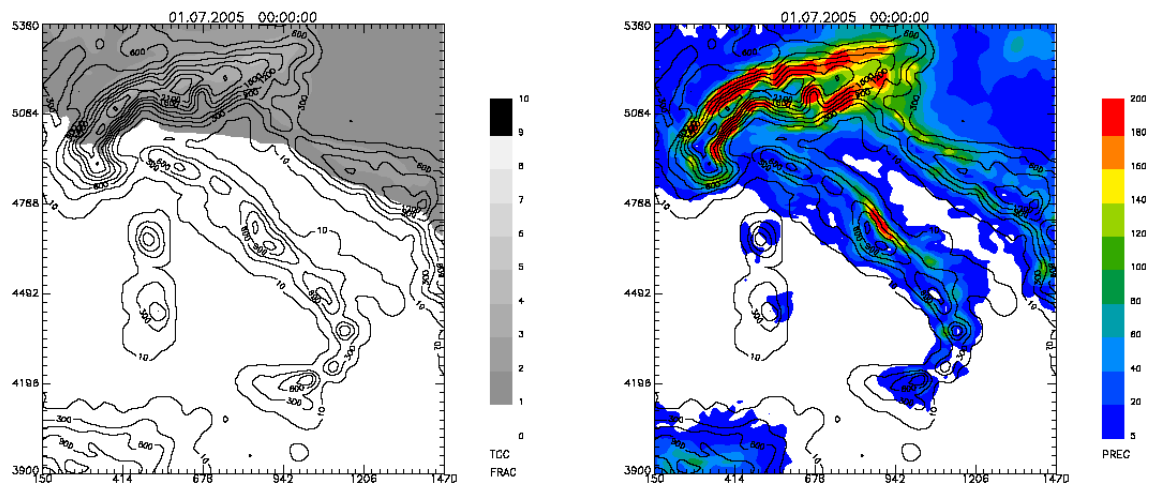


Figura 3.10 - Valori medi mensili di copertura nuvolosa (sinistra) e precipitazione cumulata (destra), per il mese di luglio 2005.

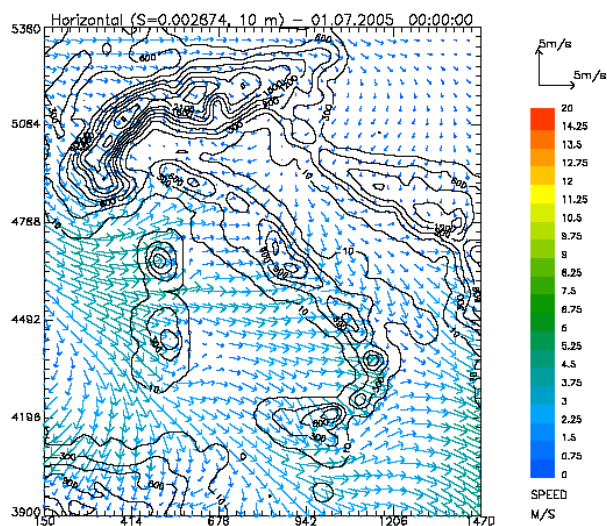


Figura 3.11 - Valori medi mensili di vento vicino al suolo (10 m), per il mese di luglio 2005.

A titolo di esempio, nelle figure sono confrontati qualitativamente i risultati di RAMS con le analisi meteorologiche NCEP e le immagini METEOSAT per una situazione verificatasi il 19 gennaio 2005, con la presenza di un'area ciclonica sul Mediterraneo, con un minimo di pressione chiuso centrato sul mar Tirreno. In questi caso la struttura della circolazione e la posizione dei corpi nuvolosi è descritta in modo soddisfacente dal modello.

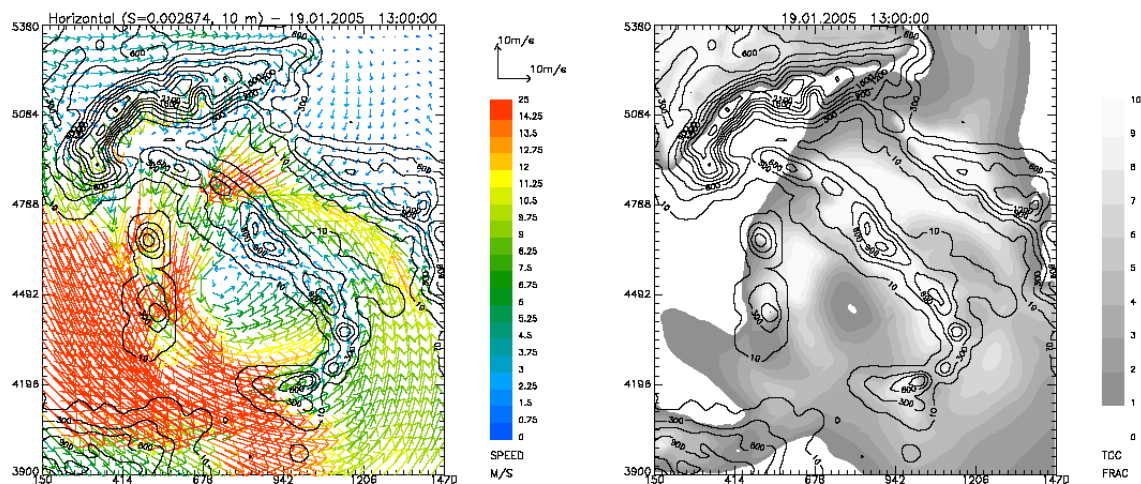


Figura 3.12 - 19 gennaio 2005: 13:00 vento vicino al suolo (10 m) e copertura nuvolosa generate dal codice RAMS sul dominio nazionale.

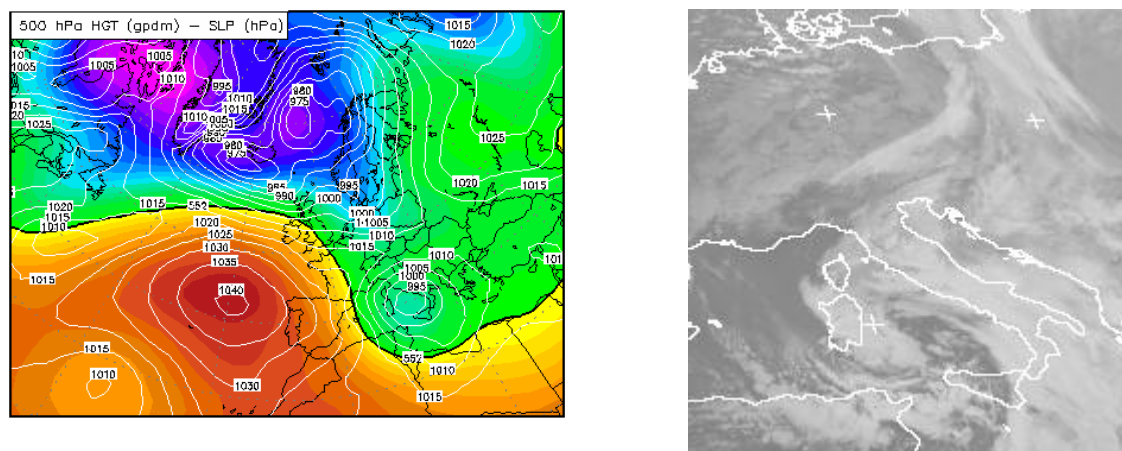


Figura 3.13 - 19 gennaio 2005: 13:00, geopotenziale a 500 Hpa e pressione a livello del mare (sinistra) e immagine METEOSAT (destra).

### Ricostruzione meteorologica sui domini target

#### Metodologia utilizzata

Sono previste simulazioni su due aree innestate, la prima in grado di ricoprire tutta la regione Lazio e la seconda, più interna che descrive con maggiore dettaglio la meteorologia sulla zona di Roma. Per ottenere i campi meteorologici in grado di pilotare le simulazioni di dispersione da realizzare mediante il codice euleriano fotochimico FARM, viene costruita una catena riassunta dal seguente diagramma:

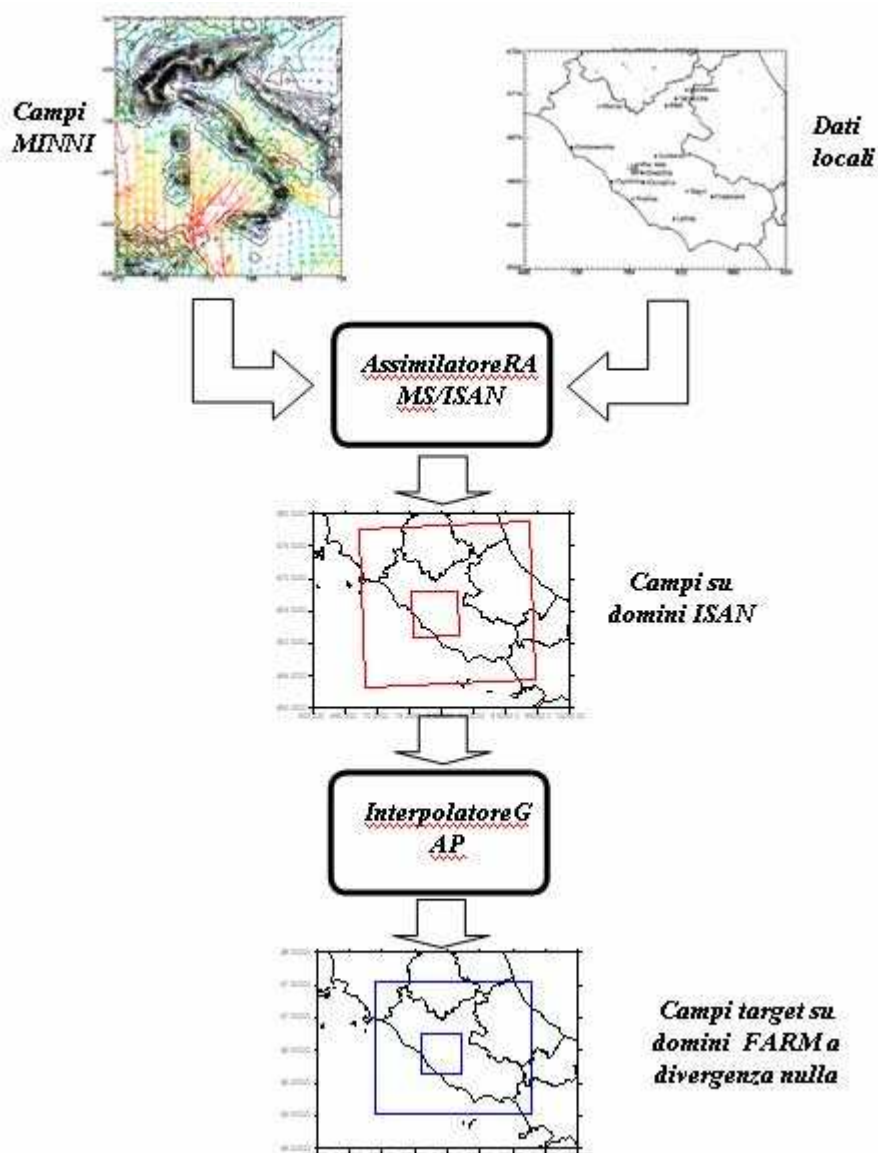


Figura 3.14 - Diagramma riassuntivo delle procedure utilizzate per la costruzione dei campi meteo sui domini target.

La figura seguente mostra il posizionamento dei due domini Lazio e Roma di ISAN (rettangoli rossi più interni) e di GAP (rettangoli blu più interni) rispetto al dominio nazionale MINNI (rettangolo rosso più esterno).

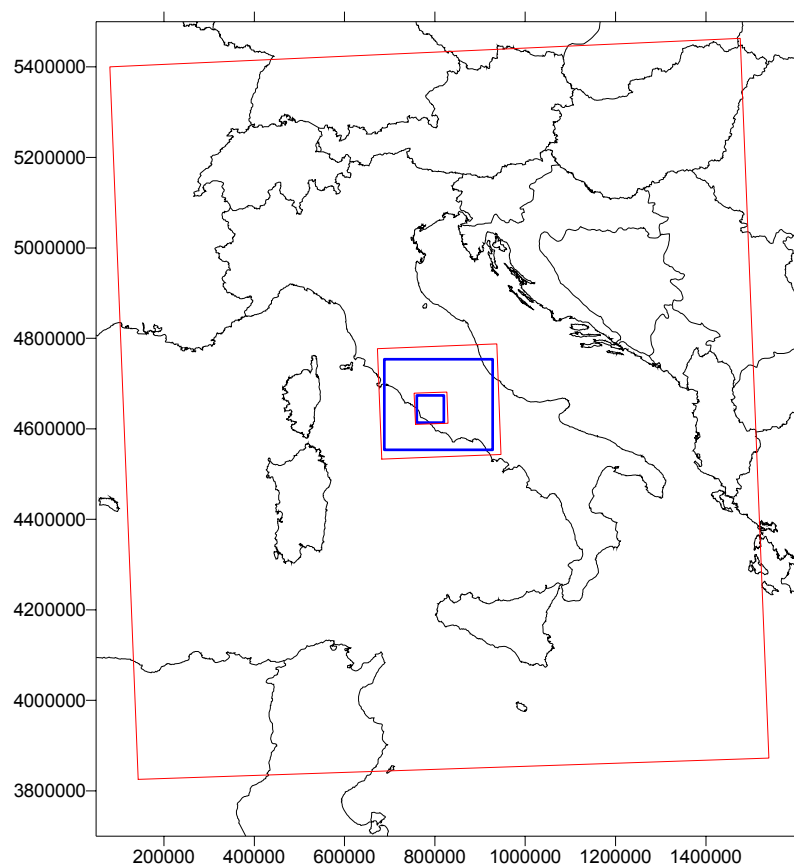


Figura 3.15 - Posizionamento dei domini target sulla regione Lazio e sulla zona di Roma (rettangoli più interni)

Le aree target hanno le seguenti caratteristiche generali:

|                                  | <b>Area Lazio<br/>ISAN</b> | <b>Area Roma<br/>ISAN</b> | <b>Area Lazio<br/>GAP-FARM</b> | <b>Area Roma<br/>GAP-FARM</b> |
|----------------------------------|----------------------------|---------------------------|--------------------------------|-------------------------------|
| dimensione in x (km)             | 264                        | 69                        | 240                            | 60                            |
| dimensione in y (km)             | 244                        | 69                        | 200                            | 60                            |
| n. punti orizz.                  | 67 x 61                    | 70 x 70                   | 61 x 51                        | 61 x 61                       |
| Risoluz. Orizzont. in x e y (km) | 4                          | 1                         | 4                              | 1                             |

La figura seguente mostra infine il dettaglio delle aree ISAN e GAP-FARM, dalle quali si può notare come l'area del Lazio copre tutta le regione mentre l'area più interna relativa alla zona di Roma ricopre l'intera città



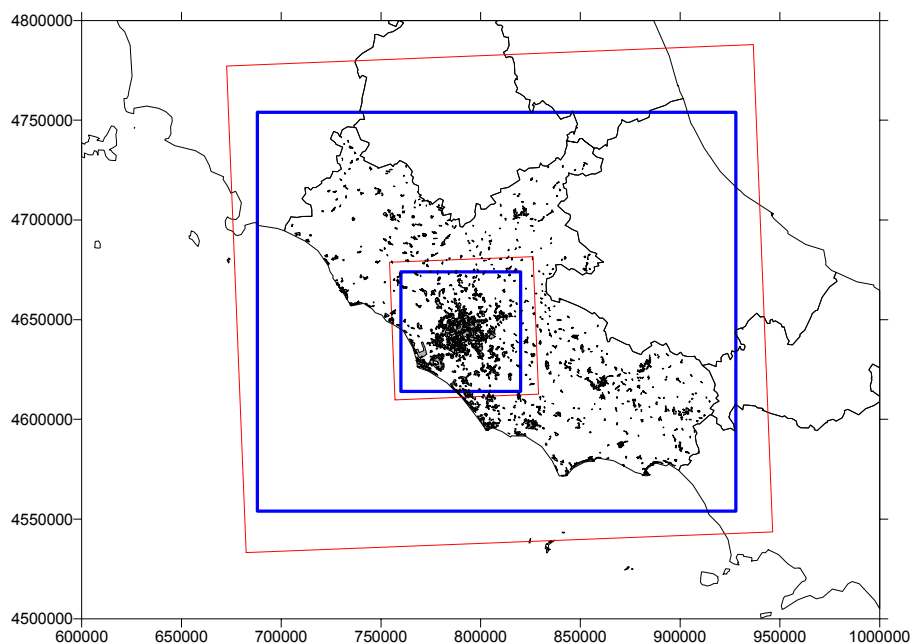


Figura 3.16 - Dettaglio del posizionamento dei domini target sulla regione Lazio e sulla zona di Roma.

Il passaggio dal dominio MINNI ai due domini target consente di tenere in considerazione gli effetti derivanti da una topografia più risolta e realistica che si ottiene nel passaggio dalla risoluzione di partenza di 20 km a quelle di 4 km e 1 km. A titolo di esempio, la figura seguente mostra la topografia vista dal modello RAMS/ISAN sul dominio del Lazio, nel passaggio dalla risoluzione 20 km a quella 4 km. Risulta evidente il maggiore dettaglio fornito dalla topografia a 4 km di risoluzione. Un guadagno proporzionale viene ottenuto nel passaggio dalla risoluzione 4 km a quella 1 km nel dominio di Roma.

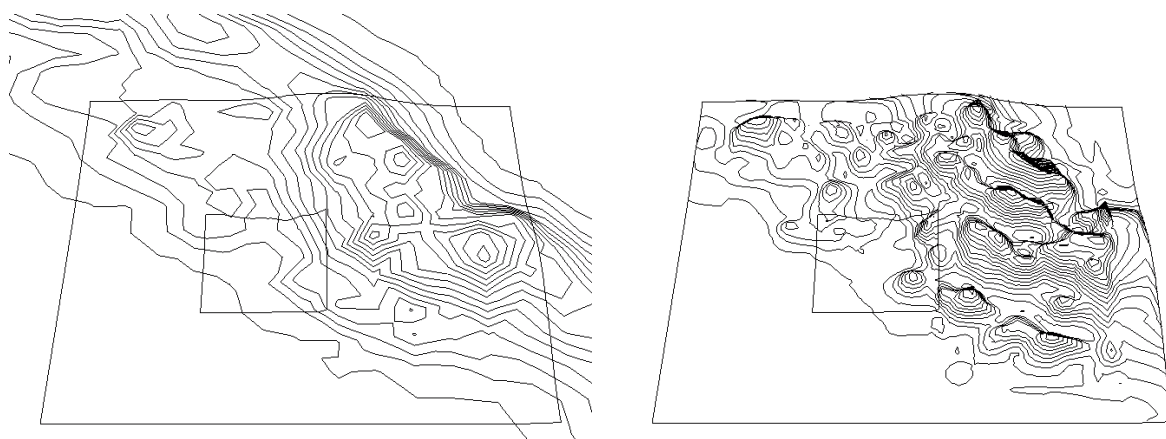


Figura 3.17 - Topografia sull'area del Lazio vista a 4 km di risoluzione (sinistra) e a 1 km di risoluzione (destra).  $\Delta$  iso = 100m per entrambi i grafici

A beneficiare della migliore risoluzione non sono solo i campi meteorologici ma anche quelli di concentrazione, che risulteranno maggiormente significativi su ognuno dei domini target.

### Il sistema di analisi RAMS/ISAN

Per ottenere la discesa di scala dal dominio nazionale MINNI considerando gli effetti legati alla presenza dei dati locali è stato utilizzato il sistema di analisi dati denominato ISAN (Isentropic ANalysis package, Walko and Tremback, 1995) fornito all'interno del codice meteorologico RAMS.

ISAN è un codice di assimilazione che agisce mediante un metodo di analisi oggettiva. Con il termine analisi oggettiva sono usualmente indicati quei metodi matematici che consentono di descrivere l'andamento spaziale di una variabile meteorologica su di una griglia regolare, a partire da valori osservati distribuiti irregolarmente. Con assimilazione dati si indica normalmente il processo che a partire dalle misure, ed utilizzando metodologie di analisi oggettiva, porta all'inizializzazione (ed alla costruzione delle condizioni al contorno) di modelli meteorologici prognostici. Queste procedure generalmente prevedono l'integrazione delle misure disponibili all'interno di campi di background già prodotti per mezzo di modelli meteorologici, come è il caso dei campi a 20 km di risoluzione prodotti dal codice RAMS all'interno del progetto MINNI integrati da misure locali sul Lazio.

ISAN permette di effettuare l'analisi a partire da tre diversi tipi di dati: radiosondaggi, osservazioni al suolo e campi meteorologici di analisi o previsione su livelli di pressione. Essendo le simulazioni del progetto MINNI costruite mediante il codice RAMS, gli output risultano rapidamente disponibili come campi meteorologici di background in questo progetto. I dati locali sono assimilati con i dati provenienti da questi campi scala più grande attraverso un processo di "analisi oggettiva di Barnes". I risultati sono quindi utilizzati per costruire i campi meteorologici tridimensionali che tengono conto delle strutture topografiche alla scala dei grigliati target innestati, come nel caso dei domini del Lazio e di Roma.

Il codice ISAN effettua una analisi oggettiva di Barnes su due differenti livelli verticali di calcolo, livelli isentropici, cioè superfici a temperatura potenziale costante, e livelli  $z^*$ , dove:

$$z^* = z_{TOP} \frac{z - z_{SURF}}{z_{TOP} - z_{SURF}}$$

che coincidono con le coordinate di calcolo di RAMS. Le coordinate isentropiche sono ritenute adatte alla descrizione del flusso a scala sinottica che, in prima approssimazione, si può ritenere adiabatico. Queste coordinate risultano però poco adatte alla descrizione dello strato limite atmosferico, dove la stratificazione è debole e quindi la risoluzione ridotta, inoltre i livelli isentropici intersecano il terreno. Il modello esegue quindi un'analisi anche sui livelli  $z^*$  che sono più adatti alla descrizione del flusso in prossimità del suolo. I due risultati vengono quindi interpolati dando maggior peso rispettivamente all'analisi isentropica negli strati elevati ed all'analisi su livelli  $z^*$  in prossimità del terreno.

### Dati locali

Sono stati resi disponibili da parte di ARPA Lazio i dati meteorologici per l'intero anno 2005 relativi a un numeroso quantitativo di stazioni al suolo, provenienti sia dalla rete gestita dal Servizio Meteorologico dell'Aeronautica Militare (SMAM) che dalla rete regionale gestita direttamente da ARPA stessa. E' stato quindi effettuato un primo screening per eliminare stazioni che presentano lunghi periodi di mancanza di dati o per ridurre la ridondanza in caso di stazioni troppo ravvicinate rispetto alla risoluzione target scelta, che potrebbero potenzialmente generare dei problemi alla fase interpolativa di ISAN in presenza di contrasti evidenti tra le misure.

Dopo questa fase iniziale di screening, le stazioni rimaste ed utilizzate sono quelle identificate nella seguente figura, dove in rosso vengono indicate le stazioni di SMAM ed in nero quelle di ARPA.

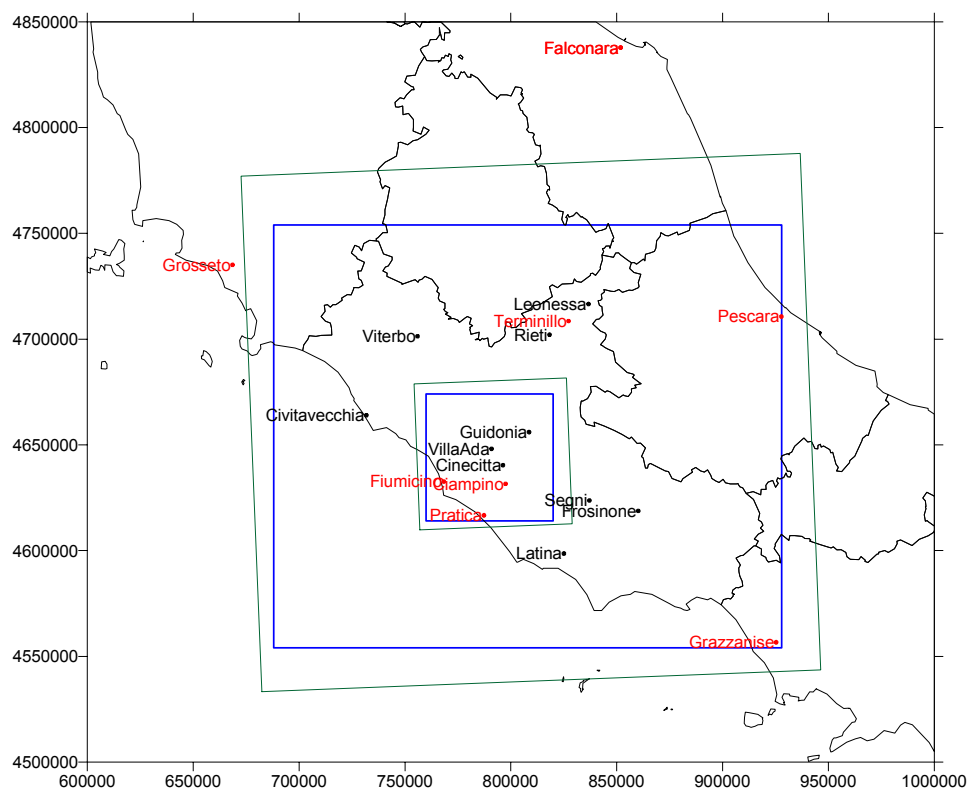


Figura 3.18 - Stazioni meteorologiche al suolo considerate nel sistema di analisi RAMS/ISAN

In totale sono stati utilizzati i dati su base oraria per tutto il 2005 delle seguenti 8 stazioni SMAM e 10 stazioni ARPA:

- Roma Ciampino (SMAM)
- Pratica di mare (SMAM)
- Fiumicino (SMAM)
- Grosseto (SMAM)
- Terminillo (SMAM)
- Falconara (SMAM)
- Pescara (SMAM)
- Grazzanise (SMAM)



- Cinecittà (ARPA)
- Civitavecchia (ARPA)
- Guidonia (ARPA)
- Segni (ARPA)
- Roma Villa Ada (ARPA)
- Frosinone (ARPA)
- Latina (ARPA)
- Rieti (ARPA)
- Leonessa (ARPA)
- Viterbo (ARPA)

Le grandezze fornite da queste stazioni utilizzate nella fase di analisi di ISAN sono le seguenti:

- Velocità del vento
- Direzione del vento
- Temperatura
- Temperatura di rugiada
- Pressione atmosferica

#### Campi meteorologici generati da RAMS/ISAN-GAP

Il sistema di analisi RAMS/ISAN genera campi tridimensionali di vento, temperatura, umidità relativa e pressione sia sul dominio del Lazio che su quello di Roma con frequenza oraria a partire dal 1/1/2005 01:00 fino al 31/12/2005 24:00. I campi di vento, essendo prodotti da una procedura di interpolazione tra i dati di background e le misure, perdono la condizione di divergenza nulla. I campi prodotti da RAMS/ISAN vengono quindi re-interpolati mediante il programma GAP (Arianet, 2006) su un grigliato orizzontale alla medesima risoluzione, georiferito rispetto alla proiezione UTM32 in orizzontale e sui livelli terrain-following utilizzati dal codice di dispersione FARM (Calori e Silibello, 2003) in verticale. Per entrambe le aree vengono generati dal codice GAP campi su 12 livelli verticali con il tetto del dominio posto a circa 3500 m sopra il suolo ed il primo livello posto a circa 10 m sopra il suolo, ricostruendo le velocità verticali in modo da garantire la condizione di flusso a divergenza nulla sulle due topografie target.

Complessivamente vengono prodotti 8760\*2 files contenenti campi tridimensionali per un totale di circa 20 Gbytes. Data questa enorme mole di dati, la loro presentazione può avvenire solo attraverso esempi o grandezze riassuntive.

Gli effetti introdotti dall'orografia sul flusso sono esemplificati nella seguente figura, che riporta le linee di flusso e il corrispondente campo di vento vicino al suolo sull'area del Lazio, relativi ad una giornata del mese di gennaio 2005 in presenza di forte stabilità atmosferica e flusso relativamente debole che tende ad essere quindi più facilmente incanalato all'interno delle strutture orografiche locali.

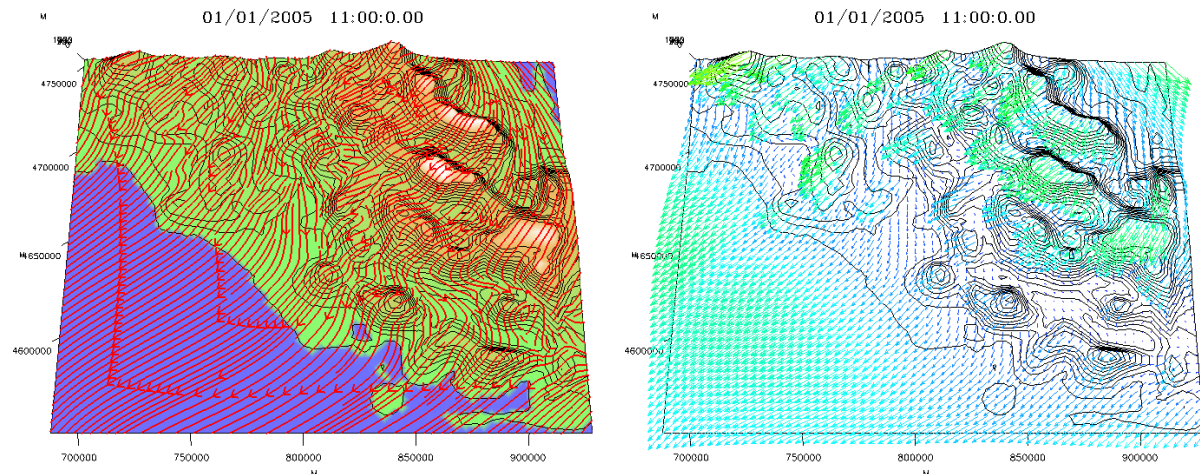


Figura 3.19 - Linee di flusso (sinistra) e campo di vento corrispondente (destra) in prossimità del suo-lo relativi al giorno 1/1/2005 alle ore 11:00 simulati attraverso la catena RAMS/ISAN – GAP sull'area del Lazio.

Si nota una distorsione delle linee di flusso, particolarmente evidente nelle zone a Nord e a Sud-Est di Roma. In una situazione a maggiore instabilità e con venti più consistenti, il vento tende invece ad oltrepassare i rilievi subendo una minore distorsione, come evidenziato nella seguente figura che descrive una tipica situazione estiva.

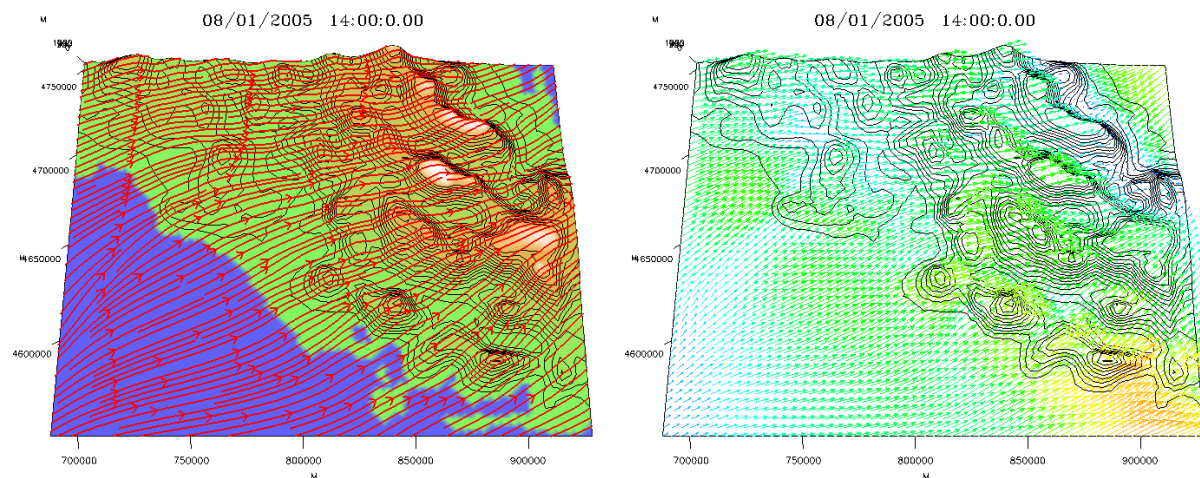


Figura 3.20 - Linee di flusso (sinistra) e campo di vento corrispondente (destra) in prossimità del suolo relativi al giorno 1/8/2005 alle ore 14:00 simulati attraverso la catena RAMS/ISAN – GAP sull'area del Lazio.

La disponibilità di una base dati meteorologici di relativamente lungo periodo, consente l'elaborazione di mappe in grado di illustrare le caratteristiche del territorio in esame dal punto di vista statistico. Queste informazioni, oltre ad avere interesse sulla climatologia sono rilevanti come informazioni di base per la gestione della qualità dell'aria locale. Basti pensare infatti come l'intensità del vento costituisca un indice delle capacità dispersive dell'atmosfera e quindi della possibilità di diluire le concentrazioni degli inquinanti emessi dalle differenti tipologie di sorgenti presenti sul territorio. Le aree caratterizzate da venti deboli sono quindi in genere quelle potenzialmente più critiche dal punto di vista della qualità dell'aria. Nelle due figure seguenti sono illustrati rispettivamente i campi della velocità media annuale del vento alle quote di 10 e 200 metri, al disopra del terreno. Sulle figure sono riportati i confini regionali (in rosso), le quote altimetriche (isolinee con passo 200 metri) e la posizione delle stazioni che hanno fornito dati meteorologici. Le quote sono state scelte come rappresentative delle condizioni anemologiche incontrate dalle emissioni a bassa quota (emissioni veicolari e riscaldamento) e da quelle elevate (ciminiere di impianti industriali o di produzione di energia) ed in generale rappresentano lo strato investito dalla maggior carico di sostanze inquinanti.

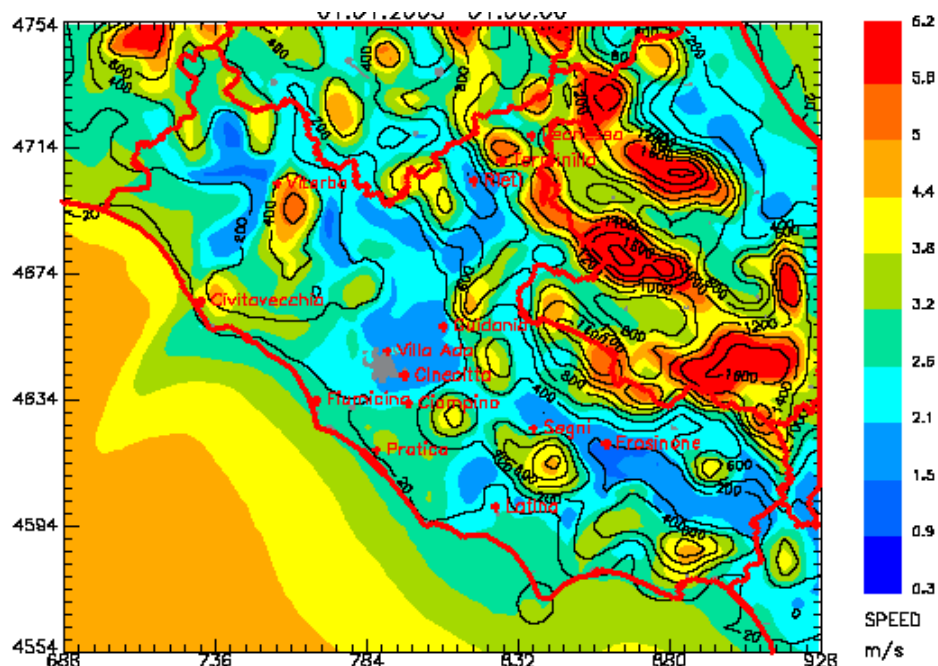


Figura 3.21 - Campo di velocità media annuale del vento a 10 m di quota sul dominio del Lazio. Valori in m/s secondo la scala colorata riportata a destra.

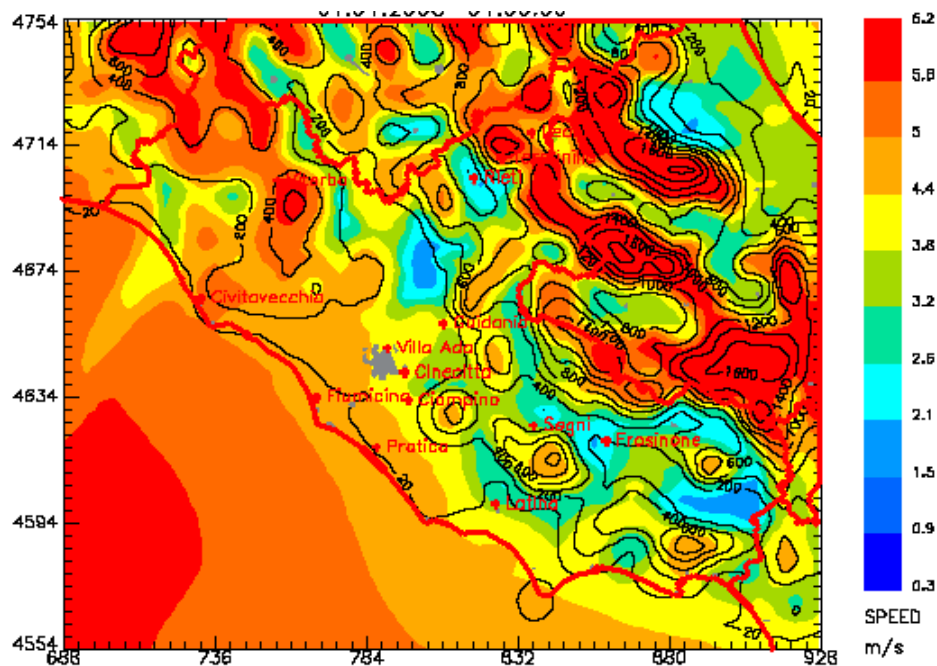


Figura 3.22 - Campo di velocità media annuale del vento a 200 m di quota sul dominio del Lazio. Valori in m/s secondo la scala colorata riportata a destra.

Entrambi i campi mostrano una notevole variazione spaziale in corrispondenza delle strutture orografiche. Sia al suolo che a 200 m di quota le velocità medie sono in genere superiori a 1 m/s. Le zone più critiche si trovano a nord di Roma, nella valle del Liri ad est di Frosinone e ad ovest di Viterbo. A 200 m di quota le velocità medie del vento sono ovviamente più elevate e le aree critiche al di sotto di 2 m/s si riducono fino a quasi scomparire dal dominio, rimanendo solo a nord di Roma e a sud-est di Frosinone.

Nella figura seguente, il campo di intensità media annuale del vento viene messo a confronto con i dati del database nazionale SCIA (<http://www.scia.sinanet.apat.it/>) relativi all'anno 2005. Il confronto rispetto alle poche stazioni disponibili sul Lazio mostra una sostanziale rispondenza dei campi generati da RAMS/ISAN-GAP rispetto alle misure.

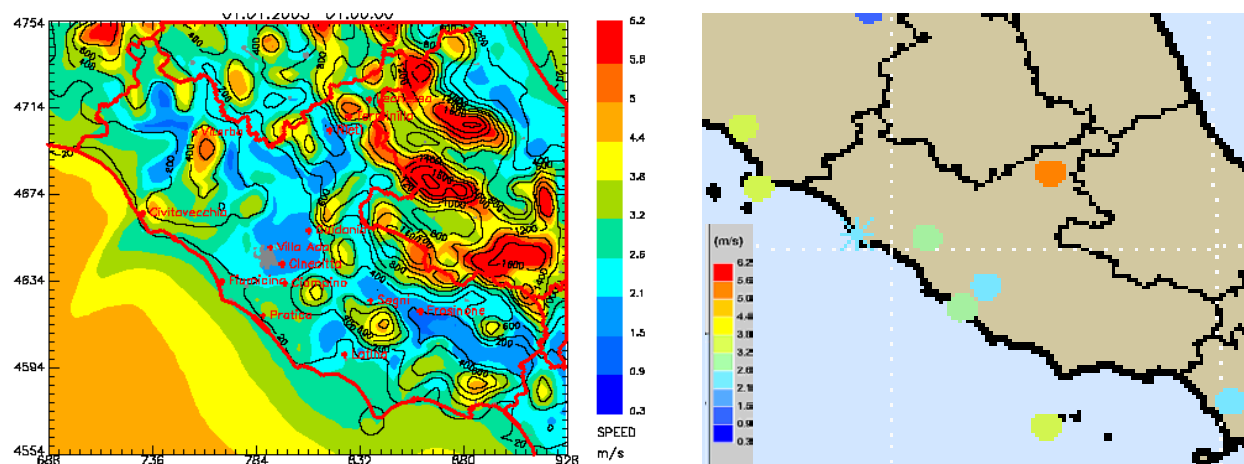


Figura 3.23 - Confronto tra i campi di vento al suolo (sinistra) e i dati SCIA di vento medio in prossimità del suolo (destra) relativi all'anno 2005.



In aggiunta a quanto illustrato per le intensità medie dei venti, nelle due figure seguenti è mostrata l'incidenza percentuale, su base annuale, degli episodi di calma di vento a 10 m e 200 m (velocità inferiori a 1 m/s).

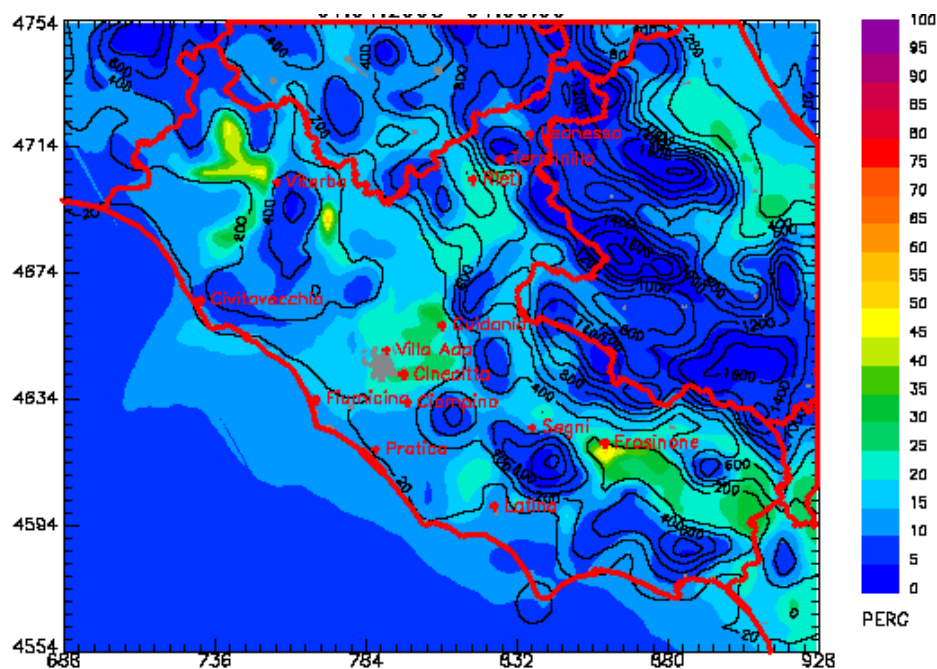


Figura 3.24 - Frequenza percentuale annua delle calme di vento ( $v < 1$  m/s) alla quota di 10 metri.

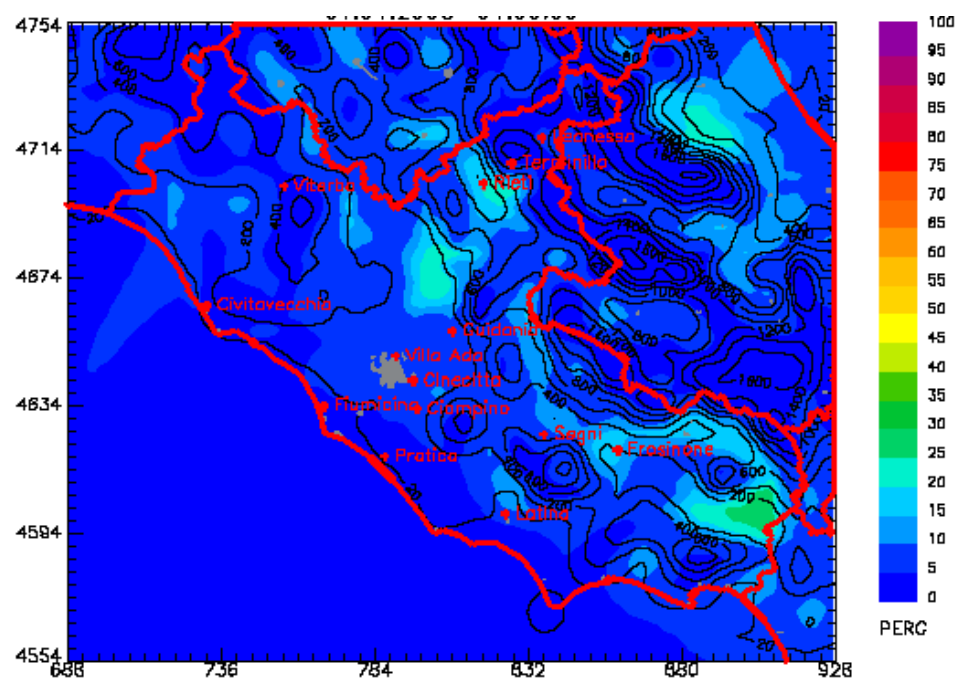


Figura 3.25 - Frequenza percentuale annua delle calme di vento ( $v < 1$  m/s) alla quota di 200 metri,

A conferma di quanto già evidenziato con le velocità medie annuali, le aree in prossimità del suolo nelle quali si ha la maggiore incidenza di calme di vento si trovano a nord-est di Roma, a sud-est di Frosinone e ad ovest di Viterbo. In queste due ultime zone si possono avere incidenze delle calme anche dell'ordine del 40%, mentre nella zona intorno a Roma difficilmente le calme mostrano un'incidenza superiore al 25-30%. Alla quota di 200 metri le calme di vento risultano poco significative tranne nelle zone a nord di Roma e a sud-est di Frosinone, dove si può avere un'incidenza residua di circa il 20-25%.

Le due figure seguenti descrivono l'incidenza statistica dei venti di moderata intensità, superiori a 5 m/s. Tali eventi risultano di scarsa rilevanza statistica sulle pianure e in alcune delle principali valli interne. In queste zone i venti superiori a 5 m/s hanno una frequenza inferiore al 10% vicino al suolo ed inferiori al 20% a 200 m di quota.

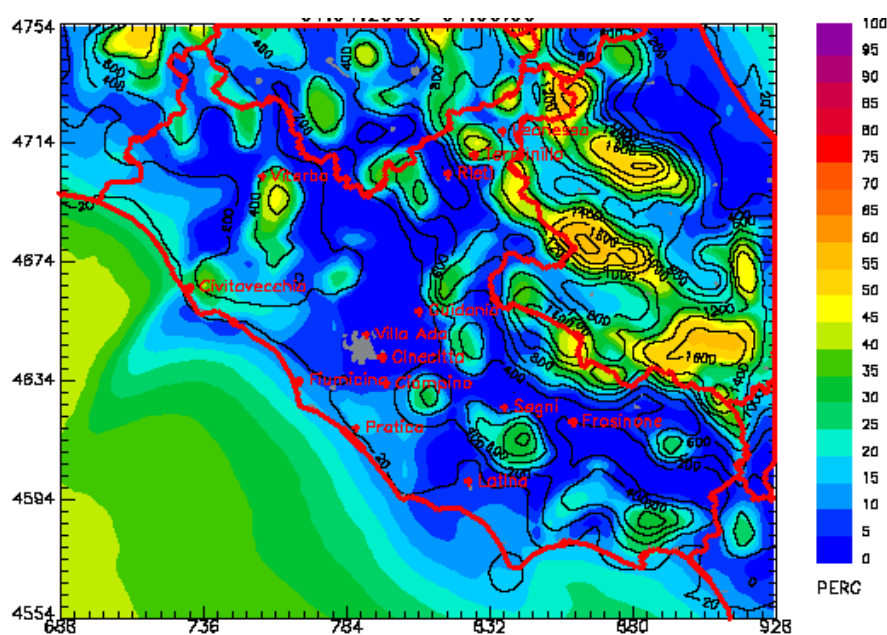


Figura 3.26 - Frequenza percentuale annua dei venti moderati ( $v > 5$  m/s) alla quota di 10 metri.

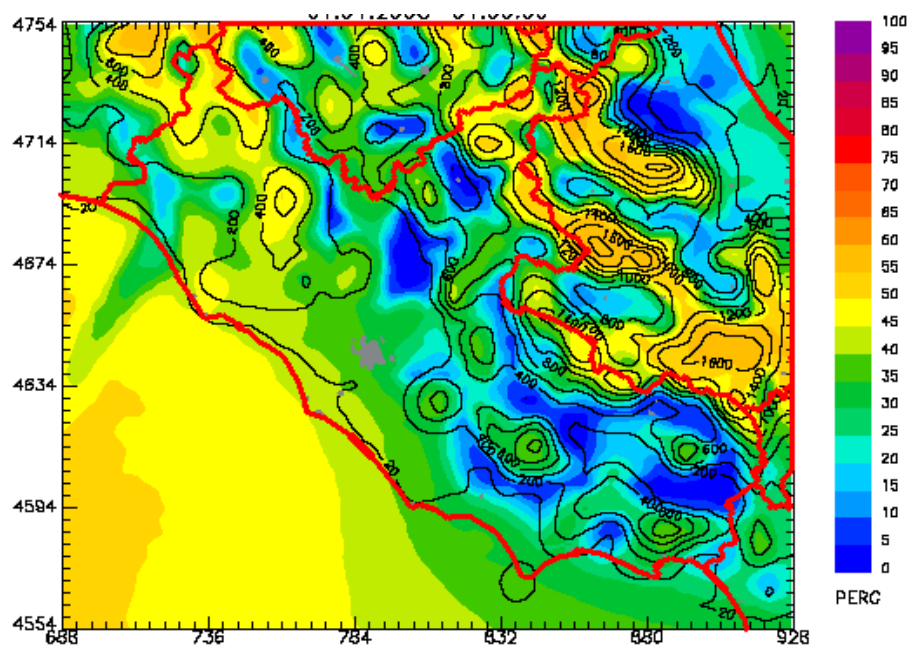


Figura 3.27 - Frequenza percentuale annua dei venti moderati ( $v > 5$  m/s) alla quota di 200 metri.

Nelle due figure seguenti sono infine riportate le percentuali dei venti di forte intensità (superiori a 10 m/s), dalle quali si evince che tali eventi sono localizzati sostanzialmente nelle zone appenniniche più elevate. A 200m di quota si riscontra un numero di eventi significativo (intorno al 10%) nella zona di Viterbo.

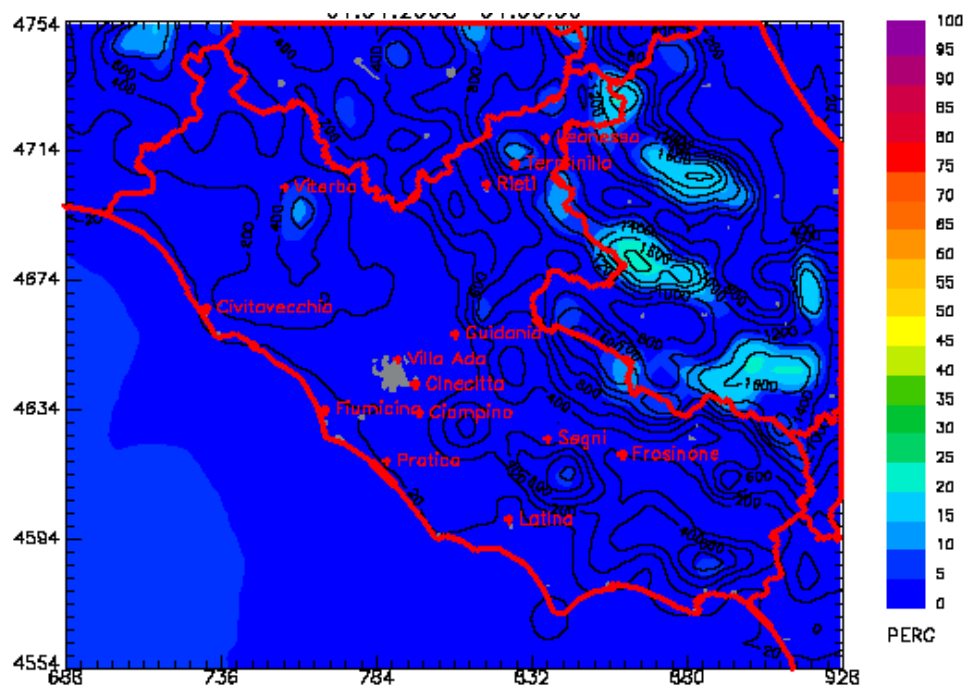


Figura 3.28 - Frequenza percentuale annua dei venti forti ( $v > 10$  m/s) alla quota di 10 metri.

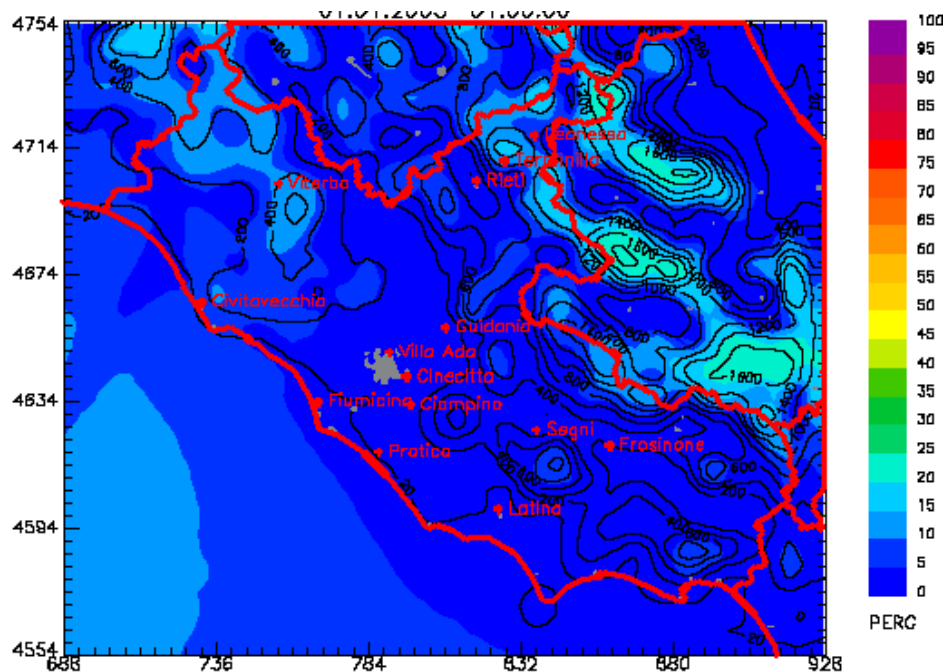


Figura 3.29 - Frequenza percentuale annua dei venti forti ( $v > 10$  m/s) alla quota di 200 metri.

Nelle figura seguente viene riportato il campo di temperature medie annuali in prossimità del suolo simulate sull'area del Lazio, insieme al confronto con i dati SCIA relativi all'anno 2005.

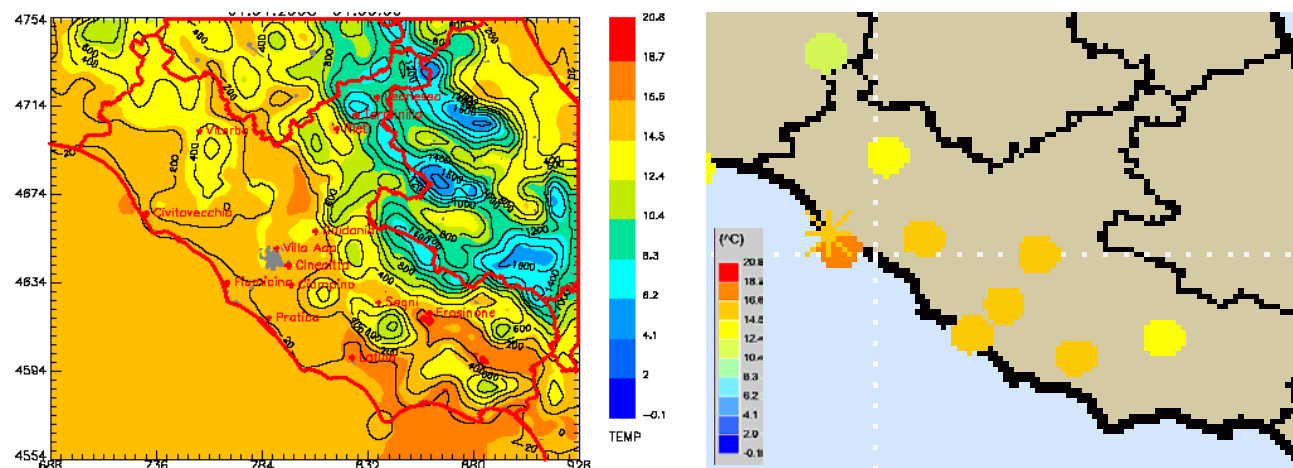


Figura 3.30 - Confronto tra i campi di temperatura al suolo (sinistra) e i dati SCIA di temperatura in prossimità del suolo (destra) relativi all'anno 2005.

Il confronto mostra come le temperature, nelle zone dove sono presenti le misure, si trovino correttamente all'interno di valori compresi tra 12 °C e 17 °C.

Infine, la figura seguente mostra il campo di umidità media annua in prossimità del suolo simulato da RAMS/ISAN-GAP.



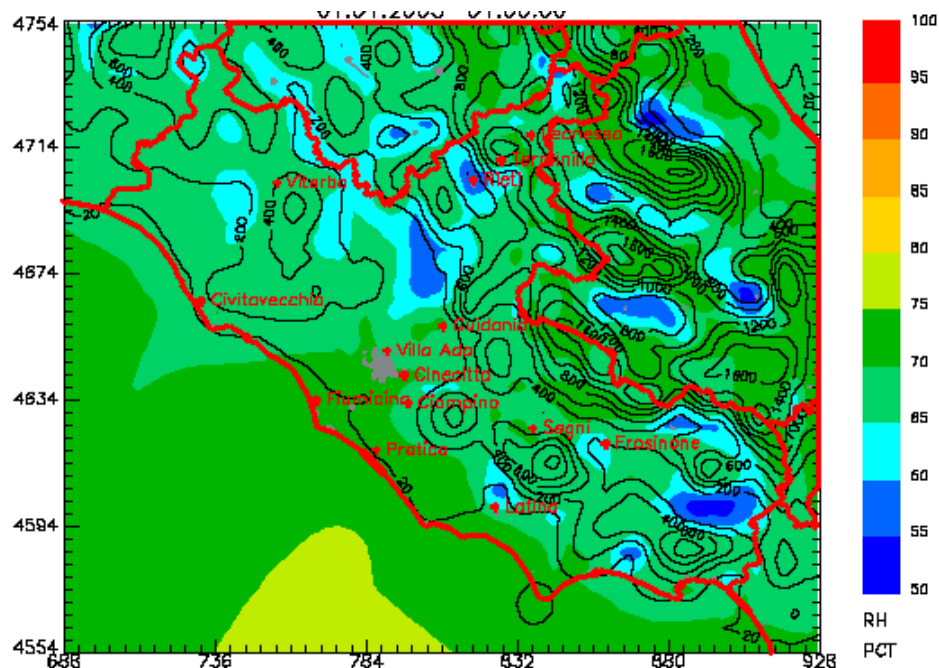


Figura 3.31 - Campo di umidità relativa media annuale 10 m di quota sul dominio del Lazio. Valori in % secondo la scala colorata riportata a destra.

Dal grafico si osserva la presenza di una zona ad umidità relativa maggiore sulla costa, in corrispondenza del trasporto di aria più umida dl mare a causa dei cicli di brezza.. Il minimo sull'area risulta essere del 51% mentre il valore massimo si attesta intorno al 76%. Valori più alti si trovano nelle zone più elevate mentre i valori più bassi sono invece nelle zone a temperatura media maggiore.

### 3.4 Esecuzione delle simulazioni sui due domini di calcolo

Seguendo la metodologia descritta nei paragrafi precedenti sono stati quindi prodotti, per l'anno 2005 ed i due domini considerati, i campi meteorologici e micrometeorologici, le emissioni e le condizioni iniziali ed al contorno (relativamente al solo dominio regionale) che sono stati quindi utilizzati per le simulazioni con il modello FARM. Allo scopo di verificare la capacità del sistema modellistico di simulare i livelli osservati nelle figure seguenti vengono mostrati, relativamente ai mesi di gennaio e giugno 2005 i confronti tra i valori medi giornalieri osservati e stimati di NO<sub>2</sub>, PM<sub>10</sub> e ozono.

Dall'esame di tali figure risulta evidente la maggiore capacità del sistema modellistico di riprodurre le concentrazioni osservate nel dominio locale ove viene utilizzato un inventario delle emissioni che include i dati di traffico resi disponibili da ATAC e viene considerata una maggiore risoluzione spaziale (1 km).

L'esame degli analoghi confronti condotti a scala regionale evidenzia un minor accordo dovuto sia alla minore risoluzione spaziale considerata (i livelli stimati sono rappresentativi di aree pari alle dimensioni delle celle computazionali – 16 km<sup>2</sup> - mentre le stazioni di misura possono essere influenzate da sorgenti locali – ad esempio il traffico veicolare -) che al minor dettaglio nella stima delle emissioni nelle altre aree urbane (utilizzo dell'inventario nazionale APAT).

Per quanto riguarda l'ozono risulta un buon accordo tra i valori osservati e stimati ad eccezione della postazione di Leonessa (posta in prossimità del bordo settentrionale del dominio regionale). A tale proposito è qui opportuno sottolineare che per tale inquinante, di natura secondaria e ubiquitaria, rivestono un ruolo essenziale le condizioni al contorno che in tale studio sono di tipo climatologico e quindi non possono includere episodi di inquinamento fotochimico a scala sovregionale.

Analoghe considerazioni possono essere svolte per il  $PM_{10}$  per il quale possono essere significativi contributi episodici di origine transfrontaliera, non considerati all'interno del dataset climatologico. Per tale inquinante è possibile considerare inoltre i risultati di precedenti elaborazioni svolte all'interno del progetto ITALIA, coordinato da ISPESL, dalle quali è emerso che tali sottostime a scala regionale siano da ricercarsi nella modellazione del carbonio organico (Gariazzo et al., 2007) ovvero nel trattamento dei processi di condensazione del materiale organico sul particolato (si veda ad esempio Morris et al., 2006).

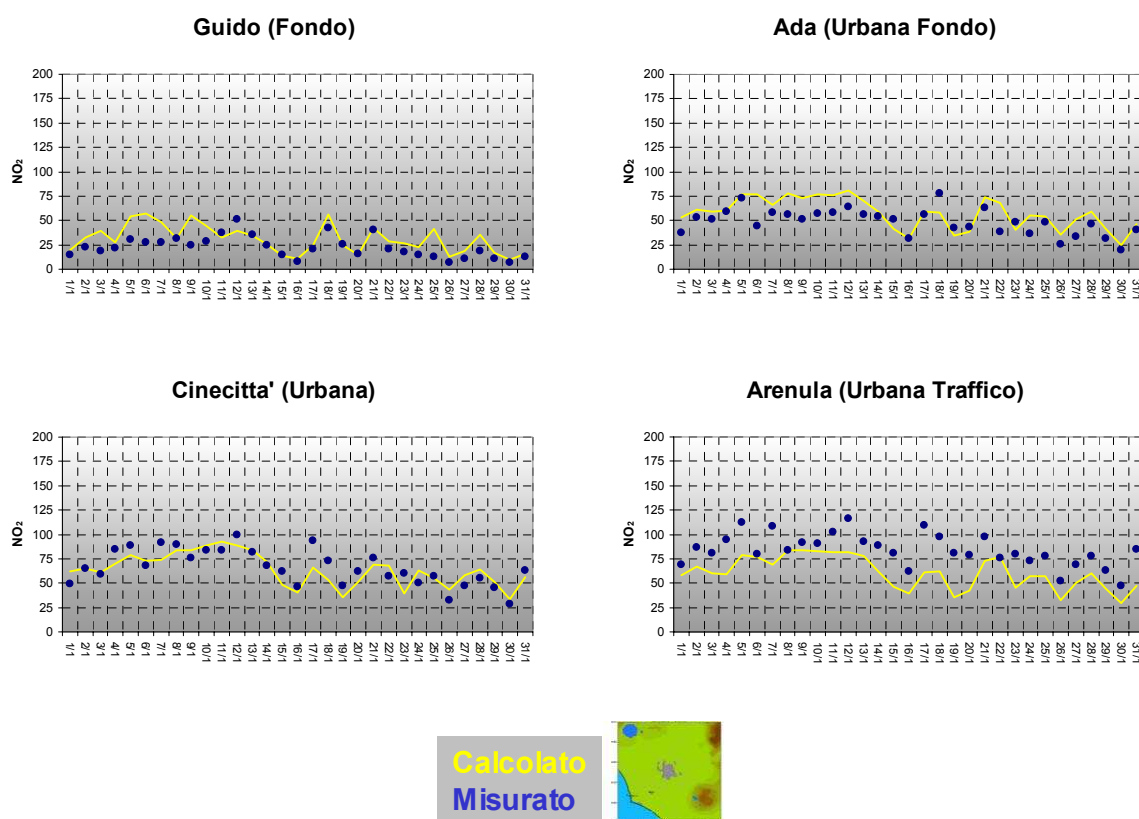
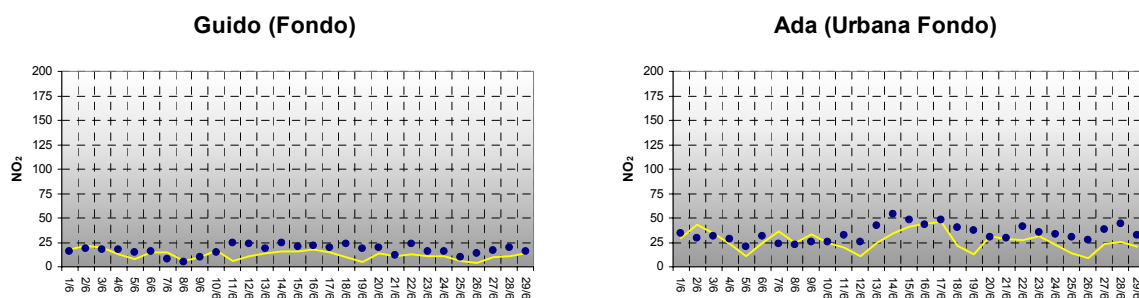
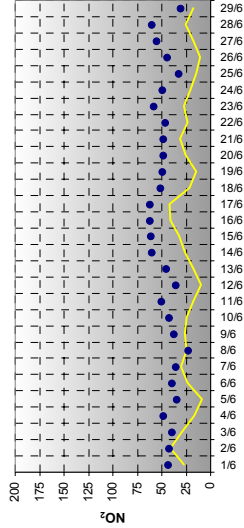


Figura 3.32 – Concentrazioni medie giornaliere osservate e calcolate di  $NO_2$  [ $\mu g\ m^{-3}$ ] relativamente al mese di gennaio 2005 (dominio locale).



Cinecitta' (Urbana)



Arenula (Urbana Traffico)

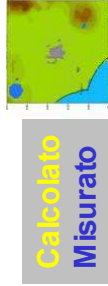
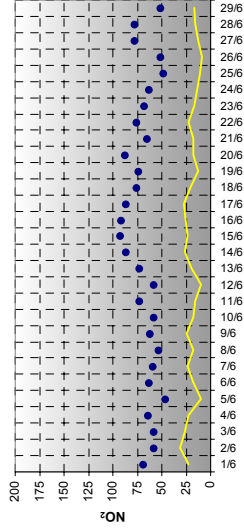
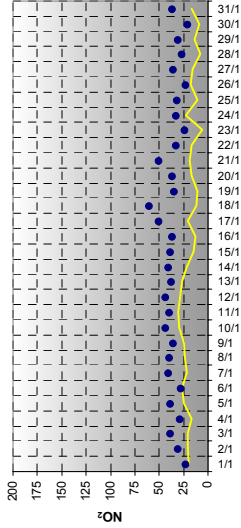
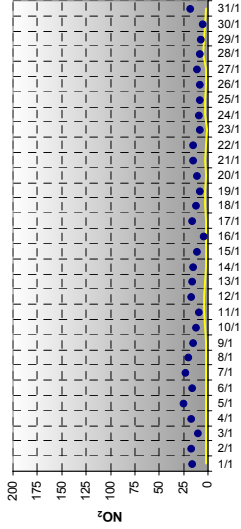


Figura 3.33 – Concentrazioni medie giornaliere osservate e calcolate di NO<sub>2</sub> [µg m<sup>-3</sup>] relativamente al mese di giugno 2005 (dominio locale).

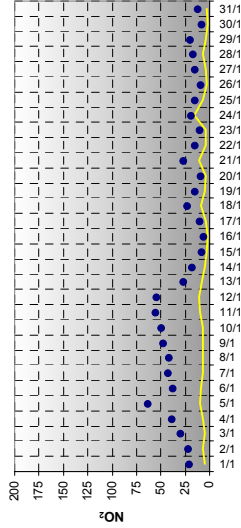
Segni (Fondo)



Leonessa (Fondo)



Fontechiari (Fondo)



Cavaliere (Fondo)

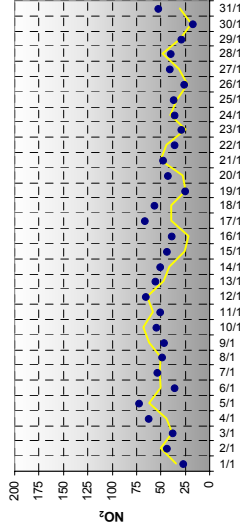
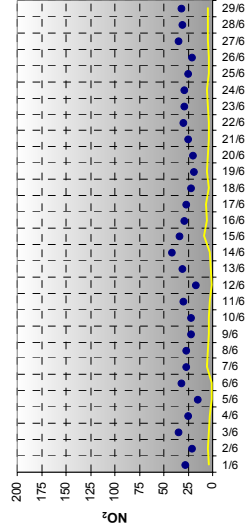
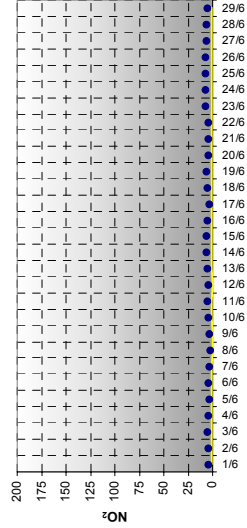


Figura 3.34 – Concentrazioni medie giornaliere osservate e calcolate di NO<sub>2</sub> [µg m<sup>-3</sup>] relativamente al mese di gennaio 2005 in stazioni di fondo (dominio regionale).

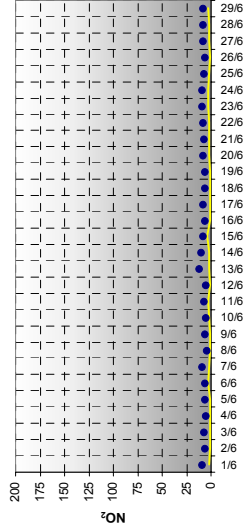
Segni (Fondo)



Leonessa (Fondo)



Fontechiari (Fondo)



Cavaliere (Fondo)

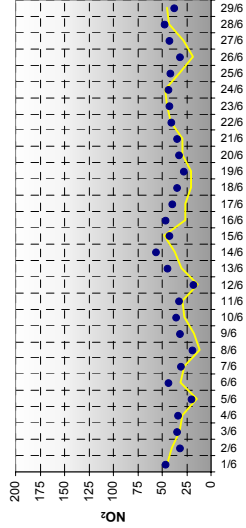
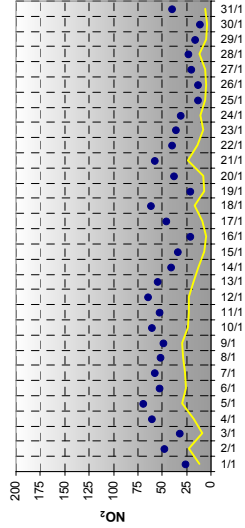
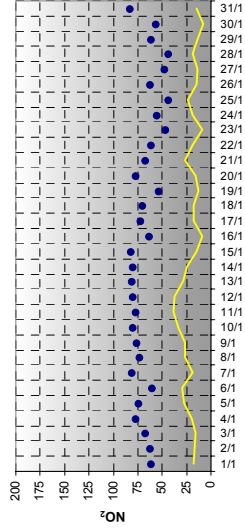


Figura 3.35 – Concentrazioni medie giornaliere osservate e calcolate di NO<sub>2</sub> [µg m<sup>-3</sup>] relativamente al mese di giugno 2005 in stazioni di fondo (dominio regionale).

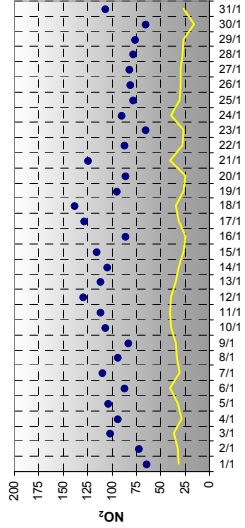
Viterbo (Urbana)



LT Tasso (Urbana)



Frosinone scalo (Industriale)



Rieti (Urbana)

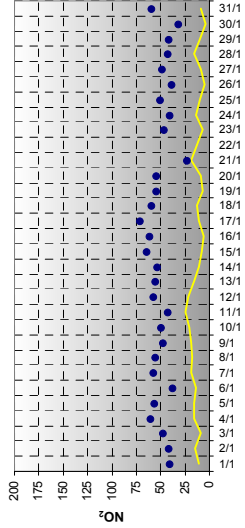
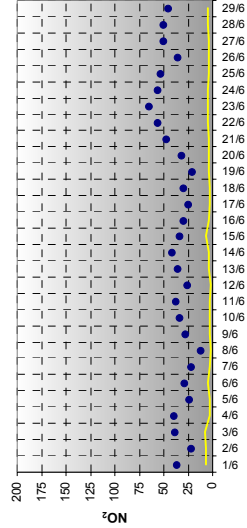
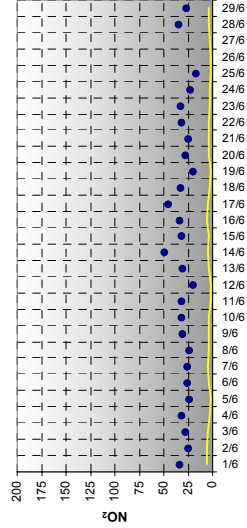


Figura 3.36 – Concentrazioni medie giornaliere osservate e calcolate di NO<sub>2</sub> [µg m<sup>-3</sup>] relativamente al mese di gennaio 2005 (dominio regionale).

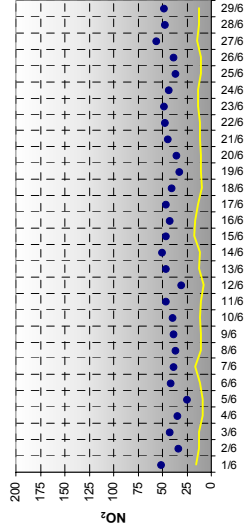
Viterbo (Urbana)



LT Tasso (Urbana)



Frosinone scalo (Industriale)



Rieti (Urbana)

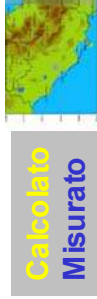
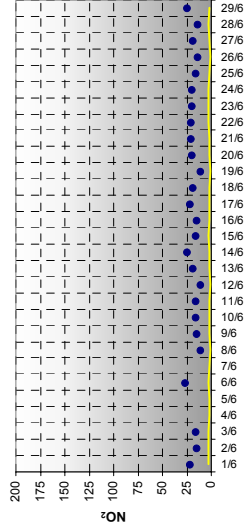
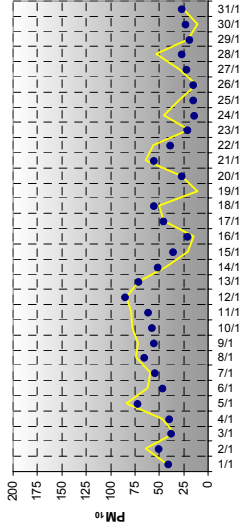
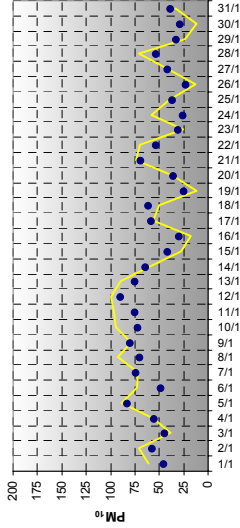


Figura 3.37 – Concentrazioni medie giornaliere osservate e calcolate di NO<sub>2</sub> [µg m<sup>-3</sup>] relativamente al mese di giugno 2005 (dominio regionale).

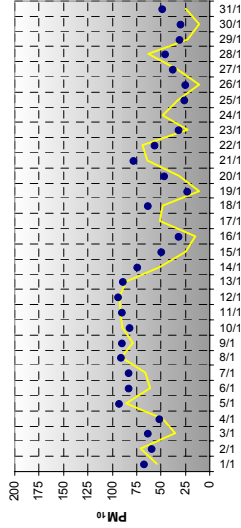
Ada (Urbana Fondo)



Grecia (Urbana Traffico)



Fermi (Urbana Traffico)



Arenula (Urbana Traffico)

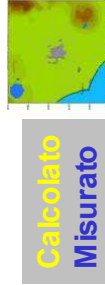
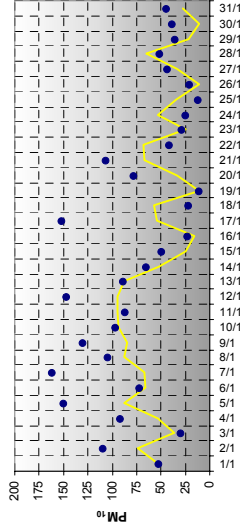
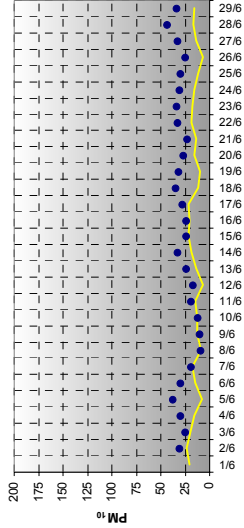
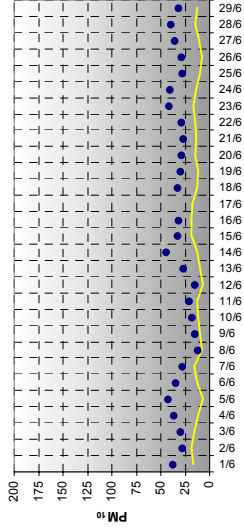


Figura 3.37 – Concentrazioni medie giornaliere osservate e calcolate di PM<sub>10</sub> [µg m<sup>-3</sup>] relativamente al mese di gennaio 2005 (dominio locale).

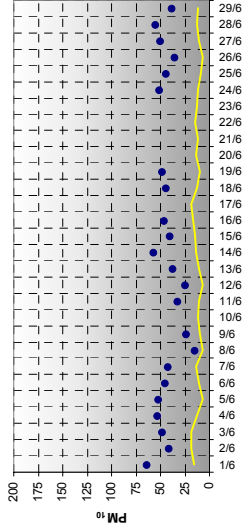
**Ada (Urbana Fondo)**



**Cinecitta' (Urbana)**



**Fermi (Urbana Traffico)**



**Arenula (Urbana Traffico)**

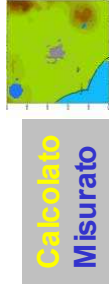
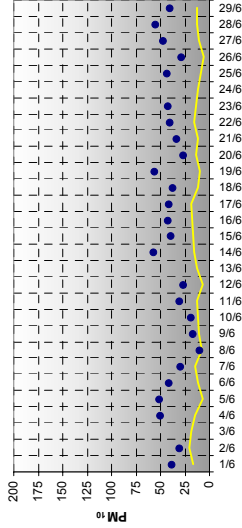
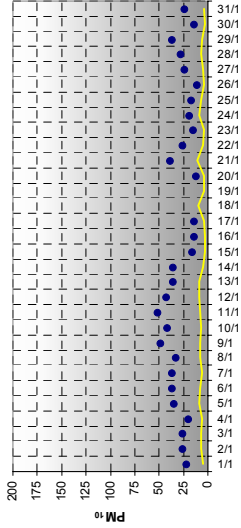
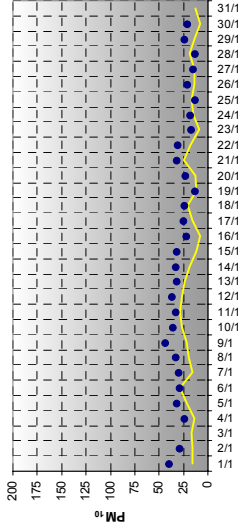


Figura 3.38 – Concentrazioni medie giornaliere osservate e calcolate di  $PM_{10}$  [ $\mu g\ m^{-3}$ ] relativamente al mese di giugno 2005 (dominio locale).

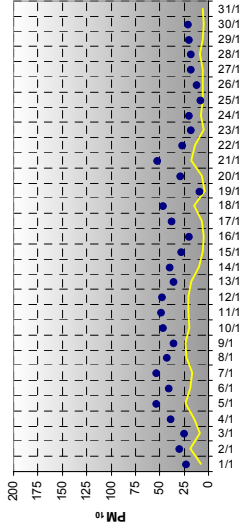
**Fontechiari (Fondo)**



**LT Tasso (Urbana)**



**Viterbo (Urbana)**



**Frosinone scalo (Industriale)**

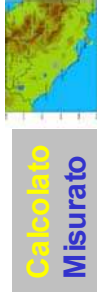
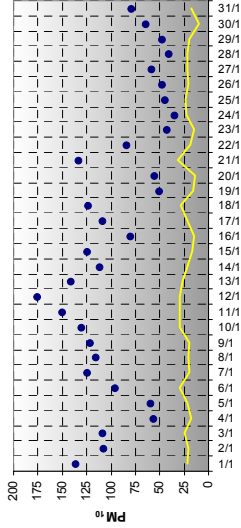
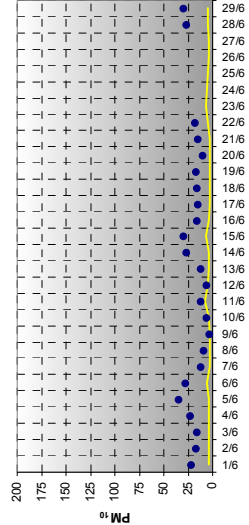


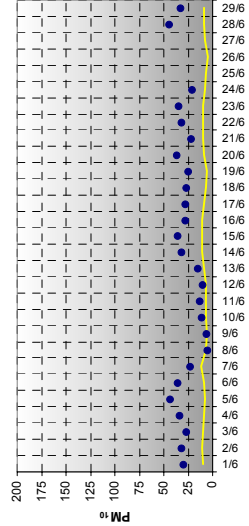
Figura 3.39 – Concentrazioni medie giornaliere osservate e calcolate di  $PM_{10}$  [ $\mu g\ m^{-3}$ ] relativamente al mese di gennaio 2005 (dominio regionale).



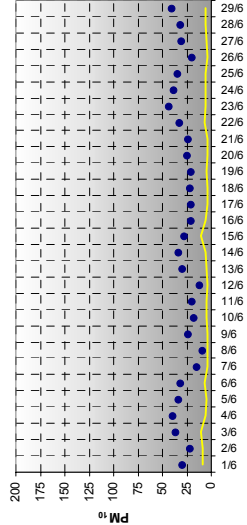
Fontechiari (Fondo)



LT Tasso (Urbana)



Viterbo (Urbana)



Frosinone scalo (Industriale)

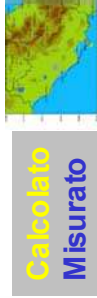
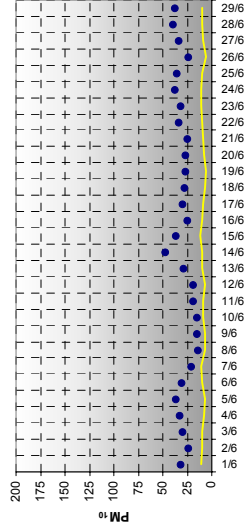
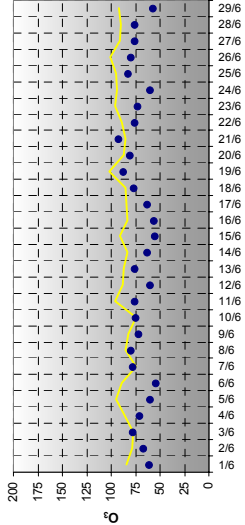
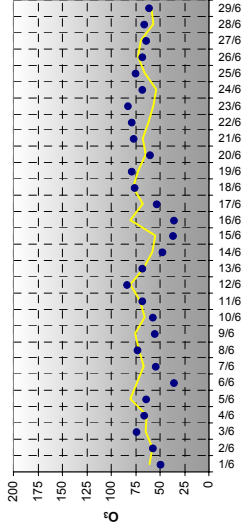


Figura 3.40 – Concentrazioni medie giornaliere osservate e calcolate di  $PM_{10}$  [ $\mu g\ m^{-3}$ ] relativamente al mese di giugno 2005 (dominio regionale).

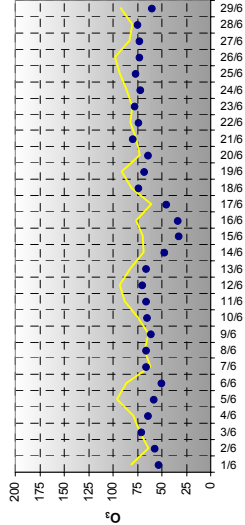
Guido (Fondo)



Cavaliere (Fondo)



Ada (Urbana Fondo)



Preneste (Urbana)

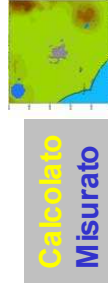
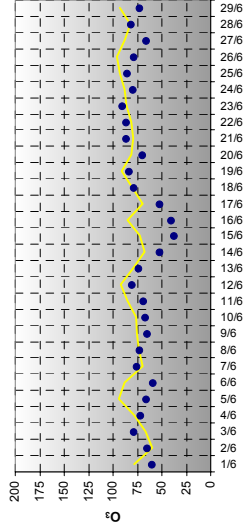


Figura 3.41 – Concentrazioni medie giornaliere osservate e calcolate di  $O_3$  [ $\mu g\ m^{-3}$ ] relativamente al mese di giugno 2005 (dominio locale).

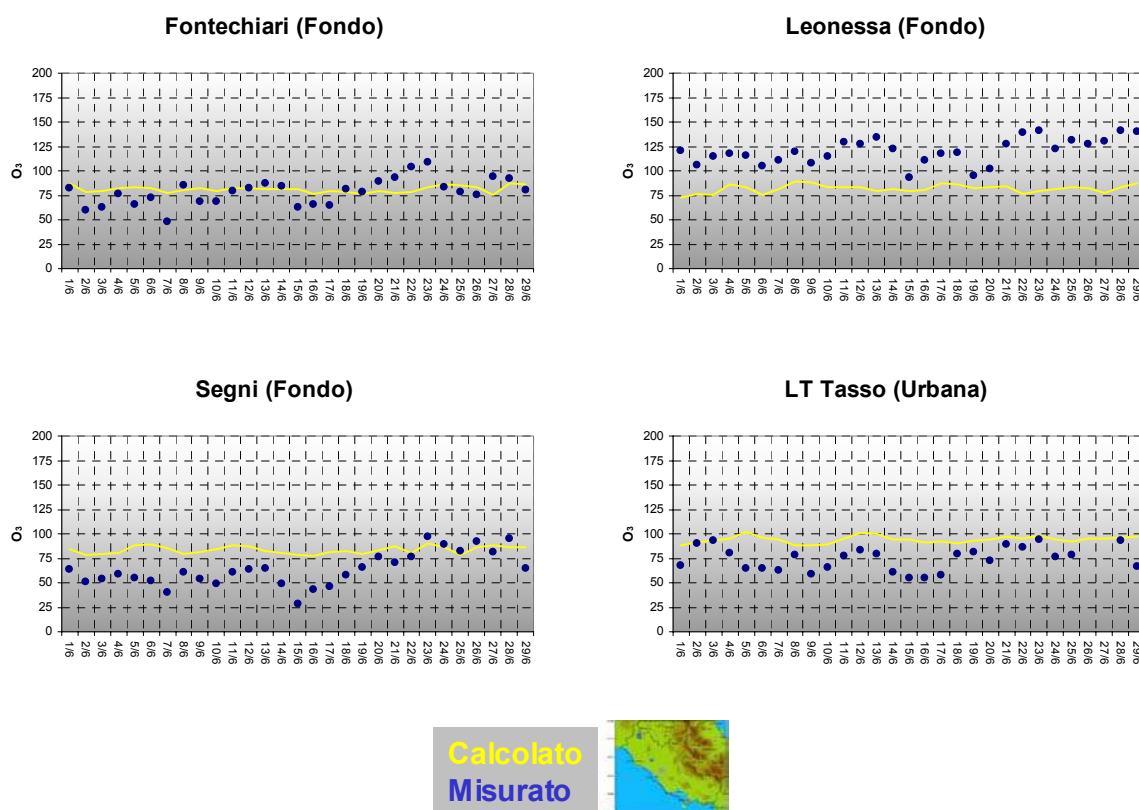


Figura 3.42 – Concentrazioni medie giornaliere osservate e calcolate di  $O_3$  [ $\mu g m^{-3}$ ] relativamente al mese di giugno 2005 (dominio regionale).

### 3.4.1 Standard di Qualità dell'aria

Effettuate le simulazioni su entrambi i domini di calcolo per l'anno di riferimento (2005) è stato quindi possibile, mediante l'utilizzo di diversi moduli implementati nel sottosistema di post-elaborazione, calcolare gli indici di qualità dell'aria previsti dalla normativa ambientale. Di seguito vengono presentate le mappe di distribuzione spaziale di tali indici sui due domini di calcolo ed i grafici di confronto (scatterplot) tra gli indici stimati e osservati nelle diverse stazioni di rilevamento, che permettono di valutare sinteticamente l'adattamento di quanto stimato dal modello ai valori realmente misurati.

In generale l'esame degli indici associati alle medie annuali ancora una volta evidenzia la capacità del sistema modellistico di riprodurre tali indici per quanto riguarda la simulazione a scala locale: in tal caso si osserva una sostanziale riproducibilità degli indici relativi al biossido di azoto, al  $PM_{10}$ , al benzene ed una sovrastima dei livelli misurati per il biossido di zolfo. Relativamente alla scala regionale si registra invece una tendenziale sottostima degli indici osservati per il biossido di azoto, il  $PM_{10}$  ed il benzene, dovuta come già espresso nel paragrafo precedente in parte alla minore risoluzione spaziale considerata in parte al minore dettaglio informativo del quadro emissivo. Anche per il dominio regionale il modello presenta una sovrastima dei livelli misurati per il biossido di zolfo.



Per quanto riguarda il numero di superamenti dei valori limite risulta soddisfacente il risultato ottenuto per il  $PM_{10}$  (Figura 3.48) mentre per quanto riguarda il biossido di azoto risulta una sottostima del numero di superamenti osservati. A tale proposito è opportuno evidenziare che situazioni di criticità risultano per le due postazioni di Frosinone-Scalo e Roma-Tiburtina ove il numero di superamenti eccede il limite di legge. Per gli altri indici non risultano situazioni di criticità ambientale né dal punto di vista sperimentale né da quello modellistico.

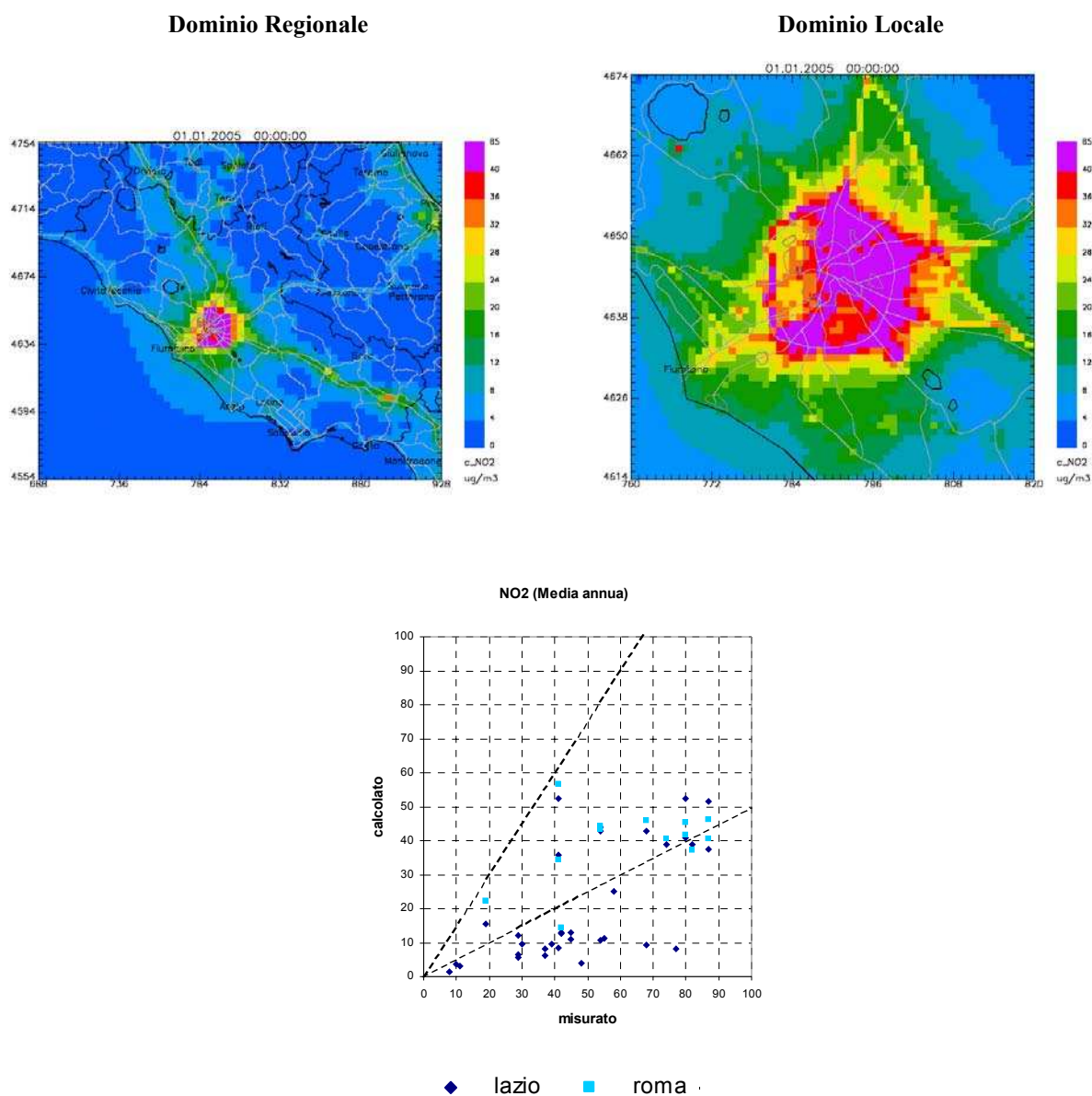


Figura 3.43 – Standard di Qualità dell'aria: Concentrazioni medie annuali di  $NO_2$  [ $\mu g\ m^{-3}$ ] (Valore limite per la protezione della salute:  $40\ \mu g\ m^{-3}$ ).

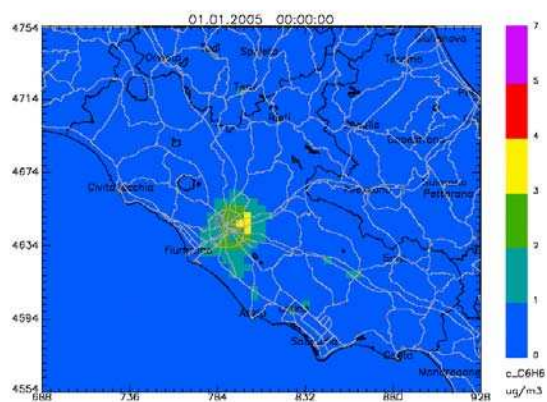
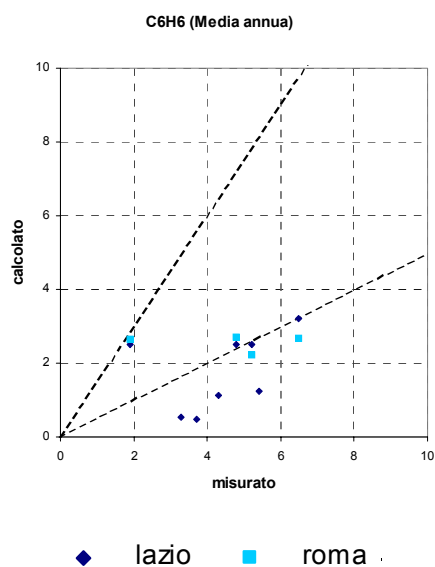
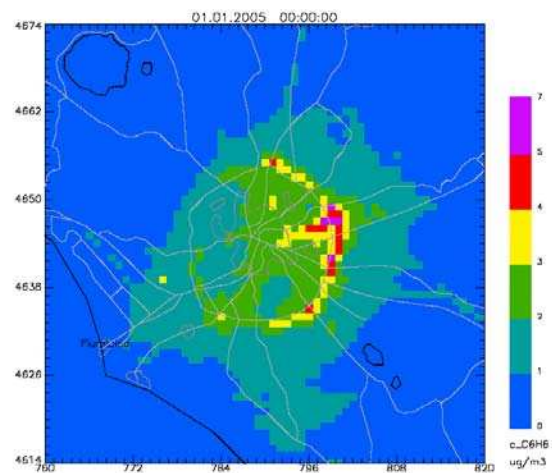
**Dominio Regionale****Dominio Locale**

Figura 3.44 – Standard di Qualità dell'aria: Concentrazioni medie annuali di benzene (Valore limite per la protezione della salute:  $5 \mu\text{g m}^{-3}$  ).

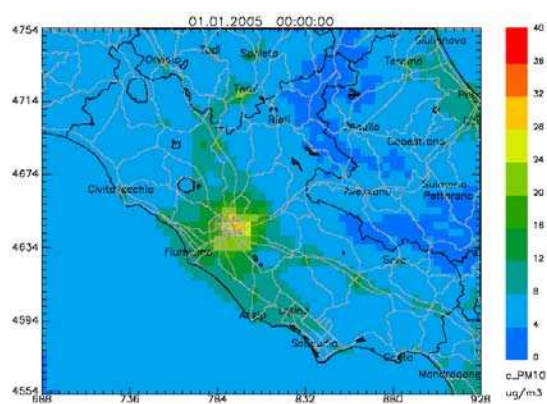
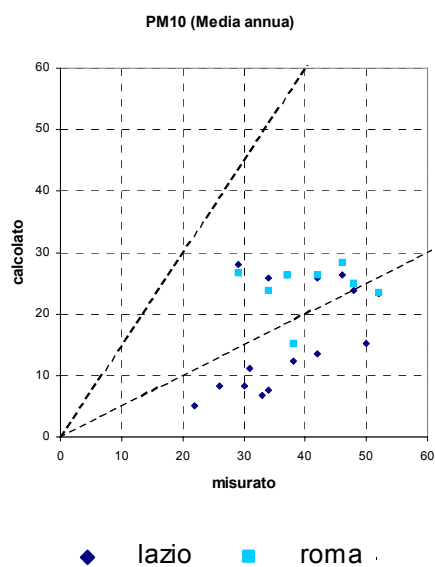
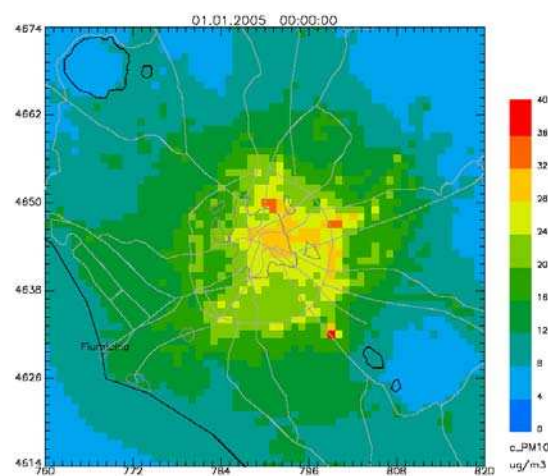
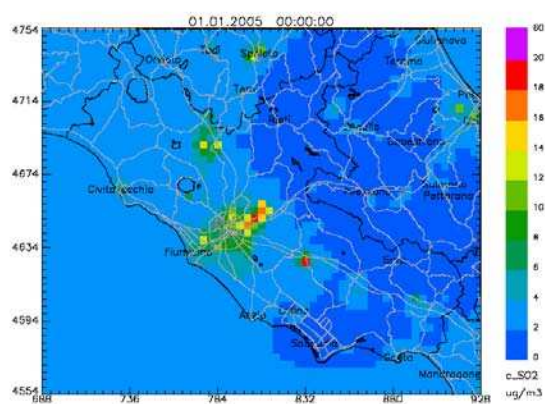
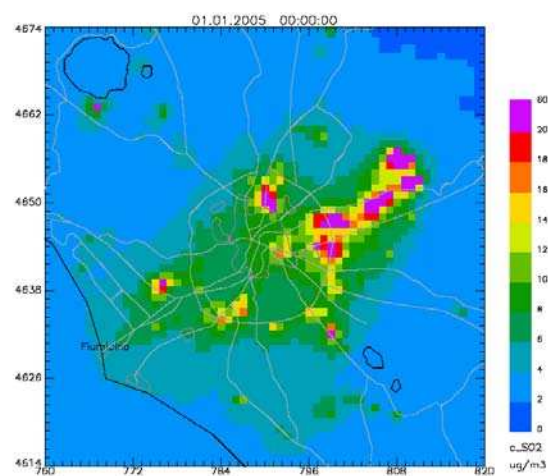
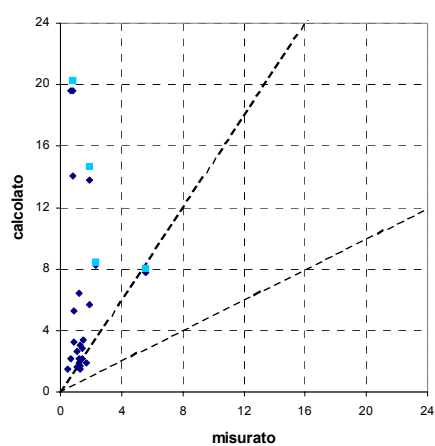
**Dominio Regionale****Dominio Locale**

Figura 3.45 – Standard di Qualità dell'aria: Concentrazioni medie annuali di PM10 (Valore limite per la protezione della salute:  $40 \mu\text{g m}^{-3}$  ).

**Dominio Regionale****Dominio Locale****SO2 (Media annua)**

◆ lazio    ■ roma

Figura 3.46 – Standard di Qualità dell'aria: Concentrazioni medie annuali di SO<sub>2</sub> (Valore limite per la protezione della salute: 20 µg m<sup>-3</sup>).

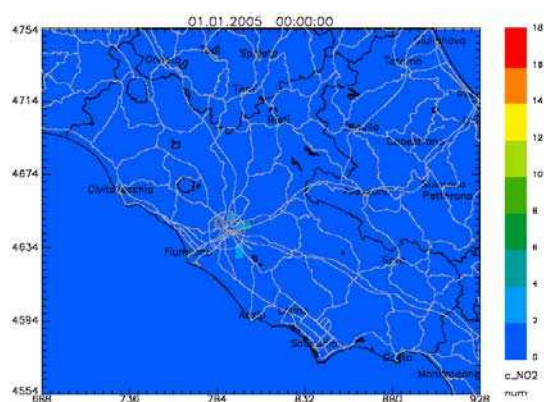
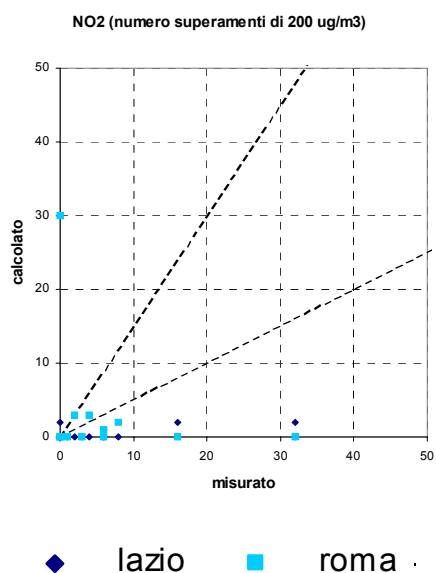
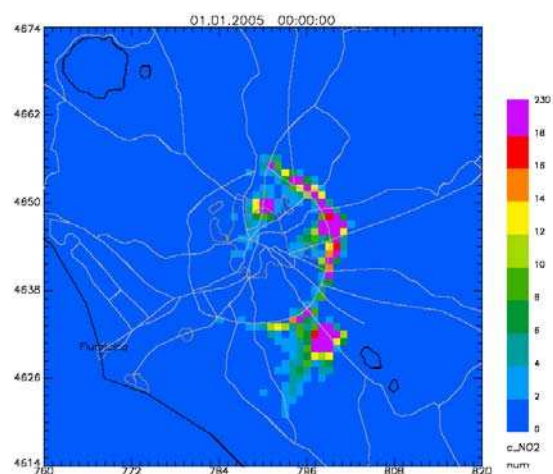
**Dominio Regionale****Dominio Locale**

Figura 3.47 – Standard di Qualità dell'aria: Numero di superamenti del valore limite per le concentrazioni medie orarie di NO<sub>2</sub> (Valore limite per la protezione della salute: 200 µg m<sup>-3</sup> da non superare più di 18 volte per anno civile).



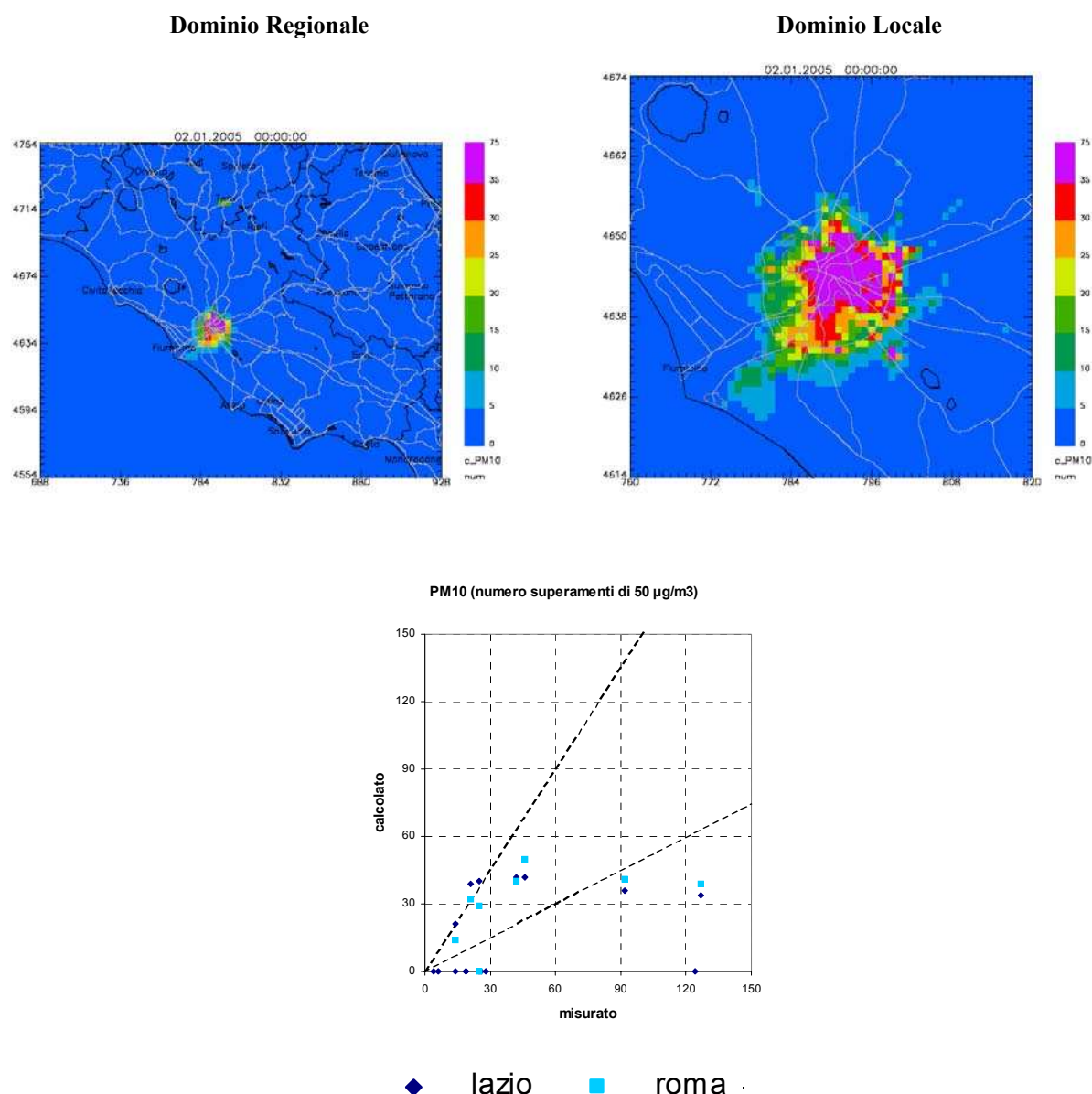


Figura 3.48 – Standard di Qualità dell'aria: Numero di superamenti del valore limite per le concentrazioni medie giornaliere di PM10 (Valore limite per la protezione della salute: 50 µg m<sup>-3</sup> da non superare più di 35 volte per anno civile)

### 3.4.2 Analisi di un episodio di trasporto di polveri da lunga distanza

Come precedentemente segnalato i risultati precedenti ignorano il contributo del trasporto di polveri da lunga distanza. Per avere un'idea almeno qualitativa del contributo di questi fenomeni è stato analizzato un episodio di trasporto da polvere da lunga distanza documentato da rilevazioni sperimentali, immagini da satellite e simulazioni modellistiche utilizzando i risultati della simulazione modellistica effettuata con SKIRON (Kallos et al., 1997).

SKIRON è un modello in grado di simulare l'influenza su scala regionale delle polveri dovute a particolari condizioni meteorologiche (influenza esterna e trasporto da lunga distanza) ed è costituito dall'integrazione di due differenti moduli: un modulo per l'analisi e la previsione dei campi meteorologici ed un modulo finalizzato alla generazione, trasporto e dispersione delle polveri.

L'episodio analizzato si riferisce al 15 giugno 2005.

Nel seguito vengono riportati i risultati dell'analisi in cui le concentrazioni di  $PM_{10}$  sono state simulate in maniera differente:

- la prima simulazione è stata realizzata ignorando il contributo del trasporto a lunga distanza (solo FARM);
- nella successiva tale contributo è stato sovrapposto al precedente basandosi sulle simulazioni realizzate dal sistema SKIRON operativo in tempo reale presso l'Università di Atene e i cui risultati sono disponibili in rete al seguente link : <http://forecast.uoa.gr>.

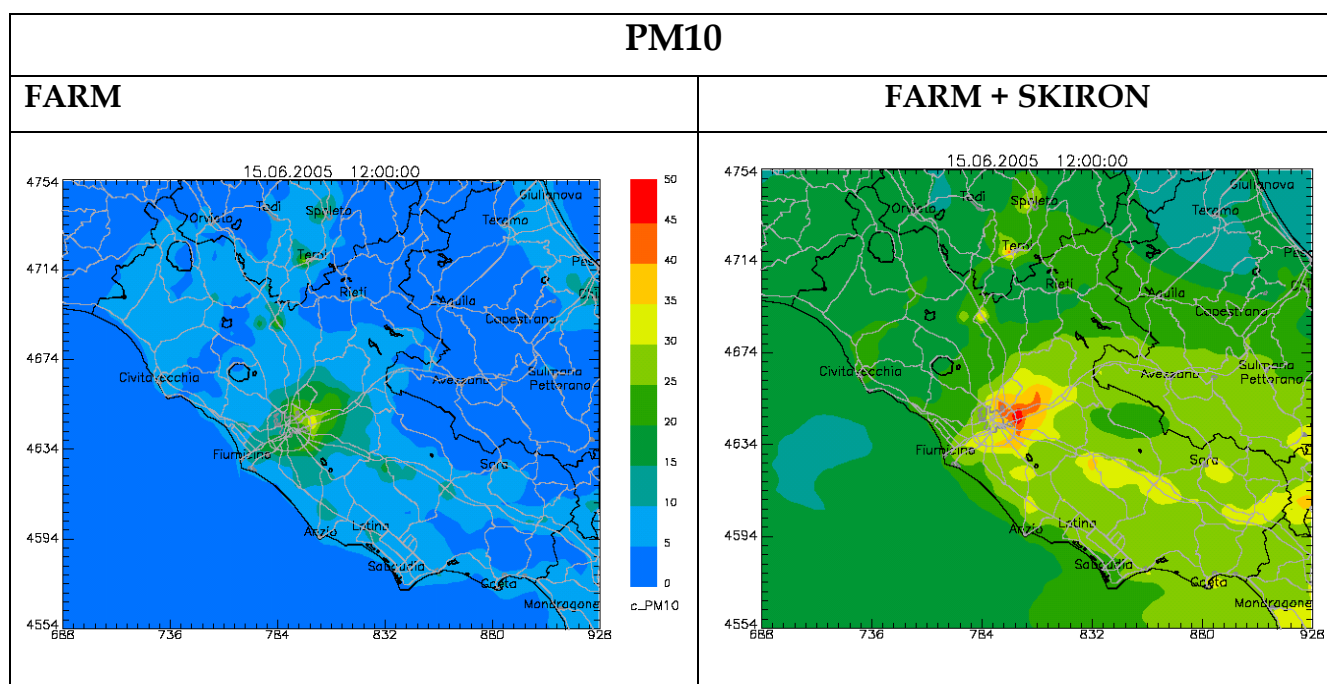


Figura 3.49 - Mappe di concentrazione di  $PM_{10}$  ottenute da Farm (a sinistra) e dalla sovrapposizione di Farm e Skiron.

Dall'esame della figura 3.49 emerge come, in determinate situazioni, l'introduzione del contributo del trasporto a lunga distanza aumenti il livello della concentrazione di fondo.

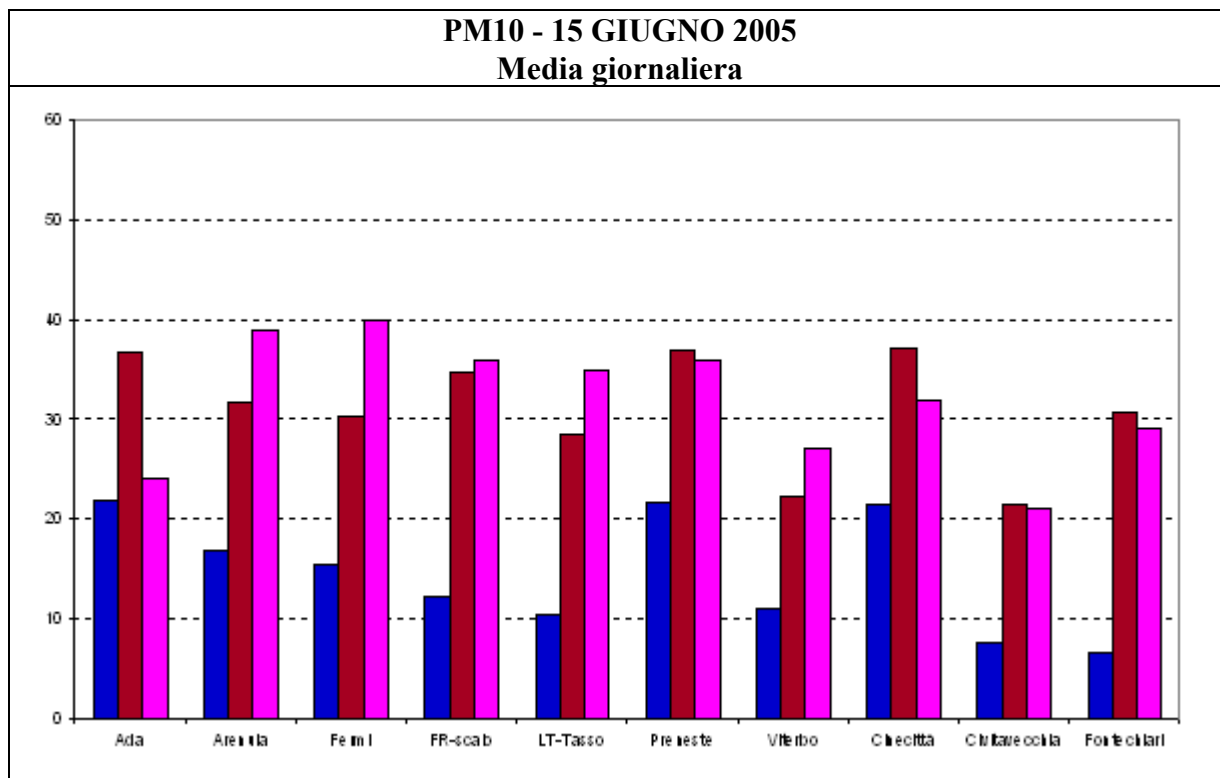


Figura 3.50 - Confronto dei valori di PM10 misurati, simulati con FARM, e ottenuti dalla sovrapposizione di FARM e SKIRON.

In particolare la figura 3.50 evidenzia come, in questo particolare episodio, il modello fornisca risultati molto approssimati rispetto a quanto misurato dalle stazioni di rilevamento mentre il contributo da lunga distanza renda decisamente più realistica la simulazione almeno nei punti di misura.

Certamente va tenuto presente che quanto mostrato è relativo ad uno dei possibili episodi di trasporto a lunga distanza, e che la frequenza e l'intensità di tali eventi varia di anno in anno e non sempre è possibile generalizzare quanto detto precedentemente su un periodo annuale.

### 3.4.3 Bibliografia

- Calori G., D'Elia I., Radice P. (2006) – Valutazione integrata di impatto a scala regionale e RAINS\_Italy: analisi comparata e riconciliazione degli inventari delle emissioni atmosferiche, ARIANET R2006.25

### Manuali

- ARIANET (2004) Emission Manager - Reference guide.
- ARIANET (2005-a) SURFPRO (SURrface-atmosphere interFace PROcessor) User's guide.
- ARIANET (2005-b) FARM (Flexible Air quality Regional Model) Model formulation and user manual
- ARIANET (2005-c) FARM tools - Reference guide.



**Riferimenti teorici**

- Binkowski F. S. (1999) The aerosol portion of Models-3 CMAQ. In Science Algorithms of the EPA Models-3 Community Multiscale Air Quality (CMAQ) Modeling System. Part II: Chapters 9-18. D.W. Byun, and J.K.S. Ching (Eds.). EPA-600/R-99/030, National Exposure Research Laboratory, U.S. Environmental Protection Agency, Research Triangle Park, NC, 10-1-10-16.
- Binkowski, F.S. and U. Shankar (1995) The regional particulate matter model, 1. mode description and preliminary results. *J. Geophys. Res.*, 100, 26191-26209.
- Carmichael G. R., Peters L. K., Saylor R. D. (1991) The STEM-II Regional Scale Acid Deposition and Photochemical Oxidant Model-I. An Overview of Model Development and Applications. *Atmos. Environ.*, 25A, 10, 2077-2090.
- Carter W.P.L. (1990) A detailed mechanism for the gas-phase atmospheric reactions of organic compounds. *Atmos. Environ.*, 24A, 481-518.
- Carter W.P.L. (2000) Documentation of the SAPRC-99 Chemical Mechanism for VOC Reactivity Assessment. Final Report to California Air Resources Board, Contract 92-329 and 95-308, SAPRC, University of California, Riverside, CA.
- Cotton, W.R., R. A. Pielke, R. L. Walko, G. E. Liston, C. J. Tremback, H. Jiang, R.L. McAnelly, J. Y. Harrington, M. E. Nicholls, G. G. Carrio and J. P. McFadden (2003) RAMS 2001: Current status and future directions. *Meteorol. Atmos. Phys.*, 82, 5-29.
- Chock D.P., Winkler S.L., Sun P. (1994) A comparison of stiff chemistry solvers for air quality modelling. Paper presented at the Air & Waste Management Association 87th Annual Meeting, Cincinnati, OH, June 19-24.
- EMEP (2003) Transboundary acidification, eutrophication and ground level ozone in Europe. EMEP Status Report 2003, Norwegian Meteorological Institute, August 2003.
- Hov Ø., Eliassen A., Simpson D. (1988) Calculation of the distribution of NO<sub>x</sub> compounds in Europe. In Isaksen I.S.A. (ed.) *Tropospheric ozone. Regional and global scale interactions*, pp.239-262, Dordrecht D. Reidel.
- Kumar N., Lurmann F.W., Carter W.P.L. (1995) Development of the Flexible Chemical Mechanism Version of the Urban Airshed Model. Final Report STI-94470-1508-FR, California Air Resources Board.
- Moussafir (1998) Note de principe du modèle MINERVE V6. Rapport ARIA 98.125
- Nenes A., Pandis S.N., Pilinis C. (1998) ISORROPIA: A new thermodynamic equilibrium model for multiphase multicomponent inorganic aerosols. *Aquat. Geoch.*, 4, 123-152.
- Schell B., Ackermann I. J., Hass H., Binkowski F. S., Abel A. (2001) Modeling the formation of secondary organic aerosol within a comprehensive air quality modeling system. *J. Geophys. Res.*, 106, D22, 28275-28293.
- Seinfeld J.H., Pandis S.N. (1998) *Atmospheric chemistry and physics: From air pollution to climate change*. John Wiley & Sons, Inc.
- Silibello C., Calori G., Pirovano G., Carmichael G.R. (2001) Development of STEM-FCM (Flexible Chemical mechanism) modelling system – Chemical mechanisms sensitivity evaluated on a photochemical episode. Convegno APMS'01- Parigi 9-13 aprile 2001.
- Sun P., Chock D.P. e Winkler S.L. (1994) An implicit-explicit hybrid solver for a system of stiff kinetic equations. Paper presented at the Air & Waste Management Association 87th Annual Meeting, Cincinnati, OH, June 19-24.
- Yamartino R.J., Scire J.S., Carmichael G.R., Chang Y.S. (1992) The CALGRID mesoscale photochemical grid model - I. Model formulation. *Atmos. Environ.* 26A, 1493-1512.

**Applicazioni del codice FARM**

- Calori G., Finardi S., Nanni A., Radice P., Riccardo S., Bertello A., Pavone F. (2005) Long-term air quality modelling in Ivrea and Torino areas: sources contribution and scenario analysis. Proc. of 5th Int. Conf. on Urban Air Quality, Valencia (Spain), 29-31 March 2005.
- De Maria R., Cascone C., Motta F., Picollo M.E., Clemente M., Bande S., Muraro M., Lollobrigida F., Silibello C. (2005) Simulation of a summer ozone episode: influence of emission resolution and initial/boundary conditions. Proc. of 5th Int. Conf. on Urban Air Quality, Valencia, Spain, 29-31 March 2005.
- Deserti M., Desiato F., Brusasca G., Silibello C., Zanini G. (2001) Photochemical models application in the Po Valley (Italy): critical review and intercomparison. Proc. of 7th International Conference on Harmonization within Atmospheric Dispersion Modelling for Regulatory Purposes, Belgirate, Italy, May 28-31, 2001, 67-71.
- Finardi S., D'Allura A., Calori G., Silibello C., De Maria R., Cascone C., Lollobrigida F. (2005) Deterministic air quality forecasting system for Torino urban area: verification on winter and summer episodes. Proc. of 5th Int. Conf. on Urban Air Quality, Valencia (Spain), 29-31 March 2005.
- Silibello C., Calori G., Arduino G., Contardi C., Sordi F. (2005) Model based yearly air quality evaluation on Piemonte region. Accepted at 10th International Conference on Harmonisation within Atmospheric Dispersion Modelling for Regulatory Purposes, Sissi (Malia), Crete, Greece 17-20 October, 2005.
- Silibello C., Calori G., Pirovano G., Carmichael G.R. (2001-a) Development of STEM-FCM (Flexible Chemical mechanism) modelling system – Chemical mechanisms sensitivity evaluated on a photochemical episode. Proc. of APMS'01, Parigi 9-13 aprile 2001.
- Silibello C., Calori G., Finardi S., Pirovano G. (2001-b) Sensitivity of Ozone Predictions to Prognostic and Diagnostic Generated Meteorological Fields. Proc. of A Changing Atmosphere - 8th European Symposium on the Physico-Chemical Behaviour of the Atmospheric Pollutants, Torino, 17-20 settembre 2001.
- Silibello C., Calori G., Brusasca G., Giudici A., Angelino E., Fossati E., Peroni E., Buganza E., Degiarde E. (2005) Modelling of PM10 concentrations over Milano urban area: validation and sensitivity analysis of different aerosol modules. Proc. of 5th Int. Conf. on Urban Air Quality, Valencia, Spain, 29-31 March 2005.
- Zanini G., Monforti F., Ornelli P., Pignatelli T., Vialetto G., Brusasca G., Calori G., Finardi S., Radice P., Silibello C. (2004) The MINNI project. 9th Conference on Harmonisation within Atmospheric Dispersion Modelling for Regulatory Purposes, 1-4/6/2004, Garmisch-Partenkirchen (D).

**Applicazioni del codice STEM-II**

- Calori G., Silibello C., Volta M., Brusasca G., G. Carmichael (1998) Application of a photochemical modelling system to an intense ozone episode over Northern Italy, APMS conference, Paris, 26-29.10.98.
- Carmichael, G. R., Uno I., Phadnis M. J., Zhang Y. and Sunwoo, Y. (1998) Tropospheric ozone production and transport in the springtime in east Asia, J. Geophysical Research, 103, 10649-10671.
- Chang Y.-S., Carmichael G.R., Ueda H., Kurita H. (1990) Diagnostic evaluation of the components of the STEM-II model. Atmos. Environ., 24A, 2715-2731.

- Hong M.-S., Carmichael G.R. (1986) Examination of a subgrid-scale parametrization for the transport of pollutants in a nonprecipitating cumulus cloud ensemble. *Atmos. Environ.*, 20, 2205-2217.
- Kitada T., Carmichael G.R., Peters L. (1984) Numerical simulation of the transport of chemically reactive species under land and sea breezes circulation, *J. Clim. App. Met.*, 23, 1153-1172.
- Mathur R., Saylor R.D., Peters L-K. (1992) The STEM-II regional-scale acid deposition and photochemical oxidant model - IV. The impact of emission reductions on mesoscale acid deposition in the lower Ohio River Valley. *Atmos. Environ.*, 26A, 841-861.
- Shim S.-G., Carmichael G.R. (1991) The STEM-II acid deposition and photochemical oxidant model - II. A diagnostic analysis of mesoscale acid deposition. *Atmos. Environ.*, 25B, 25-45.
- Kallos G., Kotroni V., Lagourvados K., (1997) The regionale weather forecasting system. SKIRON : an overview. *Proceedings del Symposium on regional weather prediction on parallel computer environments*, 109-122. University of Athens, Grecia

---

## 4. Caratterizzazione delle zone

---

Nel 2003 la regione Lazio ha definito, e approvato con Deliberazione della Giunta Regionale n. 767/2003, la prima classificazione del territorio in relazione all'inquinamento atmosferico, che ha costituito la base per lo sviluppo di politiche di controllo e la definizione di ambiti e di strategie di risanamento in questi ultimi anni.

La realizzazione di un sistema modellistico integrato a supporto della valutazione della qualità dell'aria sul territorio regionale è finalizzata anche alla individuazione delle zone maggiormente critiche e quindi alla possibilità di attuare una più puntuale classificazione del territorio relativamente ai livelli di qualità dell'aria.

Tuttavia le carenze informative rispetto al quadro emissivo di base, in particolare in relazione al fenomeno del trasporto, insieme a una scala di riferimento territoriale troppo ampia, come già evidenziato hanno prodotto dei risultati sulla distribuzione spaziale della concentrazione d'inquinanti che risultano coerenti da un punto di vista geografico ma, ad esclusione dell'area Romana, mostrano dei valori di concentrazione degli inquinanti in atmosfera inferiori rispetto a quelli che invece vengono misurati dalle stazioni di rilevamento, quindi, nel particolare, non riescono ad evidenziare gli scostamenti dagli standard di qualità dell'aria.

Una classificazione basata sul modello allo stato attuale avrebbe individuato ridotte zone di rischio. Pertanto, per la definizione degli ambiti territoriali d'intervento, si è preferito precauzionalmente basarsi sulla classificazione preesistente, integrandola laddove risultato opportuno con le informazioni derivanti dagli studi del piano, e rimandare la definizione di una nuova zonizzazione del territorio ad una fase successiva, dopo aver maggiormente sperimentato il sistema modellistico e perfezionato il quadro emissivo.

Si riporta nel seguito una descrizione del metodo seguito per la classificazione del territorio definita dalla DGR 676/2003, un confronto con i risultati ottenuti dal modello e la definizione delle caratteristiche delle zone individuate ai fini dell'attuazione delle misure del Piano.

### ***4.1 La zonizzazione preesistente***

L'attuale classificazione del territorio deriva da uno studio, condotto in collaborazione con ARPA Lazio, basato su un'analisi della qualità dell'aria misurata e stimata sul complesso dei 378 comuni della regione.

La metodologia d'indagine è stata articolata sulla costruzione di un modello, secondo le tecniche dei sistemi di supporto alle decisioni "a molti obiettivi", che componendo gli elementi informativi coerenti con la tematica "qualità dell'aria" fosse in grado di costituire un quadro coerente e omogeneo e fornire i criteri di classificazione del territorio regionale. La tecnica a molti obiettivi è finalizzata a comporre la classificazione del territorio relativa ai diversi inquinanti e indicatori tematici di base.

#### ***4.1.1 Il modello concettuale***

In termini generali il problema di costruire una classificazione del territorio regionale relativamente agli indicatori di qualità dell'aria è basato su alcune ipotesi di riferimento e sulla sovrapposizione di un sistema di tematismi ambientali correlati al fenomeno dell'inquinamento atmosferico.

Le ipotesi di base selezionate sono state:

- Costruire la classificazione relativamente ai 378 comuni della regione. Tale scelta dipende dalla opportunità di mantenere almeno in questa fase l'unità amministrativa elementare e dalla possibilità di raccogliere le informazioni tematiche associate a questo livello di dettaglio;
- Utilizzare come elemento tematico centrale le informazioni circa lo stato della qualità dell'aria derivate dalla rete regionale di misura. Tale rete permette di calcolare gli indici di qualità dell'aria per periodi pluriennali (5-3 anni così come previsto dalle normative tecniche);
- Selezionare le stazioni di misura della rete in modo da rappresentare l'effettivo gradiente di qualità dell'aria presente in regione cioè avere contemporaneamente informazioni rispetto alle aree a maggiore, media e bassa criticità ambientale. Ciò risulta efficace per avere una descrizione delle diverse situazioni relative alla complessità antropica dei comuni della regione;
- Assumere che i comuni della regione dotati di stazione di monitoraggio siano significativamente rappresentati dagli indicatori derivati dalle misure;
- Costruire un sistema di indicatori tematici che tenga conto sia dei fattori correlati all'inquinamento atmosferico quali le emissioni di sostanze inquinanti e i fattori meteorologici di dispersione dell'inquinante, che gli indici di vulnerabilità all'inquinamento quali la popolazione e le caratteristiche dell'ecosistema naturale.

A partire da queste ipotesi, i comuni della regione sono stati divisi in due classi: da una parte i comuni in cui è presente almeno una stazione di misura (che combinata con gli indici tematici determina un indice di classificazione) e dall'altra i restanti comuni, in cui è possibile costruire un sistema di indicatori tematici analogo a quello dei comuni della prima classe.

Determinare un indice di classificazione per questi ultimi comuni quindi dipende dalla definizione di un modello di estrapolazione/assegnazione che attribuisca gli indici calcolati per i comuni con rete di misura ai comuni omogenei non dotati di rete di rilevamento. In questo modo si ottiene una carta completa di indicatori a livello comunale che possono essere aggregati in classi ordinate a diversa criticità ambientale.

Questa procedura permette di definire un indice di classificazione per ogni comune e per i diversi inquinanti previsti dalla normativa; il passaggio conclusivo è costituito dalla calcolo dell'involuppo dei diversi indici di classificazione per inquinante così da definire un modello univoco di classificazione per l'intero territorio.

La metodologia d'indagine ha composto gli elementi informativi coerenti con la tematica "qualità dell'aria" in modo da costituire un quadro coerente e omogeneo e fornire i criteri di classificazione del territorio regionale, individuando uno schema di classificazione propedeutico alla individuazione di "zone omogenee" sotto il profilo della qualità dell'aria

Il modello proposto è stato applicato al territorio della regione Lazio con risoluzione massima a livello comunale per mantenere l'unità amministrativa come elemento di classificazione.

Gli inquinanti considerati nello studio, secondo quanto previsto dal DM60/2002, sono:

- Monossido di carbonio (CO), biossido di azoto (NO<sub>2</sub>), biossido di zolfo (SO<sub>2</sub>), particolato fine (PM<sub>10</sub>), piombo (Pb) e benzene per la protezione della salute umana

L'individuazione delle classi (scala di riferimento) è basata sui criteri definiti dal DM60/2002 per quanto riguarda i criteri di protezione della salute umana, cioè utilizzando i valori limite, i margini di valutazione superiore e inferiore e i margini di tolleranza per definire le classi di raggruppamento dei comuni.

- Classe A – margine inferiore di valutazione
- Classe B – margine superiore di valutazione
- Classe C – limite previsto dalla normativa
- Classe D – limite previsto+margine di tolleranza
- Classe E – maggiore di classe D

Gli elementi informativi utilizzati per la messa a punto dell'indice aggregato sono state:

- la popolazione residente derivata dal censimento ISTAT 2001;
- il censimento delle emissioni di sostanze inquinanti per sorgenti di tipo diffuso (traffico, riscaldamento, etc.) e di tipo puntuale (SIRA);
- la carta dell'uso del suolo (data base CORINE );
- la carta delle aree urbane (utilizzata per la determinazione dell'area urbanizzata disponibile presso il sistema SIRA);
- la carta derivata dalla stima di un indice meteorologico di capacità dispersive e diffusive dell'atmosfera;
- la carta degli indici di qualità dell'aria secondo lo schema previsto dal DM60/2002 (derivata dall'analisi della rete fissa di rilevamento regionale).

Per tutti gli indicatori tematici è stata calcolata la distribuzione in frequenza su 6 classi, da molto basso a molto alto, che rappresentano l'indice di merito attribuito alla singola classe di distribuzione. In questo modo tutti gli indici tematici sono stati composti in modo algebrico fornendo un indice aggregato per ogni comune della Regione.

Gli indici di qualità dell'aria calcolati per il complesso delle stazioni di misura della rete fissa della regione Lazio secondo quanto previsto dal DM60/2002 (valori limite, soglie di valutazione, etc.) sono stati utilizzati per costruire la scala di riferimento al fine di assegnare ai diversi comuni il proprio indice di classificazione per i diversi inquinanti. Il calcolo degli indici è stato effettuato relativamente al periodo 1998-2002, quando la consistenza della rete era di 34 stazioni di misura distribuite su 21 comuni per un totale di circa 110 analizzatori.

Il complesso degli indici tematici sopra descritti ha permesso di costruire l'indice aggregato complessivo relativo a tutti i comuni della regione. Dal confronto tra indice aggregato calcolato nei territori comunali dotati di stazione di misura e gli indici di qualità dell'aria relativi è stato possibile costruire la "scala di riferimento" da utilizzare per la classificazione dell'intero territorio regionale.

#### *4.1.2 La classificazione dei comuni*

Il passaggio finale di applicazione del modello proposto per la classificazione del territorio regionale è stata condotta mediante un processo di "cluster analysis" che a partire dagli indici calcolati per i diversi inquinanti fornisce una aggregazione univoca che tenesse conto dei diversi elementi di criticità/non criticità messi in evidenza dall'analisi di dettaglio, individuando gruppi di comuni sulla base di un criterio di minimizzazione della varianza interna e di massimizzazione della distanza tra cluster.

In termini pratici ciò si traduce in una modalità di classificazione dei comuni della regione in fasce omogenee rappresentative di un indice complessivo di criticità decrescente. Dall'analisi sono emersi 4 cluster, rappresentati in figura 4.1, da un indice compreso tra 1 e 4 con livello di criticità decrescente.

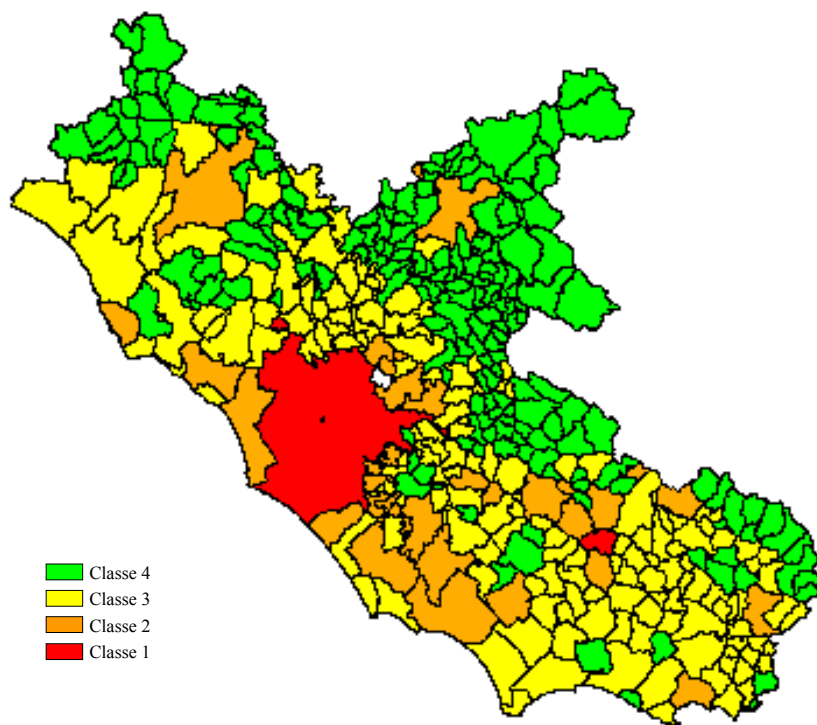


Figura 4.1- Classificazione del territorio in relazione all'inquinamento atmosferico

Dall'esame della figura 4.1 emerge che nella fascia 1 sono presenti solo due comuni (Roma e Frosinone) che presentano la situazione maggiormente critica con valori di inquinanti che possono superare i margini di tolleranza, la fascia 2 è composta dai comuni in cui si sono registrati superamenti del valore limite o della soglia di valutazione superiore per almeno un inquinante, per i quali è stato valutato un elevato rischio di superamento del limite; la classe 3 include tendenzialmente i comuni con valori compresi tra la soglia di valutazione superiore e la soglia di valutazione inferiore e infine la classe 4 comprende tendenzialmente i comuni con valori più bassi della soglia di valutazione inferiore.

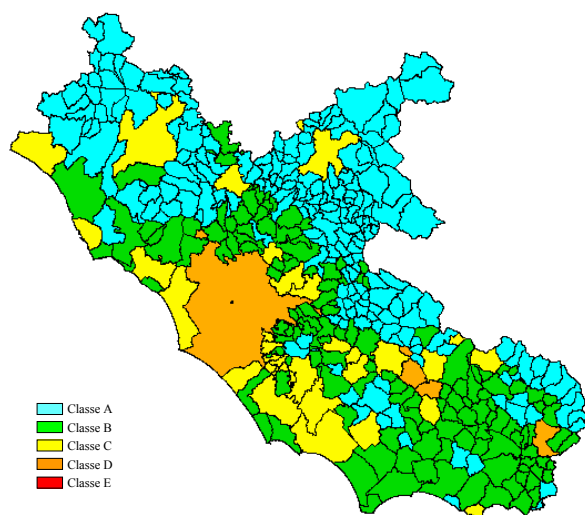
#### 4.1.3 Classificazione relativa al biossido di azoto ( $\text{NO}_2$ )

Un confronto, tra la classificazione del territorio su base comunale e la mappa delle concentrazioni risultata dal modello di simulazione, evidenzia, come si può osservare in figura 4.2, per il biossido di azoto una distribuzione spaziale dell'inquinante sostanzialmente sovrapponibile; la mappa presenta tuttavia, ad eccezione dell'aria romana, valori mediamente inferiori rispetto a quelli valutati su base comunale.

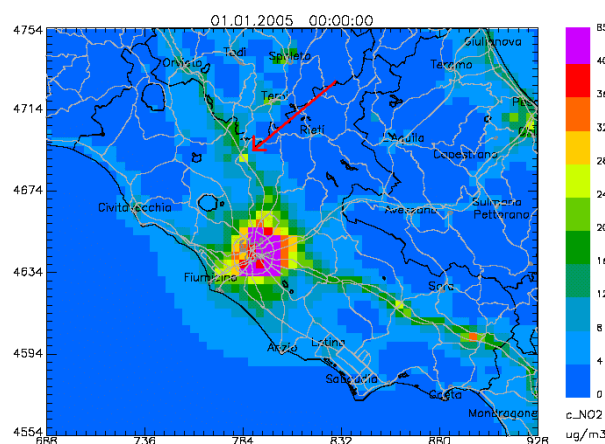
Ad esempio la gran parte dei comuni appartenenti alla classe C, quindi con valori compresi tra il margine di valutazione superiore e il limite, presentano nella simulazione valori tendenzialmente inferiori ai  $24 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , quindi si prefigurano come zone con un buon livello di qualità dell'aria sulle quali intervenire eventualmente con interventi finalizzati al mantenimento.

Un'eccezione però è rappresentata dall'area interessata dal comune di Civita Castellana (evidenziata dalla freccia rossa) dove, a differenza degli altri casi, viene confermato anche dalla simulazione un livello elevato della concentrazione. Tale peculiarità e la presenza a Civita Castellana di numerose aziende per la lavorazione della ceramica (il comune è il centro del polo della ceramica) ha suggerito l'opportunità di includere tale comune tra quelli ad elevato rischio di superamento del valore limite per l' $\text{NO}_2$ , ovvero, con riferimento alla classificazione generale illustrata nel precedente paragrafo, di spostarlo dalla classe 3 alla classe 2.

Dall'analisi delle mappe di concentrazione derivate dal modello di simulazione non emergono ulteriori situazioni di criticità che possano suggerire ulteriori integrazioni alla classificazione preesistente.



*classificazione comunale*



*mappa delle concentrazioni*

Figura 4.2- Confronto tra classificazione comunale e mappa delle concentrazioni di biossido di azoto ( $\text{NO}_2$ )

## 4.2 La definizione delle zone di piano

Ai fini di una individuazione e applicazione sul territorio di misure coerenti con i relativi livelli di criticità della qualità dell'aria, il territorio regionale è stato suddiviso in tre zone, come riportate in figura 4.3:

**Zona A:** che rappresenta l'area maggiormente critica e, coerentemente con la classificazione preesistente, comprende i due agglomerati di Roma e Frosinone;

**Zona B** corrispondente alla classe 2 integrata dal comune di Civita Castellana, che comprende i comuni dove è accertato l'effettivo superamento o l'elevato rischio di superamento del limite da parte di almeno un inquinante.

**Zona C** comprende il restante territorio della Regione nel quale ricadono i comuni a basso rischio di superamento dei limiti di legge ed equivale alla unione delle classi 3 e 4.



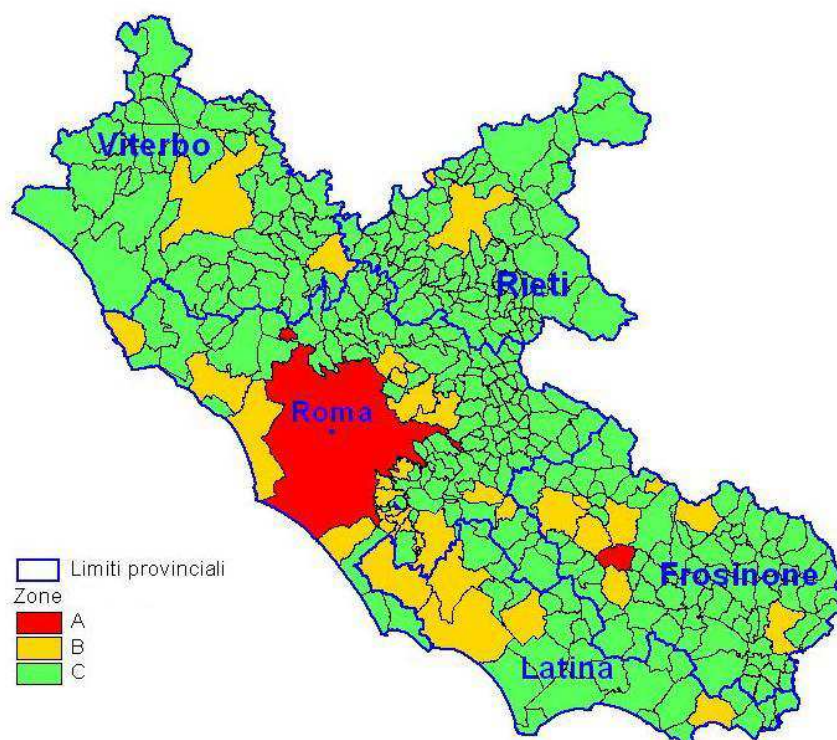


Figura 4.3- Classificazione del territorio - zone di piano

Nella tabella 4.1 si riporta una sintesi delle caratteristiche delle diverse zone in relazione all'estensione territoriale ed alla popolazione residente.

| ZONA   | Sup(km2) | Sup % | Popolazione<br>2006 | Popolazione<br>% | Comuni<br>Compresi |
|--------|----------|-------|---------------------|------------------|--------------------|
| A - RM | 1282     | 7,46  | 2705603             | 49,25            | 1                  |
| A - FR | 47       | 0,27  | 48175               | 0,88             | 1                  |
| B      | 3017     | 17,55 | 1192830             | 21,71            | 31                 |
| C      | 12843    | 74,72 | 1546700             | 28,16            | 345                |

Tabella 4.1- Superficie e popolazione per zona di piano

#### 4.2.1 *Agglomerato di Roma*

L'agglomerato di Roma è costituito dall'intero territorio comunale che si estende per 1282 km<sup>2</sup> e ha una popolazione di 2.705.603. Il territorio è suddivisibile in tre zone: Agro romano costituito dalla fascia compresa tra i confini comunali e il grande raccordo anulare, la cui destinazione urbanistica è per la maggior parte agricola anche se sono presenti gli insediamenti industriali in località Ponte Galeria, dove è ubicata la raffineria di petrolio greggio, e la zona industriale del Tiburtino; in questa fascia sono anche presenti insediamenti residenziali talora anche estesi, quali le zone residenziali che si sviluppano in destra e in sinistra della Cristoforo Colombo, della via Cassia, della via Aurelia; lungo le altre vie consolari sono presenti sempre delle zone residenziali frammiste a insediamenti industriali che però non raggiungono estensioni come quelle prima dette; la seconda zona è delimitata dal GRA e l'anello ferroviario e ha carattere prevalentemente urbano di tipo residenziale e uffici; la terza zona è la zona compresa entro l'anello ferroviario. Una caratteristica di Roma è la presenza di ampie zone verdi che si insinuano profondamente nella città facendole assumere un aspetto tra zone verdi e zone edificate a raggiera.

La città è interessata da un'unica attività industriale rilevante ai fini dell'inquinamento atmosferico costituita dalla raffineria di petrolio greggio, ubicata nella zona nord ovest; la raffineria utilizza per i processi 125000 tonnellate di combustibile costituito per il 90% circa da idrogeno, metano e idrocarburi alifatici leggeri; il rimanente 10% è costituito da combustibili liquidi; la raffineria non ha quindi emissioni significative di polveri mentre l'emissione di ossidi di azoto è valutata in 500 ton/anno; nella stessa zona è ubicato l'impianto di incenerimento dei rifiuti ospedalieri con produzione di energia elettrica dotato di un sofisticato sistema di abbattimento delle emissioni, e la discarica dei rifiuti di Malagrotta.

In località Tor di Valle è ubicata una centrale termoelettrica dell'ACEA della potenzialità di 300 MW che utilizza come combustibile metano.

Nel quartiere Ostiense è ubicata la centrale termoelettrica di Montemartini, piccola centrale a turbina, combustibile gasolio, che ha il compito di coprire le punte di richieste di energia elettrica.

Nella parte est (Tiburtina Prenestina Casilina) è presente una estesa zona in cui sono insediate attività industriali di tipologie che non presentano emissioni rilevanti.

Le problematiche poste dalla città in ordine ai fenomeni di inquinamento sono quindi riconducibili all'enorme contributo apportato dalle emissioni da traffico autoveicolare, nei periodi invernali, al contributo dei processi di riscaldamento ambientale, e in minor misura, agli insediamenti industriali.

#### 4.2.2 *Agglomerato di Frosinone*

Il comune di Frosinone ha una estensione territoriale di 47 km<sup>2</sup> e una popolazione di 48.175 abitanti.

Nel comune sono presenti numerosi insediamenti industriali di cui due sono classificabili ai fini delle emissioni in atmosfera come sorgenti puntuali di emissioni, la Klopman International (produzione tessuti) e la Solac (latte e derivati); sono classificabili come insediamenti localizzati gli insediamenti Michelangelo (capi di abbigliamento) Cioce Pietro (conglomerati bituminosi), Fonderie S. Martino (fusione Ghisa).

Si fa notare che il comune di Frosinone si discosta nettamente dalle condizioni riscontrate in tutti gli altri agglomerati del Lazio di analoga dimensione.

Tale fatto può essere ricondotto alla situazione morfologica della città che è tale da favorire il ristagno degli inquinanti e all'ubicazione del punto di rilevamento che potrebbe non essere soddisfacentemente rappresentativo della qualità dell'aria della città, ma risentire particolarmente di condizioni locali di traffico pesante.

Anche nel caso di Frosinone deve ritenersi che la qualità dell'aria sia influenzata negativamente da diverse sorgenti, principalmente devono essere ritenuti responsabili il traffico urbano, il riscaldamento domestico e le fonti industriali.

Il sito di misura è interessato dal traffico di automezzi pesanti in uscita dalla Casilina e diretto verso il casello dell'autostrada Roma – Napoli. Si deve sottolineare che la situazione del traffico pesante di attraversamento di Frosinone si avvierà ad un netto miglioramento soltanto in conseguenza della attesa realizzazione del casello autostradale in località Ferentino che dovrebbe eliminare tutto il traffico proveniente dalla zona industriale di Sora in transito su via dei Monti Lepini diretto verso l'autostrada.

Studi di caratterizzazione delle polveri sottili, effettuati dal CNR su commissione del Comune di Frosinone, hanno evidenziato che il traffico autoveicolare rappresenta la componente principale dell'inquinamento nel centro urbano, mentre le componenti secondarie del PM, misurate in siti fuori dal centro urbano, indicano una influenza delle sorgenti industriali presenti nell'area.

#### 4.2.3 Zona B

La zona B comprende 31 comuni che rappresentano il 17,55% dell'intero territorio regionale in cui risiedono 1.192.830 abitanti, pari a circa il 22% della popolazione laziale.

A differenza della zona A, puntualmente localizzata nei territori dei due comuni di Roma e Frosinone, la zona B appare frammentata nel territorio e include tutti quei comuni per i quali si è già registrato un superamento degli standard della qualità dell'aria, per almeno un inquinante, oppure si è stimato un elevato rischio di superamento.

I determinanti del rischio sono di origine diversa anche se ovviamente tra loro interrelati. In buona parte sono rappresentati dalle principali sorgenti di inquinamento industriale del Lazio che comprendono: le centrali termoelettriche di Civitavecchia, i cementifici di Guidonia e Colleferro, il polo della ceramica di Civita Castellana, le cartiere di Sora, i poli industriali di Alatri, Ceccano, Cassino, Ferentino, Anagni, Patrica, Aprilia, Cisterna di Latina e Pomezia.

Per altro verso il rischio è diffusamente connesso al livello di urbanizzazione che porta ad includere praticamente quasi tutti i centri regionali con più di 30.000 abitanti e nei quali la maggiore presenza antropica comporta (o è conseguenza di) la localizzazione delle principali infrastrutture e un maggiore sviluppo delle attività commerciali. Vi sono tra questi i rimanenti capoluogo di provincia, Viterbo, Rieti, Latina insieme ai comuni di Cerveteri, Fiumicino, Albano, Ciampino, Marino, Monterotondo, Velletri, Tivoli, Formia.

Infine, anche se per semplificare si fa riferimento ai confini amministrativi comunali, appare ovvio che il peso di una importante sorgente inquinante, per quanto attiene alla sua influenza sulla qualità dell'aria ambiente, non è circoscrivibile esclusivamente al territorio del comune sul quale insiste. Un caso particolare in questo senso è rappresentato dall'area metropolitana di Roma che, come mostrato dalla mappe, presenta modelli di distribuzione degli inquinanti in cui i valori più elevati si estendono alla fascia dei comuni contigui, soprattutto nella fascia sud-occidentale, coinvolgendo, oltre ai diversi comuni già citati quelli di Ariccia, Frascati e Genzano.

#### 4.2.4 Zona C

Nella zona C, che copre il 75% del territorio regionale e dove risiede poco meno del 30 % della popolazione, ricadono i restanti 345 comuni del Lazio. Tale territorio, presenta livelli differenziati di qualità dell'aria, ma nel complesso si ritiene poco probabile che si verifichino superamenti degli standard. Per la gran parte di questi comuni si sono stimati infatti valori degli inquinanti tendenzialmente inferiori alla soglia di valutazione superiore.

Tuttavia, come è stato evidenziato nel capitolo relativo alla valutazione della qualità dell'aria, esiste, in particolare per gli inquinanti secondari (ovvero derivati da trasformazioni chimiche in atmosfera di inquinanti primari) come il biossido d'azoto e in parte il PM10, una elevata concentrazione di fondo estesa sull'intero territorio. Pertanto si è ritenuto di dover prevedere misure preventive anche per questi comuni al fine di mantenere un buon livello di qualità dell'aria, ed in ogni caso l'indirizzo normativo stabilisce di provvedere al fine di preservare la migliore qualità dell'aria ambiente compatibile con lo sviluppo sostenibile.

Per avere informazioni puntuali sulle zone, che nel territorio laziale, sono risultate maggiormente critiche, si rimanda alla lettura delle tabelle che riportano gli Standard di Qualità dell'aria (Cap. 2) negli anni 2005 e 2006 per tutte le postazioni della rete di monitoraggio dislocate nel territorio regionale.

---

## 5. Quadro normativo di base

---

Si ritiene utile inquadrare l'aspetto normativo vigente, che regola direttamente ed indirettamente la materia dell'inquinamento atmosferico, per tener conto delle misure strutturali previste nei provvedimenti normativi già esistenti.

### 5.1 Quadro normativo nazionale

#### 5.1.1 Decreto Legislativo del 4 agosto 1999 n. 351

“Attuazione della direttiva 96/62/CE in materia di valutazione e gestione della qualità dell'aria ambiente”.

Nel suddetto decreto vengono definiti i seguenti principi:

- 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;
- valutare la qualità dell'aria ambiente sul territorio nazionale in base a criteri e metodi comuni;
- 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;
- mantenere la qualità dell'aria ambiente, laddove è buona, e migliorarla negli altri casi.

#### 5.1.2 Decreto Ministeriale del 2 aprile 2002 n. 60

“Recepimento della direttiva 99/30/CE del Consiglio del 22/04/99 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 la direttiva 2000/69/CE relativa ai valori limite di qualità dell'aria ambiente per il benzene ed il monossido di carbonio”;

Il presente decreto stabilisce 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 d.lgs. n. 351/99:

- i valori limite e le soglie di allarme;
- il margine di tolleranza e le modalità secondo le quali tale margine deve essere ridotto nel tempo;
- il termine entro il quale il valore limite deve essere raggiunto;
- 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;
- la soglia di valutazione superiore, la soglia di valutazione inferiore e i criteri di verifica della classificazione delle zone e degli agglomerati;
- le modalità per l'informazione da fornire al pubblico sui livelli registrati di inquinamento atmosferico ed in caso di superamento delle soglie di allarme;
- il formato per la comunicazione dei dati.

### 5.1.3 *Decreto Ministeriale 1° ottobre 2002, n. 261*

“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. 351/99”.

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

“Attuazione della direttiva 2001/81/CE relativa ai limiti nazionali di emissione di alcuni inquinanti atmosferici”.

Con il suddetto decreto al fine di tutelare l’ambiente e la salute umana dagli effetti nocivi causati dalla acidificazione, dalla eutrofizzazione del suolo e dalla presenza di ozono al livello del suolo, vengono individuati gli strumenti per assicurare che le emissioni nazionali annue per il biossido di zolfo, per gli ossidi d’azoto, per i composti organici volatili e per l’ammoniaca, rispettino entro il 2010 e negli anni successivi i limiti nazionali di emissione stabiliti dall’allegato I del decreto stesso.

L’ultima sezione del decreto descrive una lista di misure ed interventi in grado di determinare un’ulteriore riduzione delle emissioni, volta ad assicurare il raggiungimento e il rispetto nel tempo dei limiti nazionali fissati dalla direttiva.

### 5.1.5 *Decreto Legislativo 21 maggio 2004, n. 183*

“Attuazione della Direttiva 2002/3/CE relativa all’ozono nell’aria”.

Il presente decreto legislativo, stabilisce, per l’inquinante ozono:

- i valori bersaglio, gli obiettivi a lungo termine, la soglia di allarme e la soglia di informazione, al fine di prevenire o ridurre gli effetti nocivi sulla salute umana e sull’ambiente;
- i metodi ed i criteri per la valutazione delle concentrazioni di ozono e per la valutazione delle concentrazioni dei precursori dell’ozono nell’aria;
- le misure volte a consentire l’informazione del pubblico in merito alle concentrazioni di ozono;
- le misure volte a mantenere la qualità dell’aria laddove la stessa risulta buona in relazione all’ozono, e le misure dirette a consentirne il miglioramento negli altri casi;
- le modalità di cooperazione con gli altri Stati membri dell’Unione europea ai fini della riduzione dei livelli di ozono.

## 5.2 *Leggi e deliberazioni regionali*

**Legge Regionale 17 luglio 1989:** “Delega alle province di funzioni amministrative in materia di qualità dell’aria ai fini della protezione della salute e dell’ambiente”;

**D.P.G.R. 19 gennaio 1993, n. 96:** “Atto di indirizzi e coordinamento in materia di inquinamento atmosferico”.

### 5.2.1 Zonizzazione del territorio

**D.G.R. n. 1218 del 3/03/1995:** Ratifica della D.G.R. n.521 del 14/2/1995 concernente: Individuazione delle aree soggette a rischio di inquinamento atmosferico nella Regione Lazio e dell'autorità competente alla adozione dei provvedimenti necessari ai sensi dell'art. 4 del D.M. 15/4/1994”;

**D.G.R. n. 767 del 1/08/03:** “D.lgs. 351/99 – Attuazione dell'art. 5 e dell'art.6 – Valutazione preliminare della qualità dell'aria ed individuazione, in prima applicazione, delle zone del territorio regionale di cui agli artt. 7, 8, e 9 del suddetto decreto”.

Con tale delibera è stato condotto uno studio finalizzato alla zonizzazione del territorio regionale e ad una valutazione preliminare della qualità dell'aria ambiente nella regione ai sensi della normativa vigente.

### 5.2.2 Misure di prevenzione e monitoraggio

**D.G.R. n. 1517 del 14/03/1995:** “Legge 9 gennaio 1991, n. 10 e decreto del Presidente della Repubblica 26 agosto 1993, n. 412. Controlli sugli impianti di riscaldamento”;

**D.G.R. n. 7104 del 5/09/96:** “Direttiva alle amministrazioni provinciali in materia di prevenzione e controllo dell'inquinamento atmosferico ai sensi della legge regionale n. 48/89” nella quale sono indicate le modalità e la modulistica per l'attivazione delle procedure semplificate di autorizzazione per specifici settori produttivi o attività;

**D.G.R. n. 133 del 08/02/02:** “Misure urgenti per il contenimento e la prevenzione dell'inquinamento atmosferico nella regione Lazio”;

**D.G.R. n. 1316 del 05/12/03:** Nuove misure urgenti per il contenimento e la prevenzione dell'inquinamento atmosferico nella Regione Lazio. Modifica della deliberazione di Giunta regionale n. 133 del 8/02/02;

**D.G.R. n. 128 del 27/02/04:** “Integrazioni e modifiche alla deliberazione n. 1316 del 05/12/03, riguardante misure urgenti per il contenimento e la prevenzione dell'inquinamento atmosferico nei Comuni di Roma e Frosinone”;

**D.G.R. n. 538 del 18/06/04:** “D.lgs. 351/99 – Attuazione dell'art. 8 – misure da applicare nelle zone in cui i livelli degli inquinanti sono più alti dei valori limite – Approvazione degli Indirizzi Strategici - Piano di Risanamento per il miglioramento della qualità dell'aria;

**D.G.R. n. 223 del 25/02/05:** “Attuazione del D.Lgs. 351/99 e del D.M. 60/2002 - approvazione della nuova configurazione della rete di monitoraggio della qualità della aria del comune di Roma” successivamente modificata con la **D.G.R. n. 938 del 8/11/2005**;

**D.G.R. n. 224 del 25/02/05:** “D.M. 16 gennaio 2004, n. 44 - Autorizzazione di carattere generale per le emissioni in atmosfera provenienti dagli impianti a ciclo chiuso di pulizia a secco di tessuti e di pellami, escluse le pellicce, e dalle pulitintolavanderie a ciclo chiuso”.

**L.R. n. 9 del 17 febbraio 2005:** “legge finanziaria regionale per l'esercizio 2005” art. 40 “Misure sperimentali di politica ambientale”, promuove la sperimentazione, nelle zone a più alto rischio ambientale, di misure straordinarie di politica ambientale per l'abbattimento di emissioni inquinanti da veicoli a motore con uno stanziamento di 4 mln di euro. La prima fase attuativa, secondo un programma triennale 2004-2006, prevede l'incentivazione alla sostituzione dei ciclomotori e motocicli circolanti a due tempi e non catalizzati con analoghi veicoli a quattro tempi conformi alle direttive EURO 2, nonché con mezzi elettrici.

### 5.3 *Norme che influenzano positivamente la qualità dell'aria nelle città*

#### 5.3.1 *Combustibili per autotrazione*

#### **Decreto di recepimento della direttiva 2003/17/CE approvato l'11 febbraio 2005 dal Consiglio dei Ministri.**

Le Direttive 98/70/CE e 2003/17/CE hanno fissato nuovi limiti di composizione della benzina e del gasolio che hanno rilevanza sulle emissioni veicolari per raggiungere l'obiettivo di migliorare la qualità dell'aria nelle grandi città. Le caratteristiche prese in considerazione nelle Direttive 98/70/CE e 2003/17/CE riguardano sia la composizione dei carburanti che le prestazioni.

In precedenza la materia era regolata da una serie di norme che l'attuale decreto abroga quali: D.lgs. n. 280 del 18/04/94 e l'art. 1 della Legge n. 413 del 4/11/97, mentre non trovano applicazione i D.P.C.M. n. 434 del 23/11/2000, n. 397 del 7/10/97 e n. 29 del 30/01/2002 nonché il Decreto del ministero dell'Ambiente del 10/02/2000.

| <b>2005</b> | <b>Benzene<br/>(%vol.)</b> | <b>Aromatici<br/>(%vol.)</b> | <b>Zolfo<br/>(ppm)</b> |
|-------------|----------------------------|------------------------------|------------------------|
| Benzina     | 1                          | 35                           | 50                     |
| Gasolio     |                            |                              | 50                     |

Nelle benzine sono stati fissati limiti al benzene, agli aromatici, alle olefine e al tenore di zolfo. Di significativo rilievo sono anche i limiti alla tensione di vapore ed alla curva di distillazione, che hanno l'obiettivo di contenere le emissioni evaporative delle vetture. Queste caratteristiche sono entrate in vigore dal 1° gennaio 2000 mentre una seconda fase di riduzioni è stabilita dal 2005.

Per quanto riguarda il gasolio, i parametri più significativi presi in considerazione sono il numero di cetano, la densità e la curva di distillazione. Per quanto concerne le caratteristiche composizionali, sono stati introdotti limiti al tenore di zolfo e al contenuto di poliaromatici.

A partire dal 1° gennaio 2009 tutte le benzine senza piombo e tutto il combustibile diesel commercializzati debbono avere un tenore di zolfo massimo di 10 mg/kg.

L'incremento di CO<sub>2</sub> da parte delle raffinerie per la produzione delle nuove benzine sarà compensata dalla riduzione delle emissioni veicolari.

Per raggiungere questo obiettivo i costruttori dovranno consolidare la produzione su scala industriale di vetture da 120 g/Km di CO<sub>2</sub> (5 litri di benzina per 100 Km) ed avviare quella di vetture da 90 g/Km di CO<sub>2</sub> (3 litri di benzina per 100 Km).

In termini di tecnologia motoristica sia i motori a benzina che quelli diesel dovranno essere del tipo ad iniezione diretta (combustione magra - lean burn).

Considerando i valori medi degli incrementi delle emissioni dalle raffinerie ed i corrispondenti valori medi di riduzione dei consumi dai veicoli, la Commissione europea conclude che le auto di nuova concezione dovranno raggiungere almeno il 50% del totale parco circolante per bilanciare i maggiori consumi delle raffinerie.



Questo significa che almeno per i prossimi 10 anni il bilancio della CO<sub>2</sub> sarà negativo e quindi a livello comunitario si verificherà un aumento di queste emissioni.

La direttiva 2003/17/CE prevede che gli Stati membri provvedano affinché i gasoli, commercializzati sul proprio territorio, destinati a macchine mobili non stradali e trattori agricoli e forestali abbiano un tenore di zolfo inferiore a 2.000 mg/kg e a decorrere dal 1 gennaio 2008 detti gasoli abbiano un tenore di zolfo pari a 1.000 mg/kg.

Con il Decreto 20 Giugno 2002 il Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti ha recepito la direttiva 2001/63/CE della Commissione del 17 agosto 2001 che adegua al progresso tecnico la direttiva 97/68/CE del Parlamento europeo e del Consiglio concernente i provvedimenti da adottare contro l'emissione di inquinanti gassosi e particolato inquinante prodotti dai motori a combustione interna destinati all'installazione su macchine mobili non stradali.

### 5.3.2 *Direttive europee relative ai limiti di emissione degli autoveicoli*

**Direttiva 98/69/CE** del Parlamento europeo e del Consiglio del 13 ottobre 1998 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.

**Direttiva 98/77/CE** della Commissione del 2 ottobre 1998 che adegua al progresso tecnico la direttiva 70/220/CEE del Consiglio per il ravvicinamento delle legislazioni degli Stati membri relative a misure da adottare contro l'inquinamento atmosferico da emissioni dei veicoli a motore.

Le direttive sopra citate stabiliscono i requisiti tecnici per l'omologazione CE di veicoli a motore che possono essere alimentati con benzine, gasolio, gas naturale e GPL.

Con appositi decreti lo Stato italiano ha recepito le suddette direttive.

### 5.3.3 *Direttive europee relative ai limiti di emissione dei ciclomotori e motocicli*

**Direttiva 97/24/CE** del Parlamento europeo e del Consiglio del 17 giugno 1997 relativa a taluni elementi o caratteristiche dei veicoli a motore a due o a tre ruote.

**Direttiva 2002/51/CE** del Parlamento europeo e del Consiglio, del 19 luglio 2002, 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.

|        |   |
|--------|---|
| Euro 0 | motocicli e ciclomotori omologati prima del 17/06/99  |
| Euro 1 | motocicli e ciclomotori omologati dopo il 17/06/99 (conformi alla Direttiva 97/24/CE cap.5)   |
| Euro 2 | Ciclomotori omologati dal 17/06/2002 (conformi alla Direttiva 97/24/CE cap. 5, fase II). Motocicli omologati dal 1/04/2003 (conformi alla Direttiva 2002/51/CE, fase A) |

La normativa Euro 1 ed Euro 2 si applica sui ciclomotori e sui motocicli a 2 o 4 tempi.

Dal 1/01/2006 è prevista una ulteriore fase di riduzione delle emissioni in particolare degli inquinanti CO<sub>2</sub> e particolato con introduzione di nuovi limiti di emissione (Euro 3).

Con appositi decreti lo Stato italiano ha recepito le suddette direttive.

Con appositi decreti lo Stato italiano ha recepito le suddette direttive.

#### 5.3.4 *Legge 18 giugno 1998, n. 194*

Interventi nel settore dei trasporti

##### Art. 2

Al fine di permettere gli investimenti nel settore del trasporto pubblico locale, le regioni a statuto ordinario sono autorizzate a contrarre mutui quindicennali o altre operazioni finanziarie per provvedere alla sostituzione di autobus destinati al trasporto pubblico locale in esercizio da oltre quindici anni, nonché all'acquisto di mezzi di trasporto pubblico di persone, a trazione elettrica, da utilizzare all'interno dei centri storici e delle isole pedonali, e di altri mezzi di trasporto pubblico di persone, terrestri e lagunari e di impianti a fune adibiti al trasporto di persone, cui lo Stato concorre con un contributo quindicennale di lire 20 miliardi per l'anno 1997, di lire 146 miliardi per l'anno 1998 e di lire 195 miliardi a decorrere dall'anno 1999, da ripartire con decreto del Ministro dei trasporti e della navigazione, di concerto con il Ministro del tesoro, del bilancio e della programmazione economica.

#### 5.3.5 *Misure relative agli impianti di riscaldamento*

**D.P.R. n. 412 del 26 agosto 1993** riguardante il “Regolamento recante norme per la progettazione, l'installazione, l'esercizio e la manutenzione degli impianti termici degli edifici ai fini del contenimento dei consumi di energia” e successive modifiche ed integrazioni.

**D.P.C.M. 8 marzo 2002** “Disciplina delle caratteristiche merceologiche dei combustibili aventi rilevanza ai fini dell'inquinamento atmosferico, nonché delle caratteristiche tecnologiche degli impianti di combustione”. Successivamente modificato con DPCM 8 ottobre 2004.

Al Titolo II art. 6 del suddetto decreto vengono elencati i combustibili consentiti e le condizioni di utilizzo di questi negli impianti di combustione per uso civile. All'articolo 2 comma 2 sono indicati come tali quelli aventi le seguenti destinazioni d'uso: riscaldamento o climatizzazione di ambienti; riscaldamento di acqua calda per utenze civili; cucine, lavaggio stoviglie, sterilizzazione e disinfezione mediche; lavaggio biancheria e simili; forni di pane; mense ed altri pubblici esercizi destinati ad attività di ristorazione.

Per queste ultime due utenze civili (forni da pane e mense) sono vietati i seguenti combustibili: agglomerati di lignite, olio combustibile ed altri distillati pesanti del petrolio, emulsioni acqua-olio combustibile, carbone da vapore, coke metallurgico, antracite e biogas.

Vengono, inoltre ritenute entro i limiti le emissioni degli impianti che eseguono regolarmente le manutenzioni programmate di cui al D.P.R. 26 agosto 1993 n. 412 e successive modificazioni ed utilizzano i seguenti combustibili:

- gas naturale,
- gas di città,
- gas di petrolio liquefatto,
- gasolio,

- Kerosene,
- emulsioni acqua – gasolio e biodiesel.

All'art. 10 è stabilito che l'impiego dei combustibili solidi (agglomerati di lignite, carbone di vapore, coke metallurgico ed antracite e derivati antracitosi) è consentito non oltre il 1 settembre 2005 per impianti a combustione per uso civile, compresi gli impianti di riscaldamento di ambienti. Al comma 3) è precisato che soltanto gli impianti di potenza termica nominale inferiore a 0,035MW e le stufe per singoli locali potranno utilizzare, oltre la data del 1 settembre 2005, antracite e prodotti antracitosi.

L'art. 11 dispone che le Regioni nell'ambito dei piani e programmi previsti dagli artt. 8 e 9 del d.lgs. 351/99 possono limitare l'utilizzo dei seguenti combustibili in impianti ad uso civile:

- agglomerati di lignite,
- carbone a vapore,
- coke metallurgico,
- antracite e derivati,
- olio combustibile ed altri distillati pesanti di petrolio
- emulsioni di acqua-olio combustibile.

#### *5.3.6 Iniziative promosse dal Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio*

**Programma nazionale di Car Sharing** con impegni finanziari superiori a 9 milioni di euro.

Tale iniziativa, finalizzata alla riduzione dei veicoli circolanti nei centri urbani, consiste nel promuovere l'uso del mezzo collettivo, in particolare tale servizio è rivolto a chi non fa un uso abituale dell'automobile ed è alternativo al mezzo pubblico.

Chi si avvale dei servizi di Car Sharing può disporre di una autovettura quando gli occorre senza dover sostenere degli onerosi costi fissi legati al possesso di una autovettura propria.

**Progetto metano** a cui aderiscono i Comuni classificati, in base alla zonizzazione regionale, con valori degli inquinanti superiori ai limiti.

Con tale progetto si vuole promuovere la diffusione più capillare della distribuzione del metano e offrire un servizio adeguato alle esigenze degli utenti.

Ciò favorirebbe un incremento delle vetture alimentate con tale combustibile.

**Decreto 20 dicembre 2000** del Servizio IAR del Ministero dell'ambiente "Incentivazione dei programmi proposti dai mobility managers aziendali"

**Decreto 21 dicembre 2000** del Servizio IAR del Ministero dell'ambiente "Programmi radicali per la mobilità sostenibile".

Con tale decreto viene promossa la realizzazione di interventi strutturali radicali finalizzati alla riduzione permanente dell'impatto ambientale derivante dal traffico urbano tramite l'attuazione di modelli di mobilità sostenibile. Possono presentare istanza di cofinanziamento tutti i comuni che abbiano aderito all'iniziativa "Domeniche ecologiche" di cui al decreto ministeriale 29/05/2000.

I finanziamenti previsti erano destinati alle seguenti aree d'intervento:

- realizzazione, integrazione o completamento di sistemi di taxi collettivo ovvero di trasporti collettivi innovativi;
- regolazione del traffico nei centri urbani mediante impianti automatizzati per l'applicazione di "road e area pricing";
- realizzazione, integrazione o completamento di sistemi di trasporto pubblico o servizi di pubblica utilità che utilizzano veicoli a trazione elettrica o alimentati a gas delle categorie M2, M3 e N2;
- realizzazione, integrazione o completamento di flotte di biciclette e di veicoli elettrici a due o tre ruote e quadricicli, appartenenti ai comuni, agli enti e ai gestori di servizi pubblici e dei servizi di pubblica utilità, pubblici e privati, nonché da destinare al noleggio nelle aree urbane;
- realizzazione, ampliamento o adeguamento tecnologico dei sistemi di monitoraggio degli inquinanti atmosferici, in particolare di quelli finalizzati agli adempimenti di cui all'articolo 2, del decreto interministeriale del 21.4.99;
- attuazione di progetti dimostrativi relativi a:
  - prototipi di veicoli a trazione elettrica con funzionamento autonomo e di veicoli a trazione elettrica alimentati a idrogeno adibiti al trasporto pubblico, a servizi di pubblica utilità e al trasporto delle merci nelle aree urbane;
  - dispositivi per la riduzione delle emissioni in atmosfera provenienti dal parco dei veicoli circolanti adibiti al trasporto pubblico, a servizi di pubblica utilità e al trasporto delle merci nelle aree urbane;
  - modelli di correlazione tra dati di inquinamento atmosferico e quelli provenienti dalla rilevazione del traffico veicolare.

**Decreto 12 novembre 2002** riguardante l'Ammissione a cofinanziamento dei comuni ai sensi del D.Dirig. 22 dicembre 2000, recante: "Finanziamento ai comuni per la realizzazione di politiche radicali ed interventi integrati per la mobilità sostenibile nelle aree urbane". Per il Comune di Roma erano previsti 3,7 milioni di euro.

**Decreto Interministeriale 24 maggio 2004** "Attuazione dell'art. 17 della L. 1° agosto 2002, n. 166, in materia di contributi per la sostituzione del parco autoveicoli a propulsione tradizionale con veicoli a minimo impatto ambientale".

#### *5.3.7 Provvedimenti attuati dal Comune di Roma o in fase di attuazione a seguito di contributi ministeriali (dal 1999 ad oggi)*

Sono stati finanziati complessivamente i seguenti progetti:

- Taxi collettivo e veicoli elettrici;
- Mobility Manager;
- Car sharing;
- Sistema controllo acceso ed in uscita alla ZTL;
- Utilizzo gasolio emulsionato
- Completamento rete monitoraggio inquinamento;
- Sperimentazione di 'silenziatori catalitici' serie TERS finalizzato alla riduzione di inquinanti atmosferici;
- "Multitaxi";
- Sistema integrato di controllo del traffico veicolare e dell'inquinamento atmosferico - SICOTRAVIA.

- Adesione al Programma nazionale rivolto a privati cittadini e ai Comuni per promuovere l'utilizzo del metano e del GPL per autotrazione. In particolare il programma ha previsto lo stanziamento di fondi:
  - per la trasformazione a gas metano o GPL delle auto non catalizzate, immatricolate fra il 1988 ed il 1995. Sono state effettuate complessivamente circa 30.000 trasformazioni nel Comune di Roma;
  - per lo sviluppo della rete di distribuzione attraverso la realizzazione di stazioni di rifornimento dedicate per flotte pubbliche.

#### 5.3.8 Norme riguardanti le emissioni industriali

**D. lgs. n. 152 del 3 aprile 2006:** il presente decreto "Norme per la Tutela Ambientale" riordina, coordina ed integra le norme vigenti in materia ambientale. Alla parte quinta tratta le "Norme di tutela dell'aria e di riduzione delle emissioni in atmosfera". La materia era disciplinata prima dell'entrata in vigore del presente decreto dal D.P.R. n.203/88. Il Titolo I del decreto contiene le norme di carattere generale da applicare a tutti gli impianti che producono emissioni in atmosfera. Il Titolo II ha per oggetto una specifica categoria di impianti, gli impianti termici civili aventi una potenza termica nominale inferiore a determinate soglie. Il Titolo III disciplina le caratteristiche merceologiche dei combustibili che è possibile utilizzare negli impianti disciplinati dai suddetti Titoli.

Il d.lgs 152/2006 abroga una serie di norme compreso il D.P.R. 203/88 in quanto ricomprese ed integrate con il nuovo decreto.

Nel suddetto decreto è previsto, per gli impianti disciplinati, che le Regioni possono, ai sensi del d.lgs. 351/99, per il raggiungimento degli obiettivi di qualità dell'aria, individuare nei piani di risanamento limiti di emissione più restrittivi di quelli previsti dalla norma, prescrizioni tecnologiche che incidono sulle emissioni o sui rendimenti, nonché stabilire i combustibili utilizzabili.

**D. lgs. n. 59 del 18 febbraio 2005** "Attuazione integrale della direttiva 96/61/CE relativa alla prevenzione e riduzione integrate dell'inquinamento". Con tale decreto, viene completata la disciplina generale dell'autorizzazione integrata ambientale (AIA), tesa a prevenire l'inquinamento causato da attività industriali nei settori energetici; chimico (organico ed inorganico di base); di produzione e trasformazione dei metalli; dei prodotti minerali; di gestione dei rifiuti; di carta, legno e concia di pelli.

Le principali innovazioni introdotte dal provvedimento riguardano un approccio integrato della valutazione degli effetti sull'ambiente delle attività. Le preesistenti autorizzazioni ambientali all'esercizio sono sostituite da un'unica autorizzazione integrata ambientale, rilasciata da un'unica autorità, il Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio.

Ai gestori degli impianti non è richiesto soltanto di rispettare i limiti di emissione ma anche e soprattutto di adottare le migliori tecniche disponibili, ovvero le tecniche impiantistiche, gestionali di controllo, tecnicamente ed economicamente fattibili, che garantiscono la migliore prestazione ambientale. E' previsto infine un rinnovo periodico ed eventualmente un riesame di ufficio volto a garantire il progressivo aggiornamento degli impianti alle migliori tecniche disponibili.

**D.lgs. n. 372 del 4 agosto 1999** (abrogato dal decreto legislativo sopra citato) "attuazione della direttiva 96/61/Ce (direttiva IPPC) sulla prevenzione e riduzione integrate dell'inquinamento". Tale norma riguarda una serie di grandi impianti produttivi di diverse tipologie e dimensioni previste nell'allegato del suddetto decreto già esistenti.

**Legge n. 615 del 31 luglio 1966**, recante provvedimenti contro l'inquinamento atmosferico, limitatamente al settore degli impianti termici.

**DPR 24 Maggio 1988 n. 203** "Attuazione delle direttive CEE numeri 80/779, 82/884, 84/360 e 85/203 concernenti norme in materia di qualità dell'aria, relativamente a specifici agenti inquinanti, e di inquinamento prodotto da grandi impianti industriali".

**D.M. 8 maggio 1989**, recante limitazione delle emissioni nell'atmosfera di taluni inquinanti originati dai grandi impianti.

**D.M. 12 luglio 1990** "Linee guida per il contenimento delle emissioni inquinanti degli impianti industriali e la fissazione dei valori minimi di emissione".

**D.P.R. 25 luglio 1991** "Modifiche dell'atto di indirizzo e coordinamento in materia di emissioni poco significative e di attività a ridotto inquinamento atmosferico".

**Decreto del Ministero dell'Ambiente del 21 dicembre 1995**, recante la "Disciplina dei metodi di controllo delle emissioni in atmosfera degli impianti industriali".

**Decreto Ministero dell'Ambiente 19 novembre 1997, n. 503**, recante "Norme per l'attuazione delle direttive 89/369/CEE e 89/429/CEE concernenti la prevenzione dell'inquinamento atmosferico provocato dall'incenerimento dei rifiuti urbani e la disciplina delle emissioni e delle condizioni di combustione degli impianti di incenerimento di rifiuti urbani, di rifiuti speciali non pericolosi, nonché di taluni rifiuti sanitari".

**DPCM 8 marzo 2002** "Disciplina delle caratteristiche merceologiche dei combustibili aventi rilevanza ai fini dell'inquinamento atmosferico, nonché delle caratteristiche tecnologiche degli impianti di combustione". Successivamente modificato con DPCM 8 ottobre 2004.

Il presente decreto stabilisce le caratteristiche merceologiche dei combustibili aventi rilevanza ai fini dell'inquinamento atmosferico nonché le caratteristiche tecnologiche degli impianti di combustione finalizzate al miglioramento della combustione e alla riduzione delle emissioni inquinanti.

Per gli impianti di combustione per uso industriale con potenza termica non superiore a 3 MW (art. 4) vengono vietati, fatti salvi i luoghi stessi di produzione, i seguenti combustibili solidi: carbone da vapore; coke metallurgico e da gas; antracite e prodotti antracitosi; gas da alto forno, di acciaieria e di cokeria; bitume da petrolio; coke da petrolio. Per gli impianti suddetti, limitatamente a quelli autorizzati dopo il 24 marzo 1996 sono vietati combustibili liquidi e loro emulsioni con contenuto di zolfo superiore allo 0,3% in massa.

Le Regioni nell'ambito dei piani e programmi previsti dagli artt. 8 e 9 del d.lgs. 351/99 possono estendere il divieto dei combustibili liquidi sopra citati anche agli impianti industriali autorizzati antecedentemente alla data suddetta con potenza termica non superiore a 3 MW.

**Decreto Ministero dell'Ambiente 25 febbraio 2000, n. 124**, "Regolamento recante i valori limite di emissione e le norme tecniche riguardanti le caratteristiche e le condizioni di esercizio degli impianti di incenerimento o di coincenerimento dei rifiuti pericolosi, in attuazione della direttiva 94/67/CE del Consiglio del 16 dicembre 1994 e ai sensi dell'art. 3, comma 2, del D.P.R. n. 203/88 e dell'art. 18, comma 2, lettera a), del d.lgs. n. 22 del 5 febbraio 1997".

**Decreto del Ministero dell'Ambiente del 16 gennaio 2004, n. 44** attuazione della direttiva 99/13/CE, relativa alla limitazione delle emissioni di composti organici volatili di talune attività, e dell'art. 3, comma 2, del D.P.R. n. 203/88.

Detto decreto disciplina i valori limite di emissione, i criteri temporali di adeguamento e i metodi di analisi e di valutazione delle emissioni per le attività individuate all'allegato I del decreto.

Tale decreto è stato abrogato e ricompreso nel d.lgs. 152/2006, Parte V.

### *5.3.9 Norme per il contenimento dei gas serra*

**Decisione 2002/358/CE del Consiglio, del 25 aprile 2002**, con la quale la Comunità europea ha approvato il Protocollo adottato il 10 dicembre 1997 a Kyoto nell'ambito della Convenzione quadro delle Nazioni Unite sui cambiamenti climatici e ha previsto l'esecuzione congiunta degli impegni che ne derivano.

**Protocollo di Torino**, sottoscritto dalla Conferenza dei Presidenti delle Regioni e delle Province autonome il 5 giugno 2001.

Tale atto rappresenta il primo documento d'intesa per il coordinamento delle politiche regionali finalizzate alla riduzione delle emissioni dei gas-serra nell'atmosfera.

**Legge 1° giugno 2002, n. 120**. L'Italia ha ratificato il Protocollo di Kyoto della Convenzione quadro delle Nazioni Unite sui cambiamenti climatici.

**Delibera CIPE del 19 dicembre 2002**, con la quale sono state impostate a livello nazionale le linee guida per le politiche e le misure nazionali di riduzione delle emissioni dei gas serra.

**Direttiva 2001/77/Ce**, Promozione dell'energia elettrica prodotta da fonti energetiche rinnovabili;

Il 23 febbraio 2005 il **Protocollo di Kyoto** è entrato ufficialmente in vigore in seguito alla ratifica del Protocollo stesso da parte della Russia;

**D.C.R. n. 45 del 14 febbraio 2001**: concernente l'approvazione del "Piano Energetico Regionale";

**D.G.R. n. 724 del 24 ottobre 2006**: che prevede "l'elaborazione di un documento atto ad integrare e completare il Piano Energetico Regionale".

## 6. Analisi delle tendenze - scenari

La stima della evoluzione tendenziale delle concentrazioni di inquinanti in atmosfera è stata effettuata considerando lo scenario 2005 come scenario di riferimento ("Scenario 0") e prendendo in esame due periodi di studio: uno invernale ed uno estivo relativi rispettivamente ai mesi di gennaio e giugno 2005. Ciò consente di stimare l'effetto dei diversi scenari in condizioni meteo-diffusive rappresentative dei diversi periodi dell'anno:

- prevalenza di condizioni di stagnazione nei bassi strati dell'atmosfera e presenza delle sorgenti emissive da riscaldamento (stagione fredda);
- notevole rimescolamento verticale ed una più intensa attività fotochimica (stagione calda) e quindi di ricondurre ad una stima annuale i valori degli indici.

Si è proceduto alla ricostruzione di un possibile quadro emissivo al 2010 basandosi su:

- lo strumento RAINS-Italy, che consente l'elaborazione di uno scenario sulla base della legislazione esistente (scenario CLE - Current Legislation);
- le emissioni attese rispetto alle variazioni autorizzate per le centrali energetiche;
- il quadro emissivo del traffico di Roma elaborato dall'ATAC.

La simulazione delle concentrazioni al 2010, effettuata per ognuno degli inquinanti previsti dal d.lgs 351/99, ha evidenziato il permanere di situazioni di criticità e superamenti dei valori limite per i due inquinanti PM10 e biossidi di azoto. Si sono quindi individuati interventi mirati a ulteriori riduzioni delle emissioni calcolandone l'effetto tramite il modello di simulazione.

|   |  |
|---|--|
| <i>Scenario 2005<br/>(Scen. 0)</i>          | <i>situazione al 2005- scenario base</i>   |
| Scenario 2010<br>(Scen. 1)                  | situazione al 2010 scenario CLE + azioni previste nel modello ATAC del traffico + Sorgenti autorizzate |
| Scenario Trasporti<br>(Scen. 2)             | Scenario 1 + Limitazioni Mobilità Privata e Trasporto Merci  |
| Scenario Industria<br>(Scen. 3)             | Scenario 1 + Limitazioni emissioni Industriali, Risparmio energetico, Riscaldamento Pubblico e Privato |
| Scenario Trasporti + Industria<br>(Scen. 4) | Scenario 1 + Scenario 2 + Scenario 3   |
| Scenario 5<br>(Scen. 5)                     | Targhe alterne, riduzione del 20% del combustibile per il riscaldamento                                |
| Scenario studio 1<br>(Scen. A)              | Scenario "Asintotico", massima riduzione possibile relativamente alle emissioni da traffico            |



## 6.1 Scenario 2010

### 6.1.1 Emissioni diffuse, puntuali ed autostradali

Le emissioni (puntuali, diffuse, ed autostradali) utilizzate come input allo scenario 2010, sono state calcolate avvalendosi dello strumento RAINS-Italy; per l'elaborazione di uno scenario emissivo di riferimento, nazionale e regionale, che tenga conto della legislazione esistente (definito scenario CLE – Current LEgislation – o scenario tendenziale) è necessario che vengano quantificati:

- uno “scenario energetico” per stimare le emissioni provenienti dalle sorgenti energetiche (lo scenario energetico è un insieme di dati esogeno al modello);
- di uno “scenario delle attività produttive”, industriali e no, per stimare le emissioni non provenienti da processi di combustione;
- di una “strategia di controllo”, espressa in termini di percentuale di applicazione di una tecnologia per un dato settore e per un dato combustibile, definita in funzione delle tecnologie che sono già state implementate o che si prevede saranno implementate sulla base della legislazione nazionale e comunitaria vigente.

A partire dal set di input così definito, il modello RAINS-Italy è in grado di calcolare scenari di emissione di SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, PM<sub>10</sub> e PM<sub>2.5</sub>, NH<sub>3</sub> e NMVOC, curve dei costi, nonché di stimare deposizioni e concentrazioni, e valutare l'impatto sull'ambiente e sulla salute (per quanto riguarda il monossido di carbonio l'andamento è stato assunto analogo a quello calcolato per i composti organici volatili).

La definizione della strategia di controllo Current Legislation (CLE) da origine allo scenario emissivo tendenziale regionale. La definizione di tale strategia necessita della conoscenza dell'insieme di tecnologie di abbattimento, che sono state attuate o che si prevede saranno attuate sulla base delle direttive comunitarie, e delle loro percentuali di diffusione. Per la definizione della strategia di controllo nazionale, si sono considerate le direttive relative ai grandi impianti di combustione, ai limiti relativi alle emissioni dai veicoli stradali e non stradali, la direttiva IPPC e la direttiva solventi.

Di seguito sono riportati i trend emissivi dei diversi inquinanti così come sono stimati dal modello RAINS e relativi ad uno scenario di Current Legislation.

#### Biossido di zolfo

Per quanto riguarda il biossido di zolfo tra il 2005 ed il 2010 si verifica una diminuzione pari al 15% delle emissioni totali.

Tale decremento è il risultato delle variazioni (per la maggior parte negative) dei singoli settori, in particolar modo della parte relativa la produzione elettrica a seguito di migliorie tecnologiche applicate agli impianti. Considerando in modo percentuale le variazioni emissive, i settori maggiormente interessati sono senza dubbio quelli legati ai trasporti, che quasi dimezzano i loro valori, seguiti dal settore civile (-44%) e da quello delle raffinerie (-22%).

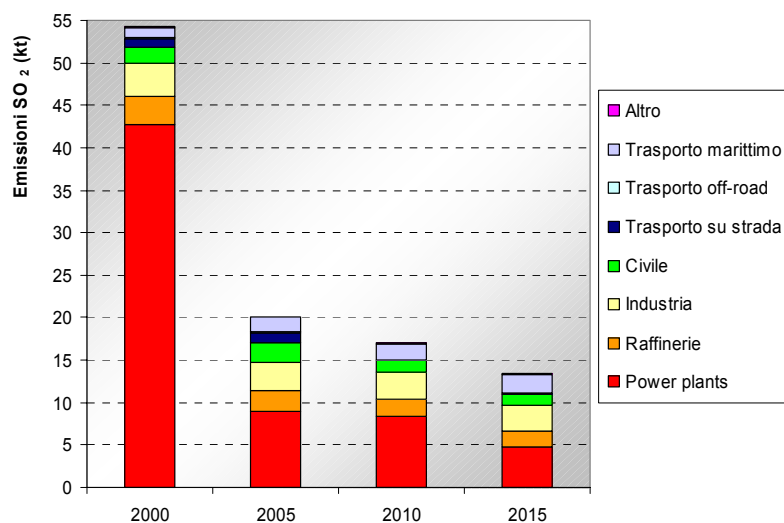


Figura 6.1 – Emissioni SO<sub>2</sub> - scenario CLE - LAZIO.

### Ossidi di azoto

Nel passaggio dal 2005 al 2010 le emissioni di ossidi di azoto rimangono pressoché invariate e sono di segno differente a seconda del settore considerato.

Il settore in cui si prevede il più elevato incremento, nel periodo 2005-2010, è quello della produzione di energia, con un aumento delle emissioni pari al 43%, proprio in virtù della maggiore richiesta di energia da parte di privati ed industrie.

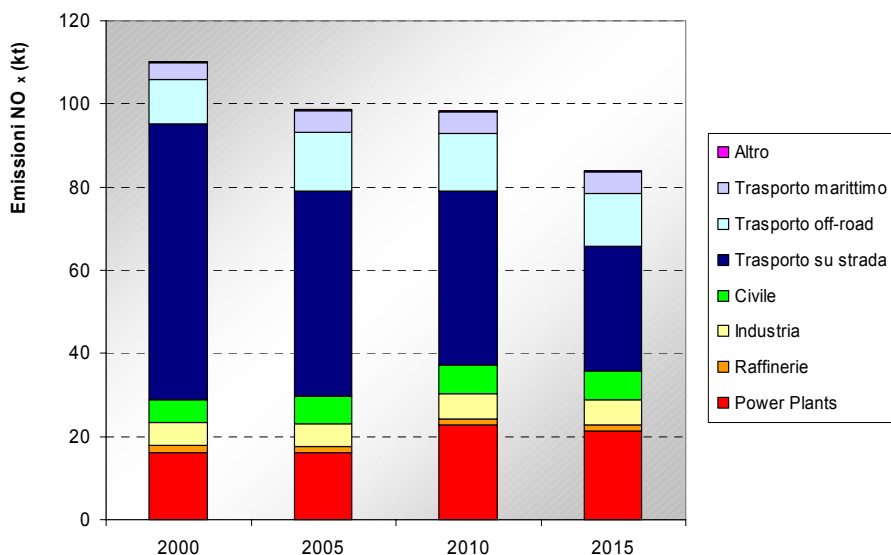


Figura 6.2 – Emissioni NO<sub>x</sub> - scenario CLE - LAZIO.

### Particolato

Anche nel caso del particolato si stima che il settore relativo agli impianti di produzione di energia presenti un aumento al 2010 pari al 18%; la diminuzione totale delle emissioni è però pari al 7% a causa soprattutto del settore civile (-12%) che nel 2005 rappresenta il 36% delle emissioni totali, e del trasporto su strada (-15%) che all'anno "base" contribuisce per il 26%.

Altri aumenti si registrano per il settore industriale (+10%) ed il trasporto marino (+6%)

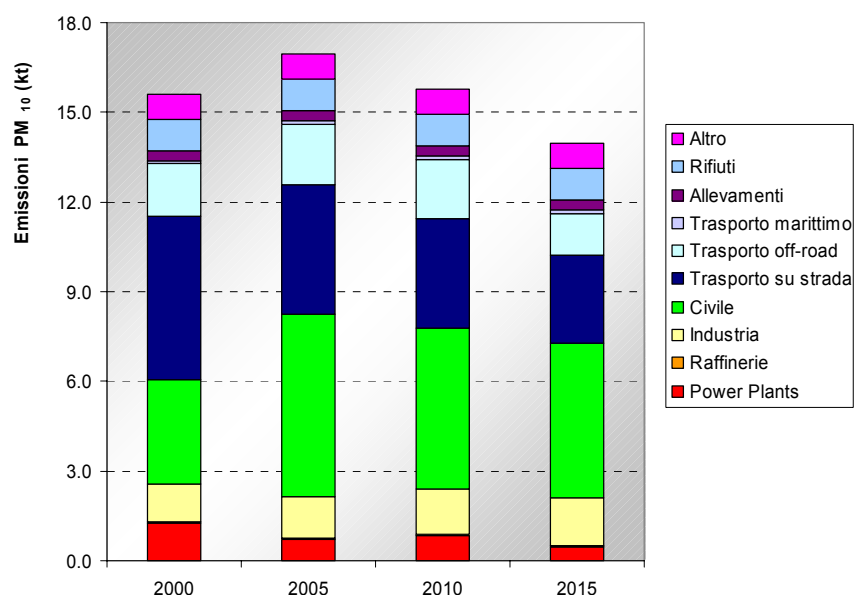


Figura 6.3 – Emissioni PM10 - scenario CLE - LAZIO.

### Composti organici volatili

Le emissioni dei composti organici volatili presentano una riduzione totale del 25%; il settore che maggiormente contribuisce a tale stima è certamente quello legato ai trasporti, ed in particolare ai motocicli (2 e 4 tempi), che nel complesso rappresentano circa un terzo delle emissioni di COV e che diminuiscono del 58%, ed alle emissioni evaporative che diminuiscono del 2005.

Seppur di poco aumentano invece le emissioni di COV dalle raffinerie, da altre sorgenti industriali (diverse dall'uso dei solventi) e dal trasporto off-road.

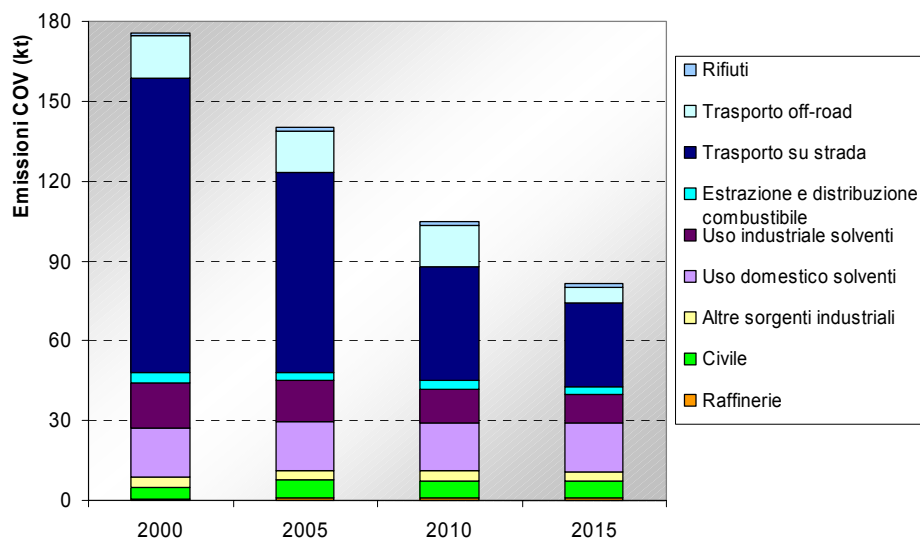


Figura 6.4 – Emissioni COV - scenario CLE - LAZIO.

### Ammoniaca

Nel periodo 2005-2010 la riduzione delle emissioni totali dell'ammoniaca viene stimata intorno al 4%, a seguito di una riduzione di entità molto variabile dei singoli settori considerati.

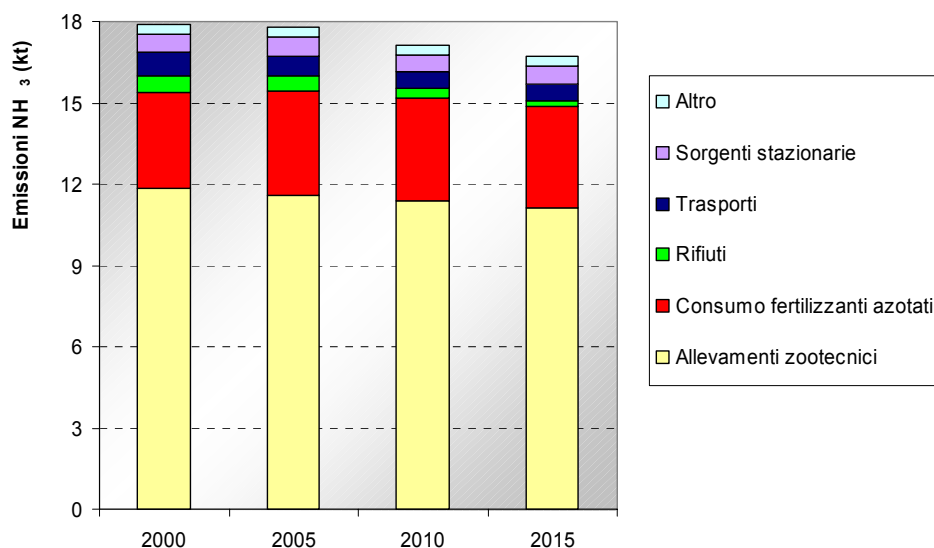


Figura 6.5 – Emissioni NH<sub>3</sub> - scenario CLE - LAZIO.

### Monossido di carbonio

Il modello RAINS-Italy può dunque elaborare scenari di emissione per SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, PM<sub>10</sub> e PM<sub>2.5</sub>, NH<sub>3</sub>, e NMVOC: manca la possibilità di trattare le emissioni di CO. Per ovviare a questo inconveniente, le proiezioni per il CO sono state ricavate su base settoriale, mutuando per gli anni futuri i trend degli inquinanti che risultavano più simili su base storica.

Sono state dunque considerate le serie storiche, relative all'arco temporale 1990-2004, delle emissioni nazionali. A partire da esse, per ogni codice SNAP (con dettaglio settoriale) si sono calcolati e confrontati tra loro i trend quinquennali di ogni inquinante.

### Trend emissivi

Per ogni attività ed elemento territoriale, le emissioni presenti nell'inventario sono quindi state proiettate al 2010 sulla base dei rapporti tra le emissioni stimate da RAINS-Italy per l'anno di riferimento e l'anno 2010. Poiché il sistema di classificazione del modello RAINS e quello dell'EMEP-CORINAR che classifica le attività secondo la SNAP (Selected Nomenclature for Air Pollution) non sono strutturati nello stesso modo, è stato necessario individuare una corrispondenza tra i due insiemi, al fine di definire una relazione il più accurata possibile utile alla stima dell'evoluzione dei diversi comparti emissivi. Al termine di questa operazione si è dunque ottenuto uno scenario emissivo articolato sulle medesime sorgenti dell'inventario di riferimento ('puntuali', 'lineari' ed 'areali'), ma rappresentativo della situazione attesa al 2010.

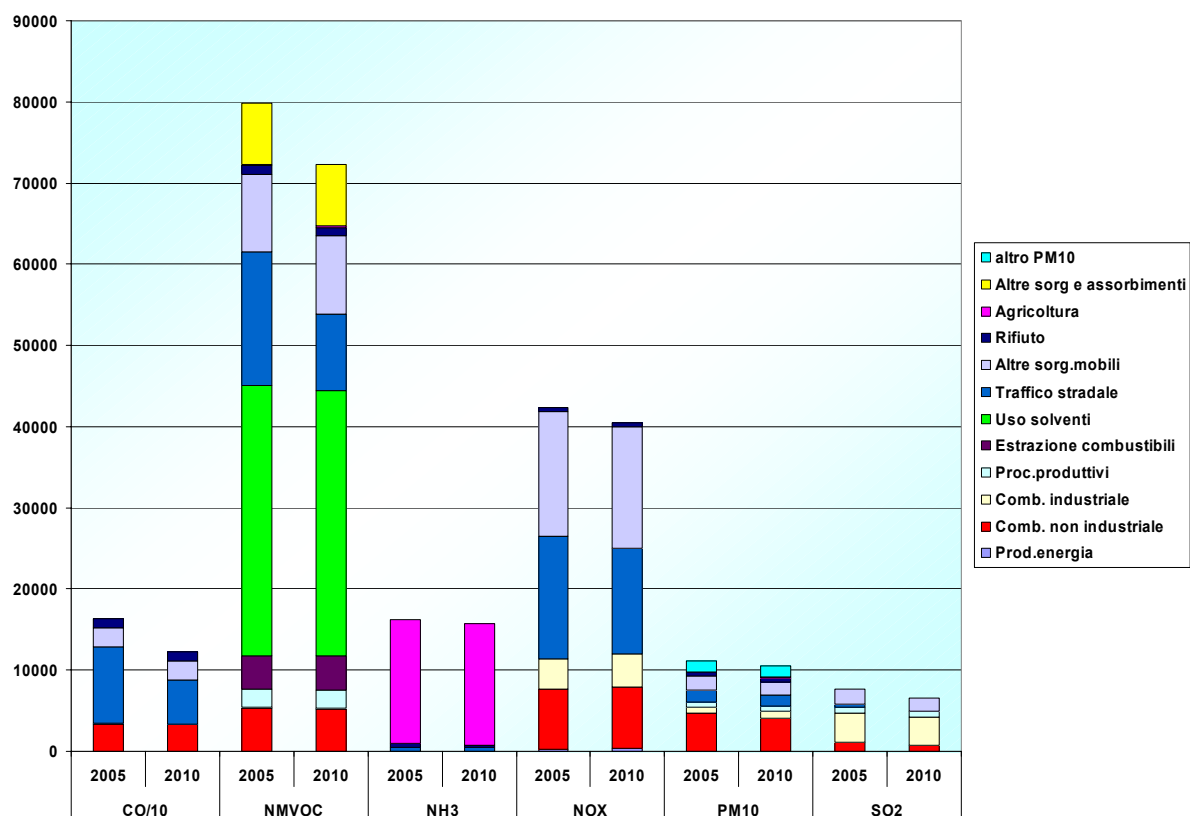


Figura 6.6 – Trend delle emissioni regionali diffuse (t/anno) dal 2005 al 2010.

In Figura 6.6 sono riportati i trend emissivi nel periodo 2005 – 2010, in cui a livello globale si osservano diminuzioni più o meno marcate per tutti gli inquinanti.

I composti organici volatili presentano una riduzione globale pari a 9%, ed in particolare si riducono lievemente le emissioni legate all'uso dei solventi (che rappresentano oltre il 40% del totale) e si dimezzano quasi quelle prodotte dal trasporto stradale.

In base all'approccio utilizzato le emissioni di CO vengono stimate in base agli stessi coefficienti usati per i NMVOC, ma la diminuzione globale è in questo caso pari al 25%; questo è dovuto al fatto che il macrosettore le cui emissioni vengono dimezzate (il traffico stradale) rappresenta oltre il 40% delle emissioni totali di monossido di carbonio, mentre gli unici aumenti registrati (e di entità scarsa) sono relativi ai settori industriali (+2%) ed alle altre sorgenti mobili (+1.5%).

Se per l'ammoniaca la riduzione del 3% delle emissioni totali è da ascrivere esclusivamente al macrosettore 10 (Agricoltura), per quanto riguarda gli ossidi di azoto la riduzione globale del 4% è da imputare ad un numero maggiore di variazioni; infatti, pur registrando un aumento pari al 43% del settore energetico (che però rappresenta solo l'1% del totale), si stimano riduzioni del 15 e del 2%, rispettivamente del traffico stradale e del trasporto off-road, che nell'insieme rappresentano oltre il 70% delle emissioni totali di NOX, ed un aumento del 3% del riscaldamento civile (che contribuisce per il 17% alle emissioni del 2005).

La diminuzione di PM10 stimata per il 2010 in una percentuale pari al 6% , è essenzialmente legata alla riduzione valutata intorno al 14% delle emissioni dalle stufe domestiche (che rappresentano nel 2005 oltre  $\frac{1}{4}$  delle emissioni); inoltre anche il settore relativo al traffico stradale diminuisce del 15%.

### 6.1.2 Emissioni centrali energetiche

L'approccio sin qui spiegato riguarda tutte le emissioni da sorgente diffusa, le emissioni autostradali e la quasi totalità delle puntuali; discorso a parte va fatto per le centrali energetiche di Torrevaldaliga Nord (RM) e di Aprilia (LT). Per la prima nel passaggio dal 2005 al 2010 si registrano alcune modifiche strutturali che portano le emissioni di NO<sub>x</sub> da 5200 t/anno a 4095 t/anno, con una diminuzione quindi del 21%, e di PM10 da 1300 t/anno a 615 t/anno.

Le caratteristiche emissive ed i parametri di impianto sono riportati in Tabella 6.1 per quanto riguarda il caso base, ed in Tabella 6.2 per lo scenario al 2010.

|           | Altezza camino<br>(m) | Diamet<br>(m) | Temp<br>(K) | Velocità<br>(m/s) | NO <sub>x</sub><br>(t/anno) | PM <sub>10</sub><br>(t/anno) | SO <sub>2</sub><br>(t/anno) |
|-----------|-----------------------|---------------|-------------|-------------------|-----------------------------|------------------------------|-----------------------------|
| Caso Base | 250                   | 5.7           | 408         | 14.6              | 2600                        | 650                          | 5200                        |
|           | 250                   | 5.7           | 408         | 14.6              | 2600                        | 650                          | 5200                        |

Tabella 6.1 – Emissioni (t/a) della centrale TVN nel caso base.

|          | Altezza camino<br>(m) | Diamet<br>(m) | Temp<br>(K) | Velocità<br>(m/s) | NO <sub>x</sub><br>(t/anno) | PM <sub>10</sub><br>(t/anno) | SO <sub>2</sub><br>(t/anno) |
|----------|-----------------------|---------------|-------------|-------------------|-----------------------------|------------------------------|-----------------------------|
| Scenario | 250                   | 5.7           | 383         | 16.3              | 1365                        | 205                          | 1365                        |
|          | 250                   | 5.7           | 383         | 16.3              | 1365                        | 205                          | 1365                        |
|          | 250                   | 5.7           | 383         | 16.3              | 1365                        | 205                          | 1365                        |

Tabella 6.2 – Emissioni (t/a) della centrale TVN nello scenario al 2010.

L'impianto di Aprilia rappresenta invece una nuova centrale termoelettrica a ciclo combinato alimentata a gas naturale, di potenza netta totale pari a 750MW, le cui caratteristiche emissive e di impianto sono riportate in Tabella 6.3.

|          | Altezza camino<br>(m) | Diamet<br>(m) | Temp<br>(K) | Velocità<br>(m/s) | NO <sub>x</sub><br>(t/anno) | PM <sub>10</sub><br>(t/anno) | SO <sub>2</sub><br>(t/anno) |
|----------|-----------------------|---------------|-------------|-------------------|-----------------------------|------------------------------|-----------------------------|
| Scenario | 55                    | 6             | 373         | 25                | 332.3                       | 14                           | 686                         |

Tabella 6.3 – Emissioni (t/a) della centrale di Aprilia, scenario al 2010.

### 6.1.3 Emissioni da traffico nell'area urbana di Roma

La stima dell'evoluzione delle emissioni da traffico nel comune di Roma è stata fornita dall'ATAC che ha sviluppato un modello di traffico che, tenendo conto della proposta di sistema di mobilità prevista per il nuovo PRG, offre una disamina delle evoluzioni delle diverse componenti (infrastrutturali, di parco circolante, di domanda...) che determinano le emissioni da traffico.

## Trasporto pubblico

L'ipotesi di scenario proposto al 2011 prevede, per il sistema di trasporto pubblico su ferro e gomma, un aumento della rete dagli attuali 260 chilometri ad oltre 395 chilometri.

L'evoluzione dello scenario infrastrutturale si accompagna ad una rimodulazione in termini di servizi offerti in cui si evidenzia l'evoluzione dei posti offerti per chilometro nell'ora di punta, suddivisi per:

- ferrovie regionali, concesse e linee metropolitane;
- linee su gomma;
- linee tranviarie e corridoi della mobilità.

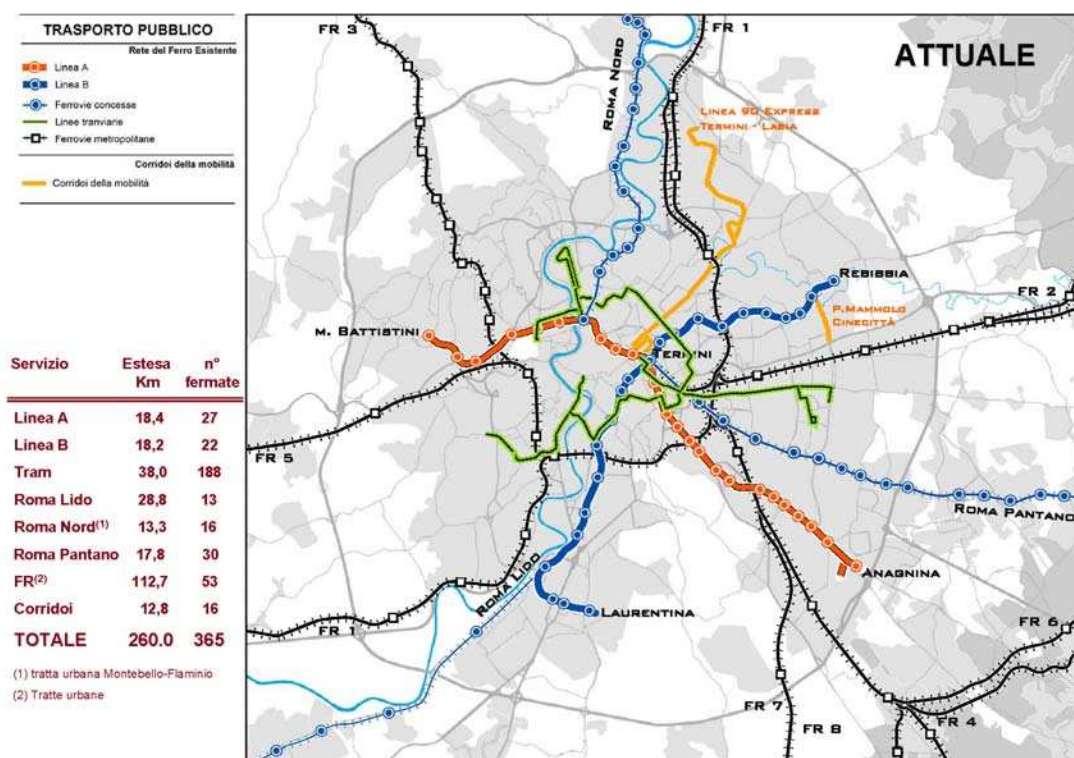


Figura 6.7: Scenario infrastrutturale attuale



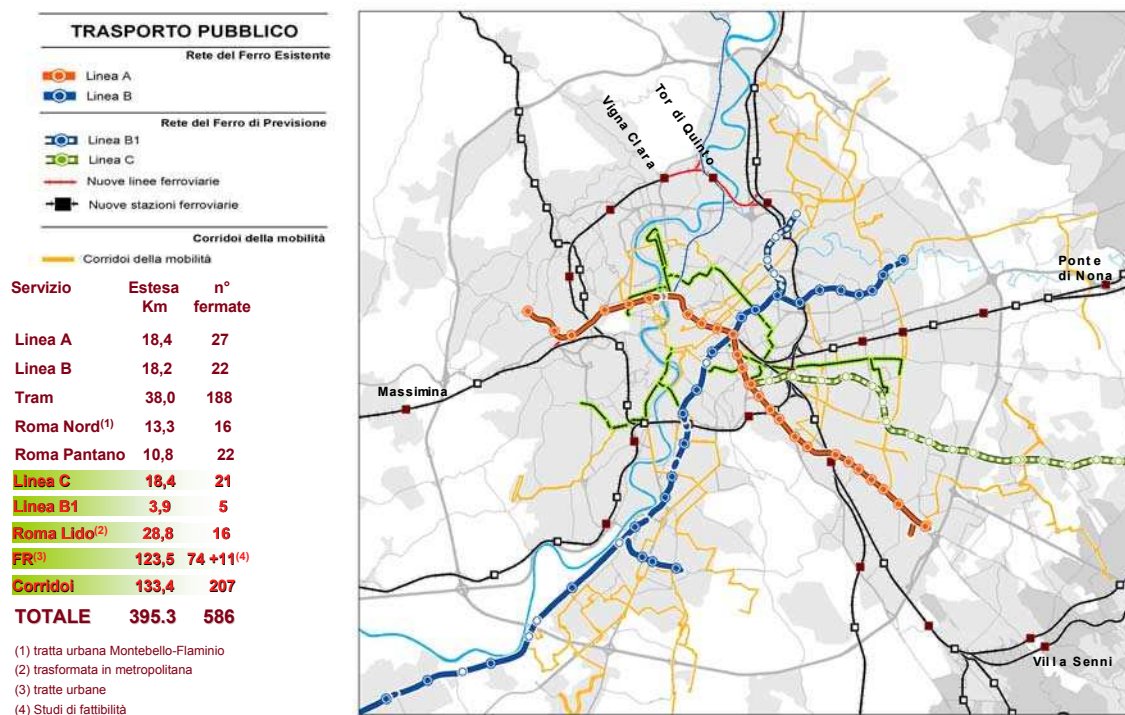


Figura 6.8: Ipotesi di scenario infrastrutturale all'orizzonte 2011

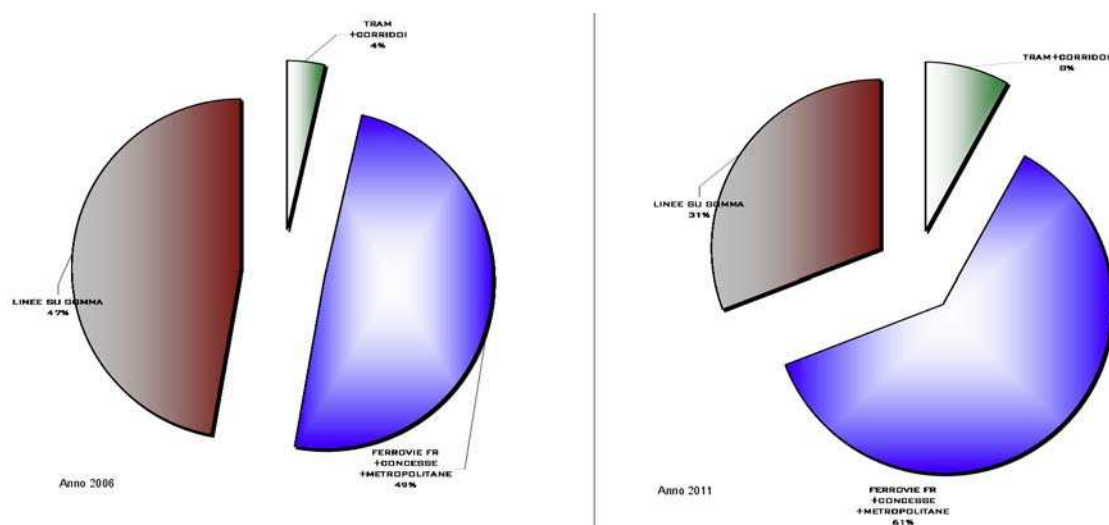


Figura 6.9: Evoluzione dei servizi offerti 2006-2011 nell'ora di punta (posti offerti per chilometro)

|                                |                  |                  |              |
|--------------------------------|------------------|------------------|--------------|
| <b>Totale ferro e corridoi</b> | 3.081.860        | 5.690.150        | 84,6%        |
| <b>Linee su gomma</b>          | 2.770.466        | 2.538.616        | -8,4%        |
| <b>TOTALI</b>                  | <b>5.852.326</b> | <b>8.228.766</b> | <b>40,6%</b> |

Tabella 6.4: Evoluzione dei servizi offerti 2006-2011 nell'ora di punta (posti offerti per chilometro)



L'offerta infrastrutturale si completa con il quadro degli interventi relativi ai corridoi della mobilità ed al potenziamento della rete metropolitana, attraverso il prolungamento della linea B (tratta B1 Bologna-Conca d'Oro) e la realizzazione della tratta fondamentale della Linea C (San Giovanni Pantano).

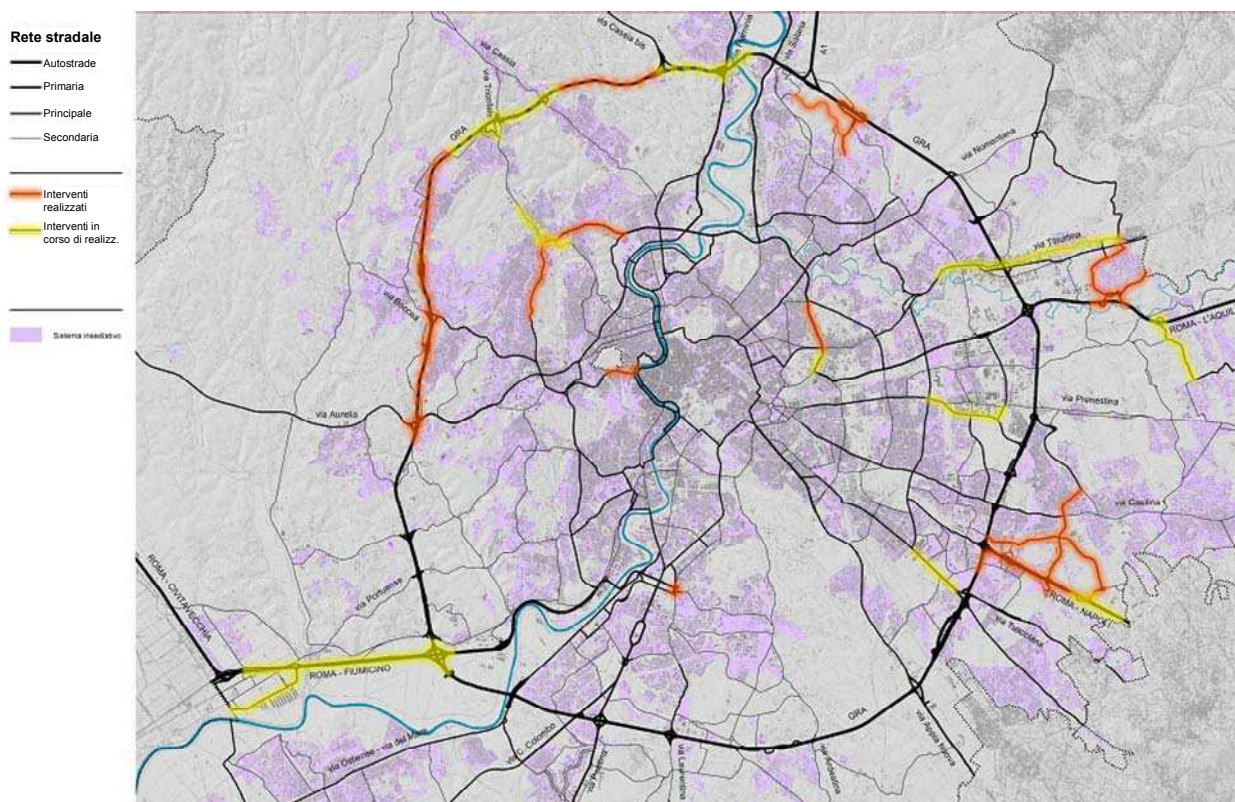
I corridoi della mobilità sono costituiti da corsie riservate esclusivamente al passaggio dei mezzi pubblici e integrati col contesto territoriale e urbano limitrofo.

L'ipotesi di attuazione degli interventi appena descritti determinerà una sovrapposizione in termini di offerta rispetto alla rete di trasporto pubblico di superficie; in relazione alla domanda attuale di trasporto si valuta un esubero di circa 24,8 milioni di vetture-chilometro. Poiché la realizzazione dei corridoi pianificati richiede un impegno di circa 14,1 milioni di vetture-chilometro, la quota di produzione rimanente potrà essere reinvestita a servizio delle nuove centralità. A tutto ciò si affianca l'ipotesi di rinnovo della flotta bus, attraverso il progressivo inserimento di vetture a basso impatto ambientale e di veicoli LEV (Light Emission Vehicle) dedicati all'esercizio sui futuri corridoi della mobilità. La quota di veicoli con parametri emissivi migliori degli Euro 3 (Euro 3 con CRT, CNG, LEV e ZEV) salirà dal 28,8% del 2006 al 60,3% nel 2011. L'età media del parco si stabilizzerà a circa 6 anni.

### Trasporto privato

La figura successiva mostra i principali interventi previsti per lo scenario 2011. Essi riguardano:

- realizzazione della terza corsia del GRA, quadrante nord occidentale, nel tratto compreso tra la via Flaminia e la via Aurelia;
- adeguamento svincolo Flaminia e realizzazione svincolo Trionfale;
- raddoppio di via Tiburtina, nel tratto compreso tra la stazione della metropolitana Rebibbia ed il confine comunale;
- realizzazione della circonvallazione interna nel tratto compreso tra ponte Lanciani e tratto interno Autostrada A24;
- raddoppio di via Trionfale;
- realizzazione di un sistema di complanari dell'autostrada Roma-Fiumicino e viabilità della nuova fiera di Roma;
- realizzazione di un sistema di complanari accanto alla bretella dell'A24 Roma-L'Aquila;
- realizzazione complanari Roma-Napoli;
- realizzazione di Prenestina bis, primo e secondo stralcio funzionale, nel tratto compreso tra il GRA e via Togliatti;
- adeguamento di via Tuscolana nel tratto compreso tra il GRA e via Togliatti;



## Stima della domanda di mobilità

La stima della domanda di mobilità urbana negli scenari trasportistici di analisi è stata effettuata attraverso un sistema di modelli che a partire dalle ipotesi sulle nuove distribuzioni di residenti e addetti e sul nuovo sistema dei trasporti consente di stimare le matrici Origine-Destinazione nell'ora di punta mattutina (7:30-8:30) per modo e motivo dello spostamento.

Ogni spostamento è il risultato di una serie di scelte compiute dall'utente del servizio di trasporto. Le scelte che determinano la domanda di trasporto con le sue caratteristiche sono molteplici: le più frequenti sono “fare o meno uno spostamento per un certo motivo in una certa fascia oraria”, “verso quale destinazione farlo”, “con quale modo”, “seguendo quale percorso”.

Nella fattispecie si è proceduti all'implementazione di un modello di domanda che simula le suddette scelte di viaggio, solitamente indicato nella letteratura del settore come modello ad aliquote parziali strutturato nei successivi passi quali:

- modello di emissione o di generazione;
- modello di distribuzione;
- modello di scelta o ripartizione modale.

La calibrazione è la fase in cui viene verificata la capacità del modello di domanda di riprodurre, e si presume prevedere, l'effettivo comportamento (scelte di viaggio) degli utenti del sistema di trasporto.

Nel caso specifico il modello è stato calibrato sulla base dei dati dell'indagine del 1999 condotta nel comune di Roma.

La calibrazione è stata effettuata in maniera aggregata utilizzando una procedura che mira a minimizzare la differenza tra i dati stimati per via diretta da campione e quelli stimati attraverso il modello.

In merito all'emissione i risultati della calibrazione mostrano una buona corrispondenza tra le stime da modello e quelle da campione. Infatti, sul totale degli spostamenti il modello stima un livello di domanda pari a 563.445 spostamenti nell'ora di punta contro 566.296 stimati per via diretta mediante l'indagine (pari ad uno scarto percentuale dello 0,5%). Anche analizzando gli scarti per zona PGTU, si osservano scostamenti percentuali che al più raggiungono il 6,3%, valori, questi, che rientrano ampiamente nei limiti dell'errore di stima (sia diretta che da modello).

Considerando invece la distribuzione degli spostamenti nell'area di studio e facendo un confronto tra attratti da modello e attratti stimati attraverso l'indagine campionaria, si osservano scostamenti percentuali maggiori rispetto a quelli osservati nei livelli di emissione, che tuttavia non superano il 10% per zona PGTU.

Infine, i risultati della calibrazione aggregata sul modello di ripartizione modale mostrano un ottimo adattamento del modello al campione. Gli scostamenti percentuali sono, infatti, minimi se non addirittura nulli.

Una volta ottenuta la rappresentazione schematica e dettagliata della domanda attuale di mobilità nell'area di studio, si è passati alla stima della domanda di trasporto all'orizzonte temporale di progetto che coincide con quello del NPRG.

Pertanto, a seguito dell'evoluzione socio-demografica e delle modifiche di uso del territorio e del sistema di offerta di trasporto che si prevedono per l'area di studio, si perviene alla nuova domanda di spostamento le cui caratteristiche in termini di livello di mobilità, distribuzione degli spostamenti e ripartizione modale, sono di seguito riportate.

Nello scenario di 2011 il totale degli spostamenti emessi da tutte le zone di traffico nell'ora di punta considerata è pari a 584.780 spostamenti.

Rispetto ai 563.445 spostamenti dello scenario 2006 si registra un incremento del numero di spostamenti emessi pari al 4%, derivante in gran parte dalla crescita della popolazione residente soprattutto nelle aree periferiche.

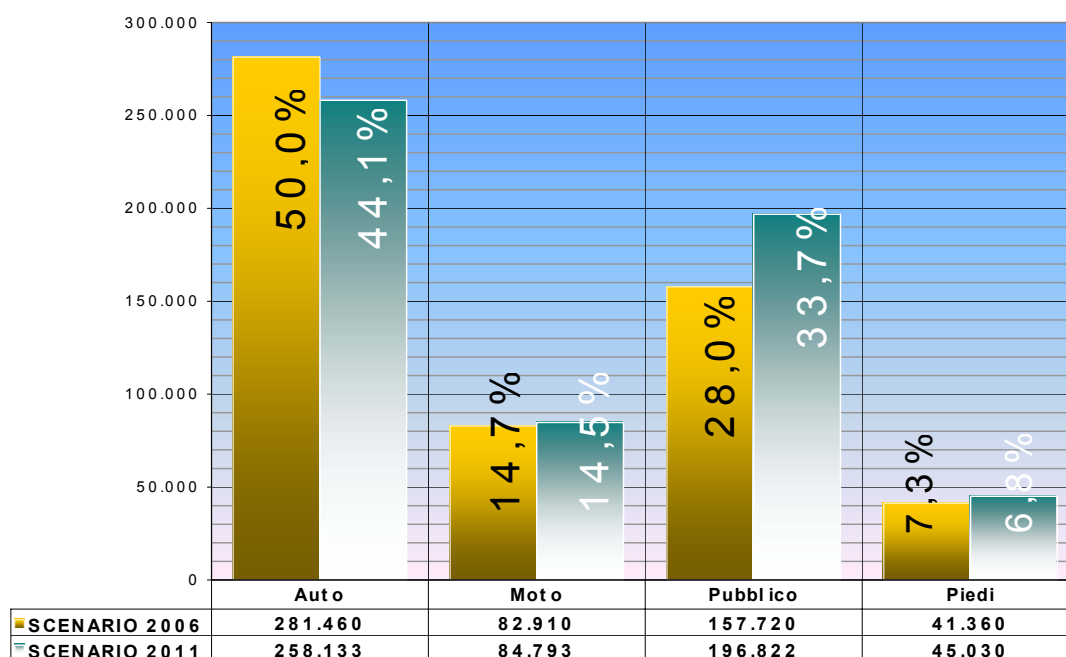


Figura 6.10 Confronto della ripartizione tra lo scenario attuale e scenario 2011



La variazione di livello di domanda è strettamente collegata alle variazioni distributive dei residenti all'interno dell'area di studio. Infatti, il trend di variazione degli spostamenti riflette le tendenze rilocalizzative/insediative dei residenti che nello scenario di 2011 vedrà una crescita di circa 72.000.

Se, da una parte, come si è visto il livello della domanda è legato al numero di residenti, la distribuzione degli spostamenti tra le zone dell'area di studio è legata a due fattori:

- la quantità di attività presenti in ciascuna zona - misurato attraverso il numero di addetti di zona
- l'accessibilità (passiva) di zona - una misura aggregata della capacità della zona di essere raggiunta dai residenti delle altre zone per lo svolgimento di attività socioeconomiche. Ad esempio, l'accessibilità passiva dei servizi (commercio, credito,...) presenti in una zona, rispetto ai residenti dell'area di studio, misura la capacità della zona di essere raggiunta dai residenti delle altre zone per svolgere attività legate ai servizi (acquisti, commissioni, etc) nella zona stessa. L'accessibilità passiva di una generica zona può essere misurata attraverso la sommatoria (opportunamente pesata) del costo generalizzato da tutte le zone dell'area di studio verso la zona considerata

Nelle figure successive sono rappresentate graficamente le stime per la domanda 2011 del territorio comunale di Roma. La stima tiene conto di quanto previsto dal NPRG in termini di nuovi pesi insediativi, e valuta la realizzazione e il riempimento delle nuove costruzioni per il 2011.

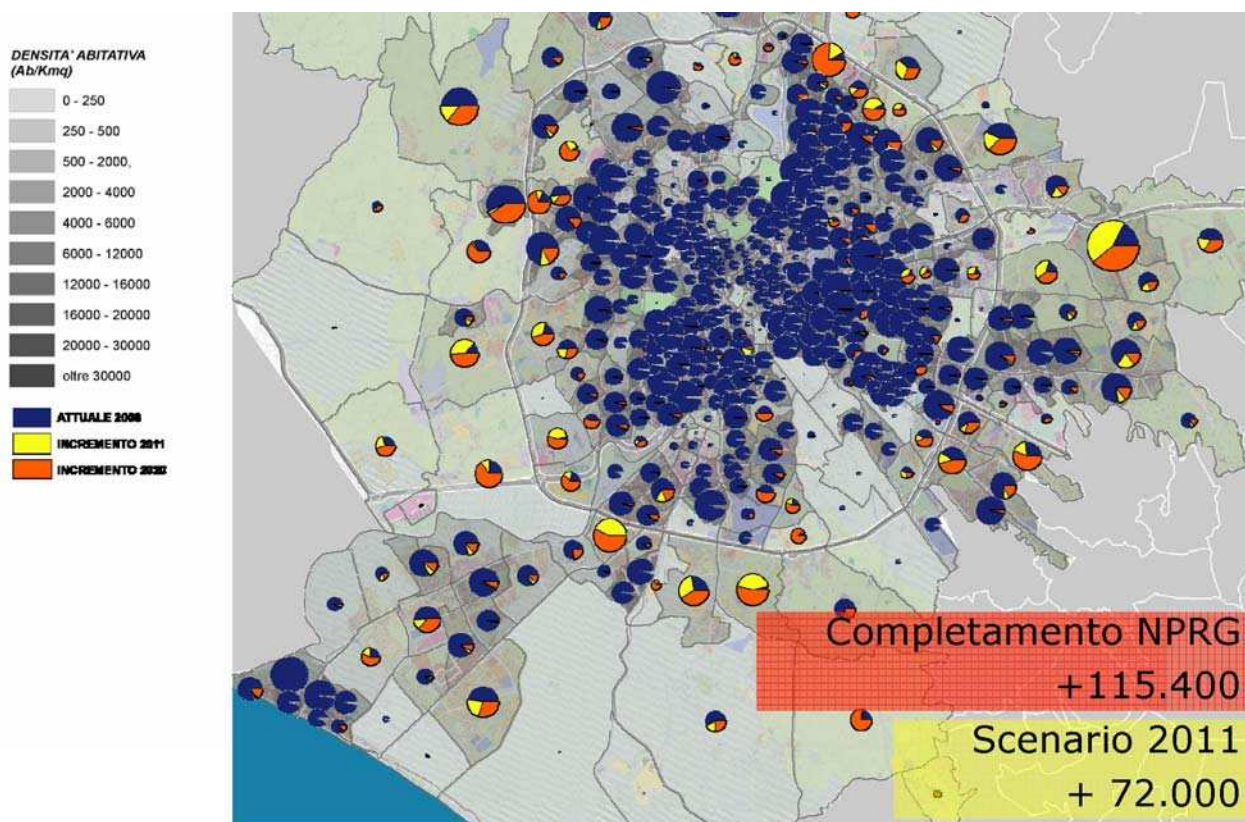


Figura 6.11 Evoluzione domanda di mobilità – Stima dei Residenti

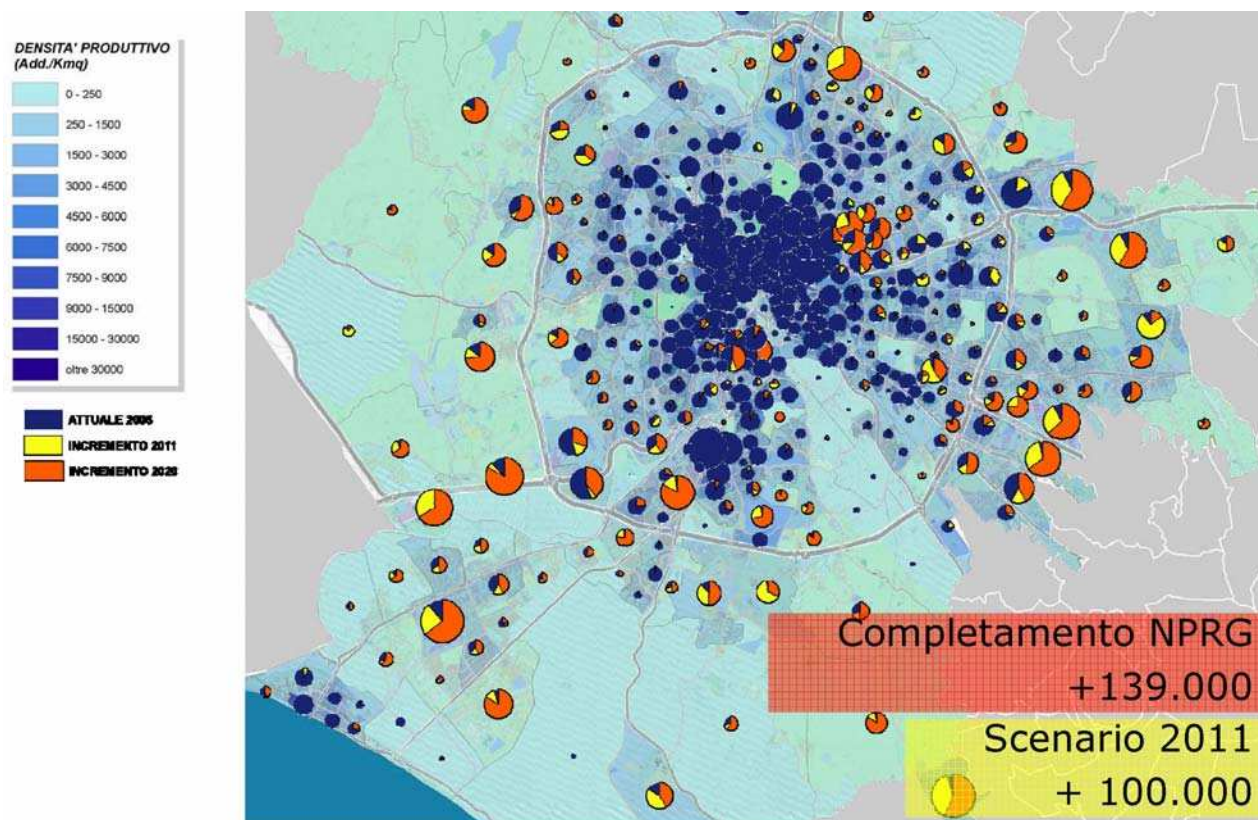


Figura 6.12 Evoluzione domanda di mobilità – Stima degli Addetti

Ai fini della ricostruzione del quadro di riferimento della domanda è stata considerata anche la componente di scambio tra l'area urbana e il suo hinterland, ossia la componente di domanda costituita essenzialmente dalla quota parte di popolazione residente nei comuni della cintura provinciale, che si spostano verso la città e con una certa sistematicità per motivi di lavoro e studio.

Per la ricostruzione delle componenti di ingresso/uscita dalla città ci si è basati sulle sole stime di sviluppo demografico per la definizione della variabile (la popolazione) che spiega le generazioni di spostamenti, e sulle previsioni di sviluppo urbanistico (configurazione attesa del sistema produttivo) per il territorio della città/comuni della provincia per la definizione delle variabili connesse all'attrazione degli spostamenti.

Per il calcolo degli spostamenti prodotti, in previsione, dai comuni dell'hinterland (con attenzione ai soli spostamenti da/per Roma) si è dovuto far riferimento a statistiche economiche-demografiche (consistenza della popolazione/addetti ecc), non disponendo dei dati di sviluppo urbanistico dei singoli comuni della cintura.

L'applicazione del modello di generazione ha portato alla stima di un numero totale di spostamenti di previsione generati pari a circa 112mila movimenti nell'ora di punta del mattino, ossia circa il 15% di quelli generati nella stessa ora all'interno del comune di Roma.

### Flussi di traffico

Al fine di determinare l'entità delle emissioni inquinanti correlate all'uso della rete stradale sia nello scenario di attuale che nello scenario futuro è stata utilizzata la metodologia COPERT II messa a punto nell'ambito del progetto CORINAIR.

Per applicare la metodologia COPERT si sono utilizzate le simulazioni di traffico del giorno medio (martedì, mercoledì, giovedì) per lo scenario attuale e per lo scenario d'orizzonte temporale 2011. Per calcolare le emissioni di inquinanti nell'intera giornata e espandere il valore alla settimana e all'anno è stato necessario suddividere le 24 ore giornaliere in 5 sottoperiodi, in quanto le condizioni di deflusso del traffico veicolare non sono omogenee durante l'intera giornata.

Nella figura 6.13 è riportato il grafico dell'andamento orario degli spostamenti per ogni fascia del giorno.

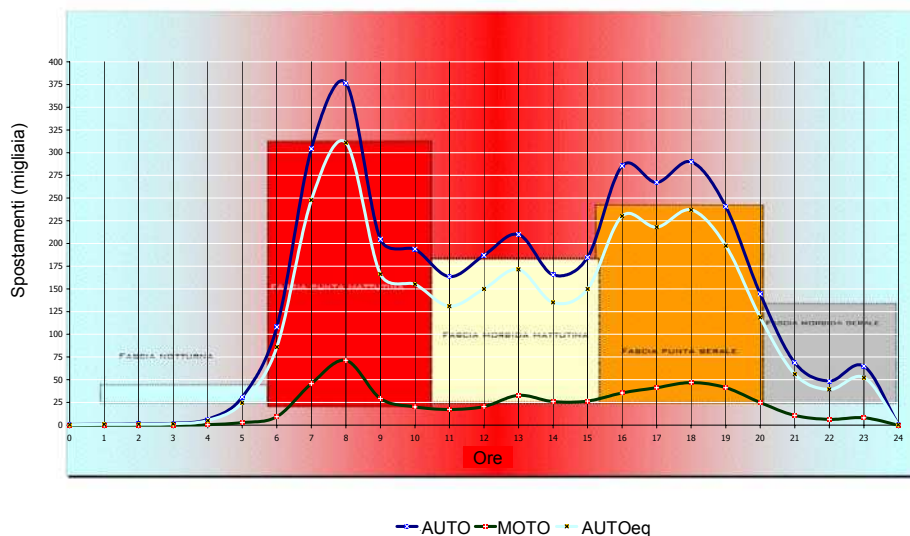


Figura 6.13 Profilo grafico degli spostamenti giornalieri (auto, moto e auto equivalenti)

In relazione all'orizzonte temporale di simulazione (2011), la stima della domanda di spostamento nell'ora di punta mattutina (8:00-9:00) è stata effettuata attraverso l'utilizzo dei modelli di domanda, mentre la stima della domanda per i sottoperiodi diversi dall'ora di punta mattutina è stata calcolata applicando la stessa distribuzione di domanda dello stato attuale.

### Parco circolante

Per la stima delle emissioni da traffico nello scenario futuro, è necessario formulare alcune ipotesi sul cambiamento delle caratteristiche del parco veicolare circolante nell'area di studio.

Il fenomeno principale da considerare è il rinnovo fisiologico dei mezzi, con la dismissione dei veicoli vecchi e l'acquisto di nuovi; secondariamente, vanno tenute in conto modifiche nella distribuzione del totale circolante fra macrocategorie (autovetture, motocicli, veicoli commerciali leggeri e pesanti), alimentazioni (benzina, gasolio, GPL, metano), cilindrata, portate (per i veicoli commerciali), tecnologie motoristiche (2 tempi e 4 tempi per i motocicli).

In particolare, è in atto da alcuni anni un aumento della frazione di autovetture alimentate a gasolio sul totale, a scapito della frazione alimentata a benzina. I motivi sono: il minore costo del carburante, differenza che però negli ultimi anni si sta riducendo; il miglioramento delle prestazioni dei veicoli, in termini di velocità e ripresa; la maggiore resistenza all'usura del motore a gasolio.



Il grafico successivo, in figura 6.14, visualizza chiaramente questa tendenza. In ascissa, sono riportate le età delle autovetture immatricolate in circolazione, a partire dal 2005, a cui corrisponde l'età 0; in ordinata è riportato il relativo numero. E' evidente come da una decina di anni le immatricolazioni di veicoli a gasolio siano in costante aumento, laddove a partire dal 1997 sono in calo (a parte alcuni anni di eccezione) le immatricolazioni di veicoli a benzina: il punto di pareggio si è raggiunto nel 2003, dopodiché le immatricolazioni di veicoli a gasolio sono diventate più numerose.

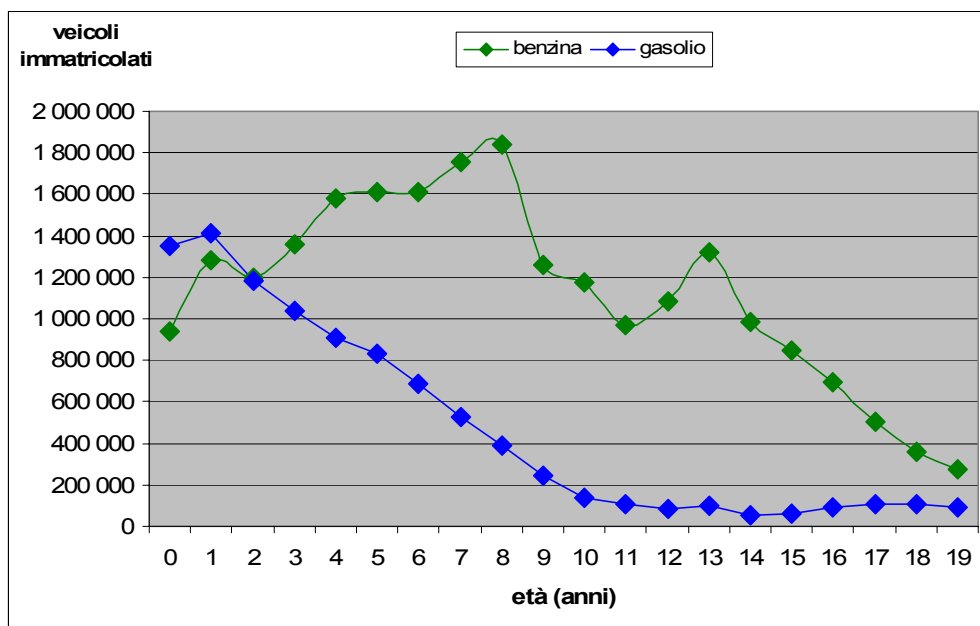


Figura 6.14 – Numero di autovetture immatricolate in base all'età, ossia all'anno di immatricolazione; la curva, di fonte ACI, è aggiornata al 31/12/2005.

La proiezione del parco circolante al 2010 si è basata sulle curve di età appena mostrate, utilizzate anche per motocicli, veicoli commerciali leggeri e pesanti in quanto sono le uniche disponibili.

E' stato ipotizzato di estendere le curve al 2010, attraverso una regressione lineare dei valori dal 1997 al 2004. La scelta degli anni estremi dell'intervallo di regressione ha motivi diversi. Il 1997 è stato scelto perché anno di inizio del calo di immatricolazioni dei veicoli a benzina, che è la tendenza prevalente degli ultimi anni (fino al 2003). Il 2004 è stato scelto al posto del 2005, che è il valore disponibile più recente, perché presenta un dato consolidato, laddove storicamente il dato dell'anno più recente viene pubblicato dall'ACI in base a stime provvisorie, che vengono riviste al rialzo nella pubblicazione nell'anno successivo.

Il risultato è visibile nella figura 6.15. In pratica, si è ipotizzato di mantenere inalterato nel periodo 2005-2010 il trend di crescita dei veicoli a gasolio e di diminuzione dei veicoli a benzina in atto dal 1997 al 2004.

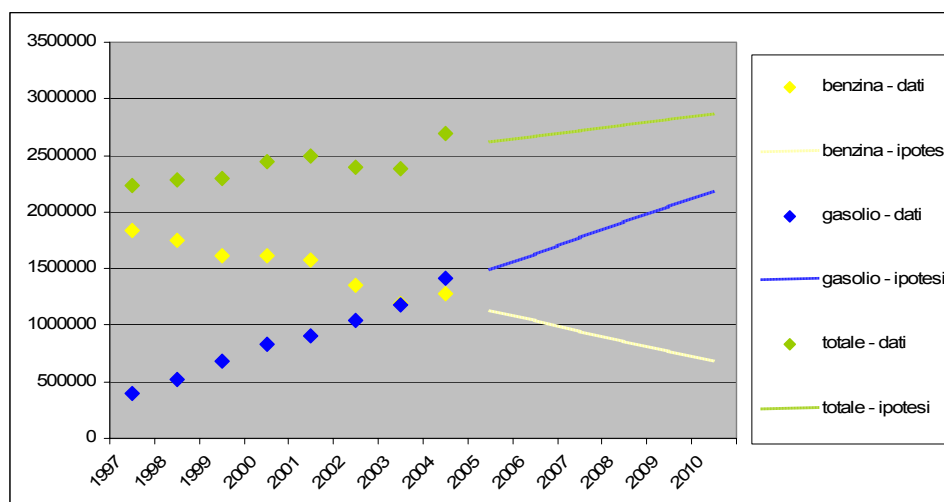


Figura 6.15 : proiezione della curva di età di autovetture a benzina e gasolio al 2010. I punti rappresentano dati reali, mentre le linee sono il risultato della regressione lineare sui dati reali

L'ipotesi è piuttosto forte, perché fa proseguire per altri 6 anni una tendenza (la crescita dei veicoli a gasolio) tipica di un mercato "giovane", ossia caratterizzato da novità sostanziali, in particolare la tecnologia common-rail nel motore diesel; d'altra parte, la tendenza dura da parecchi anni, quindi può essere ragionevole ipotizzare che si modificherà smorzandosi. Va però evidenziato che i dati ACI sulle immatricolazioni mensili, pubblicati in tempo reale e disponibili quindi fino alla metà del 2007, mostrano che la crescita dei veicoli a gasolio è continuata anche tra il 2005 e il momento attuale, a conferma di quanto ipotizzato nel presente studio. Inoltre, la previsione dell'evoluzione del mercato dell'auto è da basare su numerosi fattori socio-economici (crescita del PIL, dotazione di infrastrutture stradali, commercializzazione di nuove tecnologie, etc.), risultando quindi complicata e sottoposta a incertezze strutturali; per questo, si è scelto di limitare il più possibile le ipotesi di evoluzione futura, e di utilizzare un metodo numerico semplice basato sulla serie storica dei dati.

A sostegno dell'ipotesi fatta si rileva che il totale risultante delle autovetture, somma di benzina e gasolio, assume valori realistici, in linea con quelli degli anni 1997-2004 e mantenendo la tendenza di lenta crescita del totale immatricolato.

La curva di età estrapolata come esposto permette, nello scenario futuro, di ricostruire, per le 4 macrocategorie veicolari, la distribuzione in classi di normativa Euro di riferimento. La successiva distribuzione in categorie di cilindrata, per le auto e i motocicli, e di portata, per i veicoli commerciali, riproduce la distribuzione dello scenario attuale. Il risultato è la distribuzione in categorie COPERT riportata nella tabella seguente.

| COMMERCIALI LEGGERI  | ZTL<br>% | AF<br>% | resto<br>% |
|--|----------|---------|------------|
| BENZINA COMM. LEGGERI <3.5 t CONVENTIONAL                    | 0.00     | 1.77    | 3.48       |
| BENZINA COMM. LEGGERI <3.5 t EURO I - 93/59/EEC              | 7.43     | 4.62    | 4.54       |
| BENZINA COMM. LEGGERI <3.5 t EURO II - 96/69/EEC             | 9.01     | 2.99    | 2.94       |
| BENZINA COMM. LEGGERI <3.5 t EURO III - 98/69/EEC Stage 2000 | 10.68    | 7.93    | 7.79       |



| <b>COMMERCIALI LEGGERI</b>                                  | <b>ZTL<br/>%</b> | <b>AF<br/>%</b> | <b>resto<br/>%</b> |
|---|------------------|-----------------|--------------------|
| BENZINA COMM. LEGGERI <3.5 t EURO IV - 98/69/EEC Stage 2005 | 0.00             | 8.72            | 8.57               |
| DIESEL COMM. LEGGERI <3.5 t CONVENTIONAL                    | 24.71            | 9.42            | 9.25               |
| DIESEL COMM. LEGGERI <3.5 t EURO I - 93/59/EEC              | 10.89            | 12.29           | 12.07              |
| DIESEL COMM. LEGGERI <3.5 t EURO II - 96/69/EEC             | 15.80            | 7.97            | 7.83               |
| DIESEL COMM. LEGGERI <3.5 t EURO III - 98/69/EEC Stage 2000 | 21.48            | 21.10           | 20.73              |
| DIESEL COMM. LEGGERI <3.5 t EURO IV - 98/69/EEC Stage 2005  | 0.00             | 23.21           | 22.80              |
| <b>TOTALE COMMERCIALI LEGGERI</b>                           | <b>100.00</b>    | <b>100.00</b>   | <b>100.00</b>      |

| <b>COMMERCIALI PESANTI</b>                                 | <b>ZTL<br/>%</b> | <b>AF<br/>%</b> | <b>resto<br/>%</b> |
|--|------------------|-----------------|--------------------|
| benzina commerciali pesanti >3.5 t                         | 0.19             | 0.00            | 0.00               |
| DIESEL COMM. PESANTI <7.5t CONVENTIONAL                    | 5.86             | 0.75            | 0.47               |
| DIESEL COMM. PESANTI <7.5t EURO I - 91/542/EEC Stage I     | 0.00             | 0.97            | 0.61               |
| DIESEL COMM. PESANTI <7.5t EURO II - 91/542/EEC Stage II   | 0.00             | 6.17            | 3.85               |
| DIESEL COMM. PESANTI <7.5t EURO III - COM(97) 627          | 0.45             | 10.37           | 6.48               |
| DIESEL COMM. PESANTI <7.5t EURO IV - COM(1998) 776         | 0.00             | 0.00            | 5.48               |
| DIESEL COMM. PESANTI <7.5t EURO V - COM(1998) 776          | 0.00             | 0.00            | 2.09               |
| DIESEL COMM. PESANTI 7.5÷16t CONVENTIONAL                  | 0.00             | 0.85            | 0.53               |
| DIESEL COMM. PESANTI 7.5÷16t EURO I - 91/542/EEC Stage I   | 0.00             | 1.53            | 0.96               |
| DIESEL COMM. PESANTI 7.5÷16t EURO II - 91/542/EEC Stage II | 0.00             | 6.33            | 3.95               |
| DIESEL COMM. PESANTI 7.5÷16t EURO III - COM(97) 627        | 0.00             | 7.87            | 4.92               |
| DIESEL COMM. PESANTI 7.5÷16t EURO IV - COM(1998) 776       | 0.00             | 0.00            | 4.16               |
| DIESEL COMM. PESANTI 7.5÷16t EURO V - COM(1998) 776        | 0.00             | 0.00            | 1.59               |
| DIESEL COMM. PESANTI 16÷32t CONVENTIONAL                   | 0.00             | 0.54            | 0.34               |
| DIESEL COMM. PESANTI 16÷32t EURO I - 91/542/EEC Stage I    | 0.00             | 1.01            | 0.63               |
| DIESEL COMM. PESANTI 16÷32t EURO II - 91/542/EEC Stage II  | 0.00             | 4.85            | 3.03               |
| DIESEL COMM. PESANTI 16÷32t EURO III - COM(97) 627         | 0.00             | 10.34           | 6.46               |
| DIESEL COMM. PESANTI 16÷32t EURO IV - COM(1998) 776        | 0.00             | 0.00            | 5.46               |
| DIESEL COMM. PESANTI 16÷32t EURO V - COM(1998) 776         | 0.00             | 0.00            | 2.08               |
| DIESEL COMM. PESANTI >32t CONVENTIONAL                     | 0.00             | 0.01            | 0.01               |
| DIESEL COMM. PESANTI >32t EURO I - 91/542/EEC Stage I      | 0.00             | 0.02            | 0.01               |
| DIESEL COMM. PESANTI >32t EURO II - 91/542/EEC Stage II    | 0.00             | 0.06            | 0.03               |
| DIESEL COMM. PESANTI >32t EURO III - COM(97) 627           | 0.00             | 0.03            | 0.02               |
| DIESEL COMM. PESANTI >32t EURO IV - COM(1998) 776          | 0.00             | 0.00            | 0.02               |
| DIESEL COMM. PESANTI >32t EURO V - COM(1998) 776           | 0.00             | 0.00            | 0.01               |

| <b>COMMERCIALI PESANTI</b>                     | <b>ZTL<br/>%</b> | <b>AF<br/>%</b> | <b>resto<br/>%</b> |
|--|------------------|-----------------|--------------------|
| BUS URBANI CONVENTIONAL                        | 0.00             | 0.00            | 0.00               |
| BUS URBANI EURO I - 91/542/EEC Stage I         | 0.00             | 0.00            | 0.00               |
| BUS URBANI EURO II - 91/542/EEC Stage II       | 0.00             | 0.00            | 0.00               |
| BUS URBANI EURO III - COM(97) 627              | 51.41            | 8.28            | 4.93               |
| BUS URBANI EURO IV - COM(1998) 776             | 1.80             | 0.29            | 4.17               |
| BUS URBANI EURO V - COM(1998) 776              | 40.30            | 6.49            | 1.59               |
| BUS GRAN TURISMO CONVENTIONAL                  | 0.00             | 0.46            | 0.29               |
| BUS GRAN TURISMO EURO I - 91/542/EEC Stage I   | 0.00             | 0.58            | 0.36               |
| BUS GRAN TURISMO EURO II - 91/542/EEC Stage II | 0.00             | 11.11           | 6.94               |
| BUS GRAN TURISMO EURO III - COM(97) 627        | 0.00             | 21.08           | 13.16              |
| BUS GRAN TURISMO EURO IV - COM(1998) 776       | 0.00             | 0.00            | 11.14              |
| BUS GRAN TURISMO EURO V - COM(1998) 776        | 0.00             | 0.00            | 4.25               |
| <b>TOTALE COMMERCIALI PESANTI</b>              | <b>100.00</b>    | <b>100.00</b>   | <b>100.00</b>      |

| <b>MOTO</b>                              | <b>ZTL<br/>%</b> | <b>AF<br/>%</b> | <b>resto<br/>%</b> |
|--|------------------|-----------------|--------------------|
| motocicli < 50cc CONVENTIONAL            | 8.12             | 8.12            | 8.12               |
| motocicli < 50cc 97/24/EC Stage I        | 3.47             | 3.47            | 3.47               |
| motocicli < 50cc 97/24/EC Stage II       | 6.69             | 6.69            | 6.69               |
| motocicli > 50cc 2 tempi CONVENTIONAL    | 0.62             | 0.62            | 0.62               |
| motocicli > 50cc 2 tempi 97/24/EC        | 0.44             | 0.44            | 0.44               |
| motocicli 4 tempi 50÷250cc CONVENTIONAL  | 16.61            | 16.61           | 16.61              |
| motocicli 4 tempi 50÷250cc 97/24/EC      | 29.58            | 29.58           | 29.58              |
| motocicli 4 tempi 250÷750cc CONVENTIONAL | 14.38            | 14.38           | 14.38              |
| motocicli 4 tempi 250÷750cc 97/24/EC     | 12.21            | 12.21           | 12.21              |
| motocicli 4 tempi >750cc CONVENTIONAL    | 4.67             | 4.67            | 4.67               |
| motocicli 4 tempi >750cc 97/24/EC        | 3.20             | 3.20            | 3.20               |
| <b>TOTALE MOTO</b>                       | <b>100.00</b>    | <b>100.00</b>   | <b>100.00</b>      |

| <b>AUTO</b>       | <b>ZTL<br/>%</b> | <b>AF<br/>%</b> | <b>resto<br/>%</b> |
|-------------------|------------------|-----------------|--------------------|
|                   |                  |                 |                    |
| CC<1400 PRE ECE   | 0.00             | 0.01            | 0.48               |
| CC<1400 ECE 00-01 | 0.00             | 0.00            | 0.29               |
| CC<1400 ECE 02    | 0.00             | 0.00            | 0.24               |

| <b>AUTO</b>   | <b>ZTL<br/>%</b> | <b>AF<br/>%</b> | <b>resto<br/>%</b> |
|---|------------------|-----------------|--------------------|
| CC<1400 ECE 03                                      | 0.00             | 0.00            | 0.32               |
| CC<1400 ECE 04                                      | 0.00             | 0.04            | 3.82               |
| CC<1400 IMPROVED CONVENTIONAL                       | 0.00             | 0.00            | 0.00               |
| CC<1400 OPEN LOOP                                   | 0.00             | 0.00            | 0.00               |
| CC<1400 EURO I - 91/441/EEC                         | 5.45             | 5.39            | 4.97               |
| CC<1400 EURO II - 94/12/EEC                         | 14.95            | 14.95           | 13.79              |
| CC<1400 EURO III - 98/69/EC Stage 2000              | 12.39            | 12.39           | 11.43              |
| CC<1400 EURO IV - 98/69/EC Stage 2005               | 8.14             | 8.14            | 7.51               |
| 1400<CC<2000 PRE ECE                                | 0.00             | 0.00            | 0.17               |
| 1400<CC<2000 ECE 00-01                              | 0.00             | 0.00            | 0.10               |
| 1400<CC<2000 ECE 02                                 | 0.00             | 0.00            | 0.08               |
| 1400<CC<2000 ECE 03                                 | 0.00             | 0.00            | 0.11               |
| 1400<CC<2000 ECE 04                                 | 0.00             | 0.01            | 1.32               |
| 1400<CC<2000 IMPROVED CONVENTIONAL                  | 0.00             | 0.00            | 0.00               |
| 1400<CC<2000 OPEN LOOP                              | 0.00             | 0.00            | 0.00               |
| 1400<CC<2000 EURO I - 91/441/EEC                    | 2.48             | 2.46            | 2.27               |
| 1400<CC<2000 EURO II - 94/12/EEC                    | 4.48             | 4.48            | 4.13               |
| 1400<CC<2000 EURO III - 98/69/EC Stage 2000         | 2.94             | 2.94            | 2.71               |
| 1400<CC<2000 EURO IV - 98/69/EC Stage 2005          | 1.93             | 1.93            | 1.78               |
| CC>2000 PRE ECE                                     | 0.00             | 0.00            | 0.02               |
| CC>2000 ECE 00-01                                   | 0.00             | 0.00            | 0.01               |
| CC>2000 ECE 02                                      | 0.00             | 0.00            | 0.01               |
| CC>2000 ECE 03                                      | 0.00             | 0.00            | 0.01               |
| CC>2000 ECE 04                                      | 0.00             | 0.00            | 0.17               |
| CC>2000 EURO I - 91/441/EEC                         | 0.09             | 0.09            | 0.08               |
| CC>2000 EURO II - 94/12/EEC                         | 0.36             | 0.36            | 0.33               |
| CC>2000 EURO III - 98/69/EC Stage 2000              | 0.56             | 0.56            | 0.52               |
| CC>2000 EURO IV - 98/69/EC Stage 2005               | 0.37             | 0.37            | 0.34               |
| diesel <2.5t <2000cc CONVENTIONAL                   | 0.00             | 0.01            | 0.57               |
| diesel <2.5t <2000cc EURO I - 91/441/EEC            | 0.23             | 0.23            | 0.21               |
| diesel <2.5t <2000cc EURO II - 94/12/EEC            | 5.17             | 5.17            | 4.77               |
| diesel <2.5t <2000cc EURO III - 98/69/EC Stage 2000 | 12.42            | 12.42           | 11.45              |
| diesel <2.5t <2000cc EURO IV - 98/69/EC Stage 2005  | 19.61            | 19.61           | 18.08              |
| diesel <2.5t >2000cc CONVENTIONAL                   | 0.00             | 0.00            | 0.36               |

| <b>AUTO</b>   | <b>ZTL<br/>%</b> | <b>AF<br/>%</b> | <b>resto<br/>%</b> |
|---|------------------|-----------------|--------------------|
| diesel <2.5t >2000cc EURO I - 91/441/EEC            | 0.10             | 0.10            | 0.10               |
| diesel <2.5t >2000cc EURO II - 94/12/EEC            | 1.43             | 1.43            | 1.32               |
| diesel <2.5t >2000cc EURO III - 98/69/EC Stage 2000 | 2.44             | 2.44            | 2.25               |
| diesel <2.5t >2000cc EURO IV - 98/69/EC Stage 2005  | 3.85             | 3.85            | 3.55               |
| GPL CONVENTIONAL                                    | 0.00             | 0.00            | 0.00               |
| GPL EURO I - 91/441/EEC                             | 0.00             | 0.00            | 0.00               |
| GPL <1400cc EURO II - 94/12/EEC                     | 0.01             | 0.01            | 0.01               |
| GPL <1400cc EURO III - 98/69/EC Stage 2000          | 0.08             | 0.08            | 0.07               |
| GPL <1400cc EURO IV - 98/69/EC Stage 2005           | 0.13             | 0.13            | 0.12               |
| GPL 1400<cc<2000 EURO II - 94/12/EEC                | 0.02             | 0.02            | 0.02               |
| GPL 1400<cc<2000 EURO III - 98/69/EC Stage 2000     | 0.13             | 0.13            | 0.12               |
| GPL 1400<cc<2000 EURO IV - 98/69/EC Stage 2005      | 0.21             | 0.21            | 0.19               |
| GPL >2000cc EURO II - 94/12/EEC                     | 0.00             | 0.00            | 0.00               |
| GPL >2000cc EURO III - 98/69/EC Stage 2000          | 0.01             | 0.01            | 0.01               |
| GPL >2000cc EURO IV - 98/69/EC Stage 2005           | 0.00             | 0.00            | 0.00               |
| <b>TOTALE AUTO</b>                                  | <b>100.00</b>    | <b>100.00</b>   | <b>100.00</b>      |

Una volta ottenuta la composizione futura del parco veicolare, sono state applicate le stesse ipotesi usate nello scenario attuale per riprodurre i vincoli alla circolazione in ZTL e AF. Analogamente, per quanto riguarda gli autobus pubblici in servizio urbano, è stata utilizzata senza modifiche la ripartizione della flotta in classi COPERT nel 2010, messa a disposizione da ATAC.

### **Confronto scenario attuale – futuro**

#### Flussi di traffico

Di seguito vengono presentati i dati di andamento orario del traffico nel giorno tipo MMG, sull'intera rete, ottenuti cioè dalla somma dei flussi sugli archi, calcolata ora per ora. Va osservato che questo valore non è una misura del numero effettivo di veicoli in circolazione in un certo momento del giorno, o, in altre parole, una “fotografia” istantanea dei flussi di traffico; rappresenta invece l'integrale su tutta la rete della somma di tutti transiti che interessano l'arco di riferimento durante l'ora in osservazione.

|        | AUTO     |          | MOTO    |         |
|--------|----------|----------|---------|---------|
|        | 2006     | 2011     | 2006    | 2011    |
| 0      | 27016    | 28908    | 824     | 847     |
| 1      | 43226    | 46253    | 1319    | 1356    |
| 2      | 54032    | 57816    | 1649    | 1695    |
| 3      | 86451    | 92505    | 2638    | 2711    |
| 4      | 270160   | 289079   | 8244    | 8473    |
| 5      | 624077   | 612919   | 66548   | 71916   |
| 6      | 2262280  | 2221833  | 241238  | 260697  |
| 7      | 6318783  | 6205809  | 673803  | 728154  |
| 8      | 7800967  | 7661492  | 831855  | 898955  |
| 9      | 4212522  | 4137206  | 449202  | 485436  |
| 10     | 4105236  | 4047177  | 258911  | 267023  |
| 11     | 3480526  | 3431302  | 219511  | 226389  |
| 12     | 3971370  | 3915203  | 250468  | 258315  |
| 13     | 4462213  | 4399105  | 281425  | 290242  |
| 14     | 3525148  | 3475293  | 222326  | 229291  |
| 15     | 4400643  | 4341051  | 397405  | 417648  |
| 16     | 6738485  | 6647234  | 608527  | 639524  |
| 17     | 6325925  | 6240261  | 571270  | 600369  |
| 18     | 6876005  | 6782892  | 620946  | 652575  |
| 19     | 5707084  | 5629800  | 515385  | 541637  |
| 20     | 3605051  | 3380686  | 327395  | 434559  |
| 21     | 1730424  | 1622729  | 157150  | 208588  |
| 22     | 1225717  | 1149433  | 111314  | 147750  |
| 23     | 1622273  | 1521309  | 147328  | 195552  |
|        |          |          |         |         |
| totale | 79477622 | 77939305 | 6968688 | 7571712 |

Tabella 6.4 valori orari del traffico sull'intera rete, nel giorno tipo MMG

|                                 | AUTO  | MOTO  |
|---------------------------------|-------|-------|
| <b>variazione 2006-2011 (%)</b> | -1.94 | +8.65 |

Tabella 6.5 : variazione del traffico totale fra 2006 e 2011, nel giorno tipo MMG

Si osserva un leggero calo del flusso complessivo di autovetture, e viceversa un sensibile aumento del traffico di motocicli. Tale dato aggregato è differenziato in base alle zone PGU.

La figura 6.16 riporta gli andamenti del traffico sull'intera rete, nel giorno tipo MMG, per auto e moto, nei due scenari.

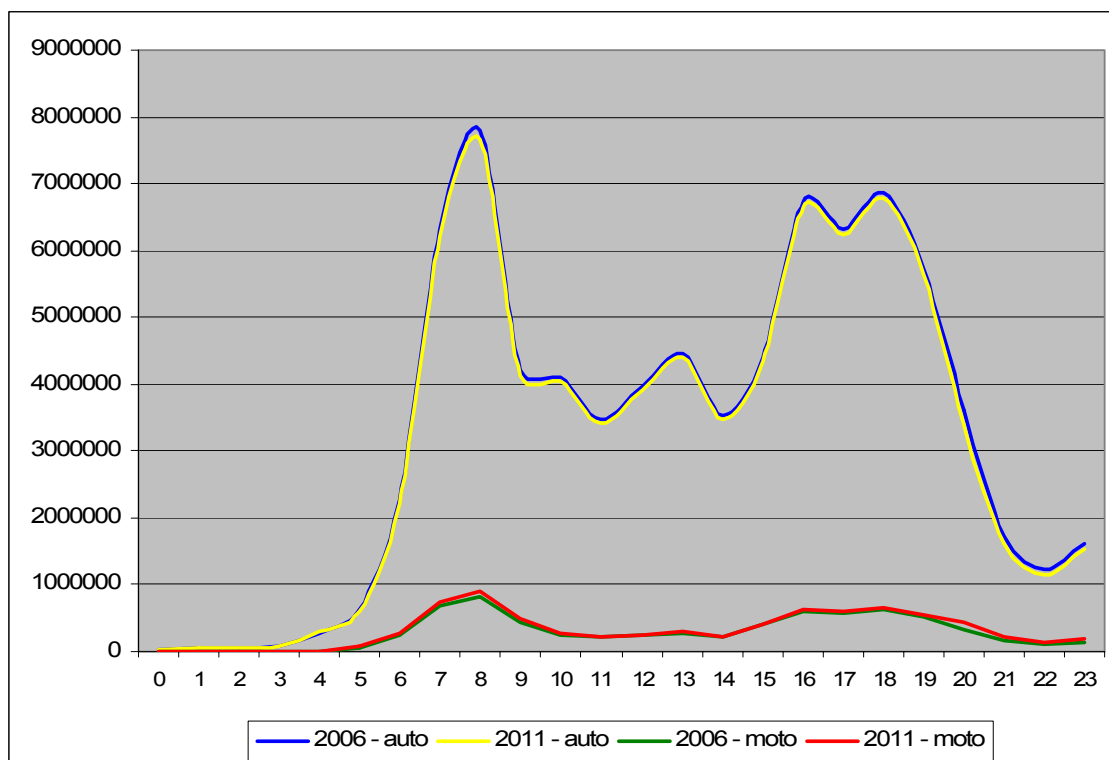


Figura 6.16 : curva oraria del traffico sull'intera rete, nel giorno tipo MMG, per auto e moto, nei due scenari

### Parco circolante

Nel seguito vengono presentati alcuni istogrammi di confronto fra il parco veicolare nel 2006 e nel 2011, per una valutazione delle differenze quantitative principali.

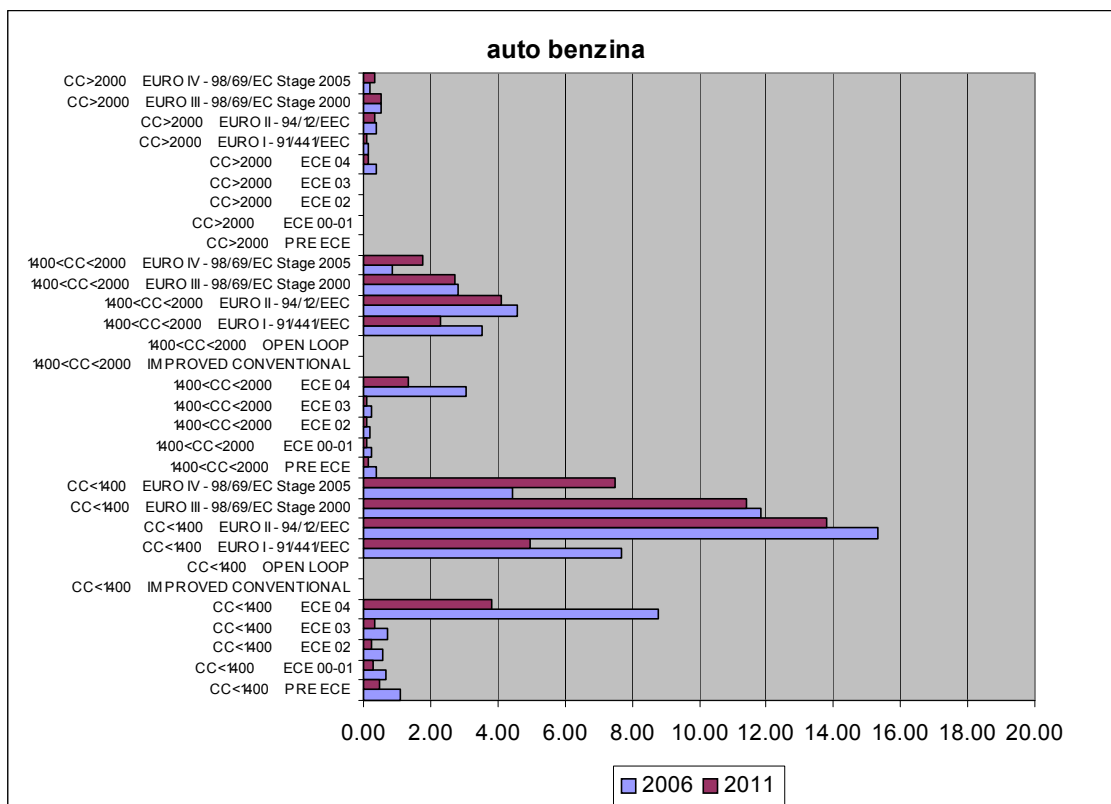


Figura 6.17 Autovetture a benzina

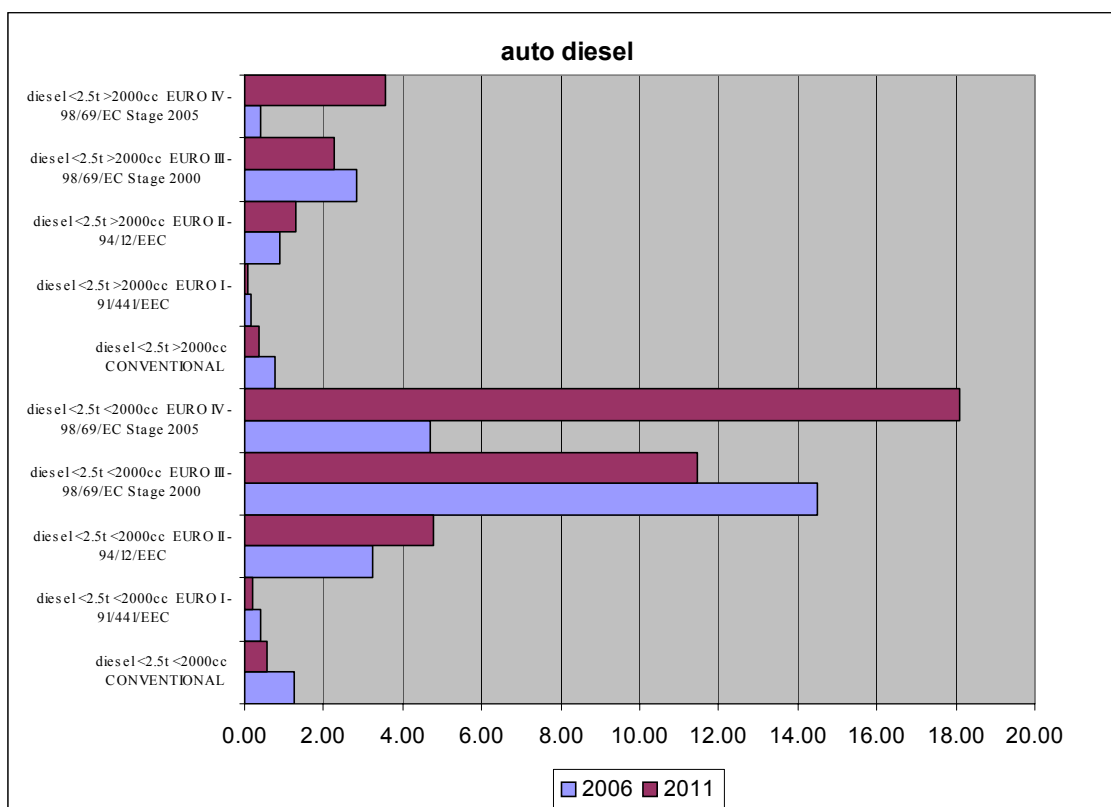


Figura 6.18 Autovetture a gasolio

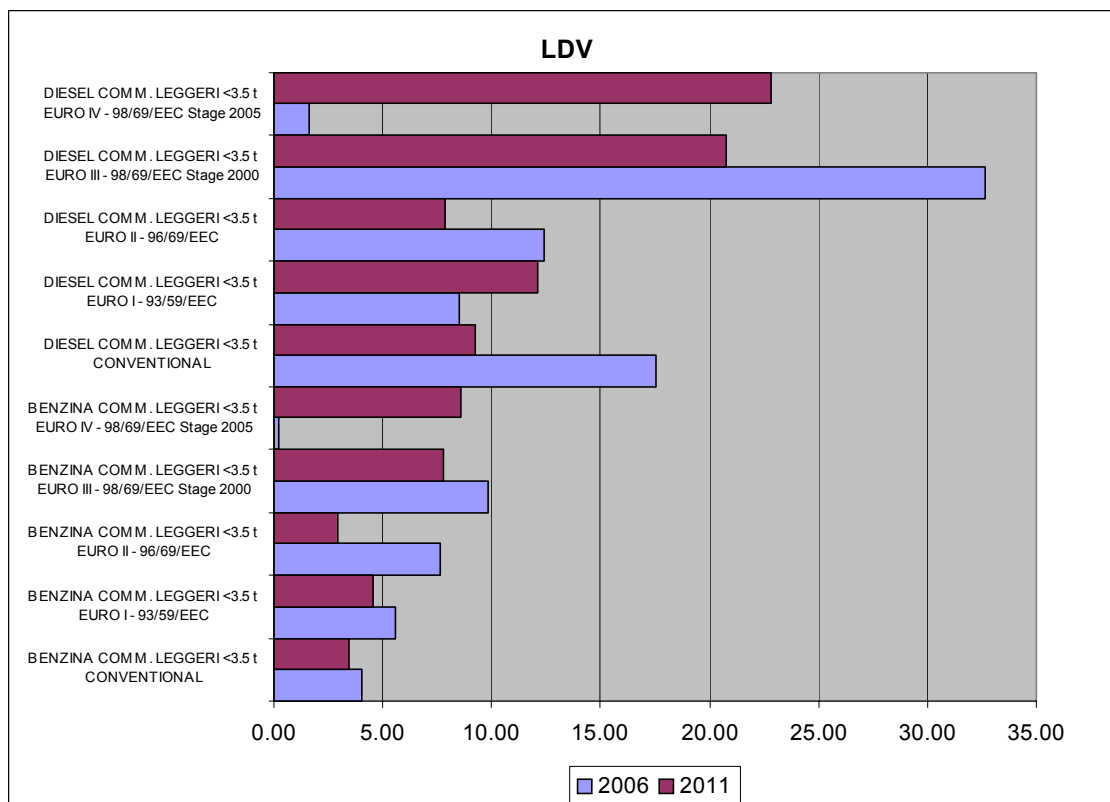


Figura 6.19 Veicoli commerciali leggeri

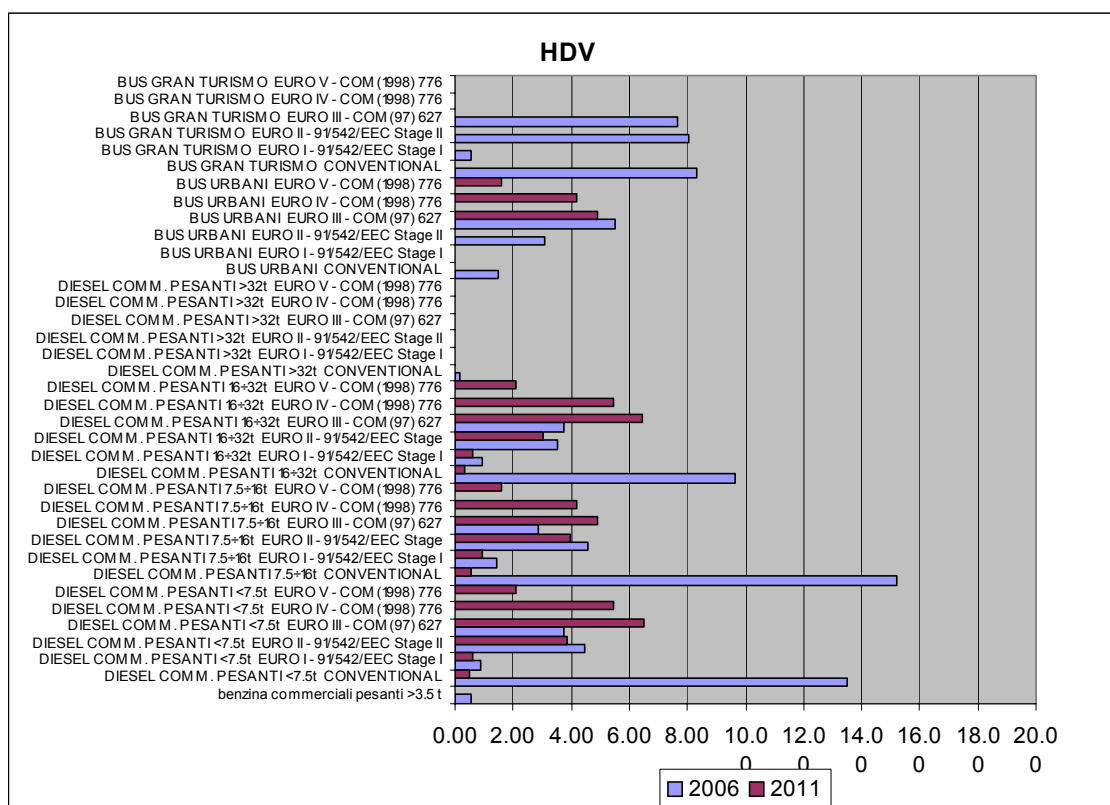


Figura 6.20 Veicoli commerciali pesanti



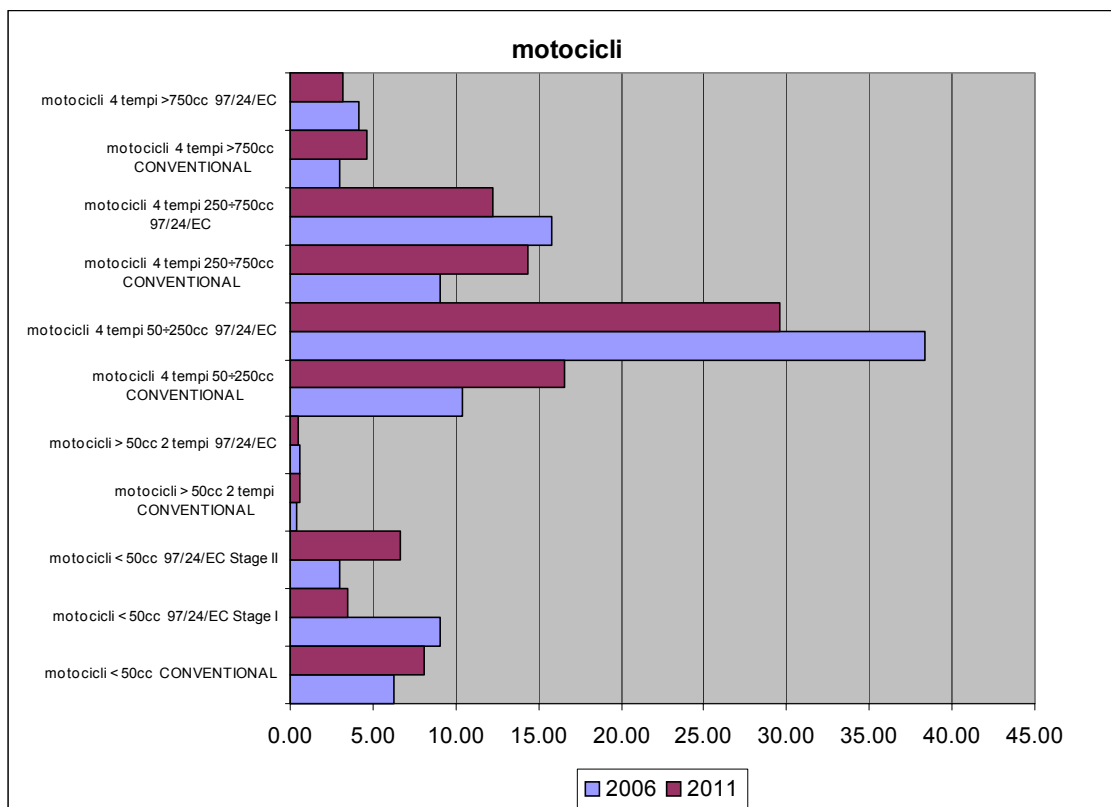


Figura 6.21 Motocicli

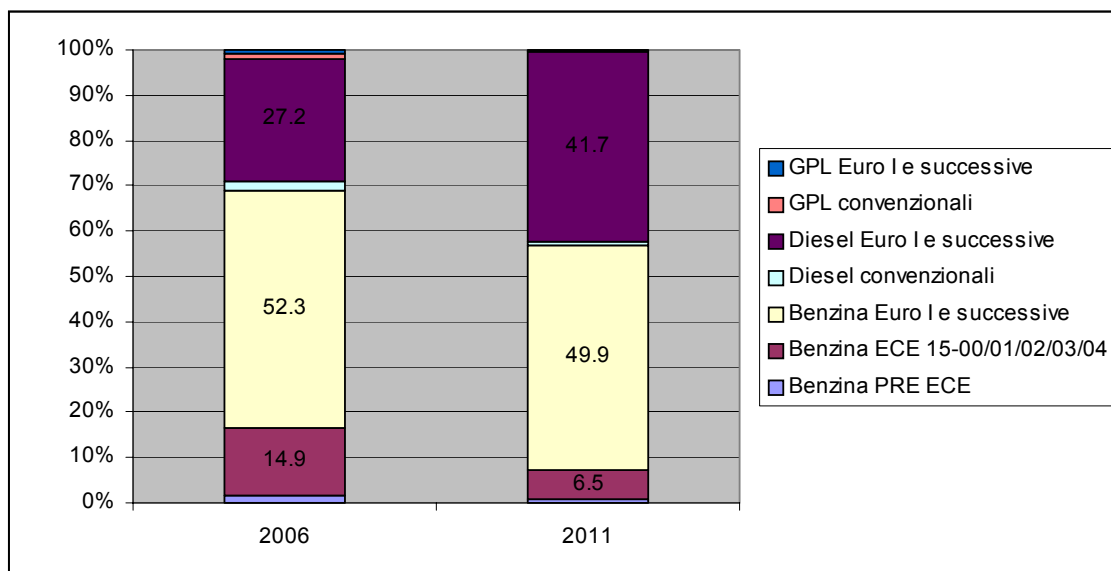


Figura 6.22 confronto fra la composizione del parco veicolare nel 2006 e nel 2011, per le autovetture.

## Emissioni

Di seguito si presentano i risultati del calcolo delle emissioni effettuato con Trefic, secondo la metodologia esposta precedentemente, per lo scenario attuale (2006) e futuro (2011).

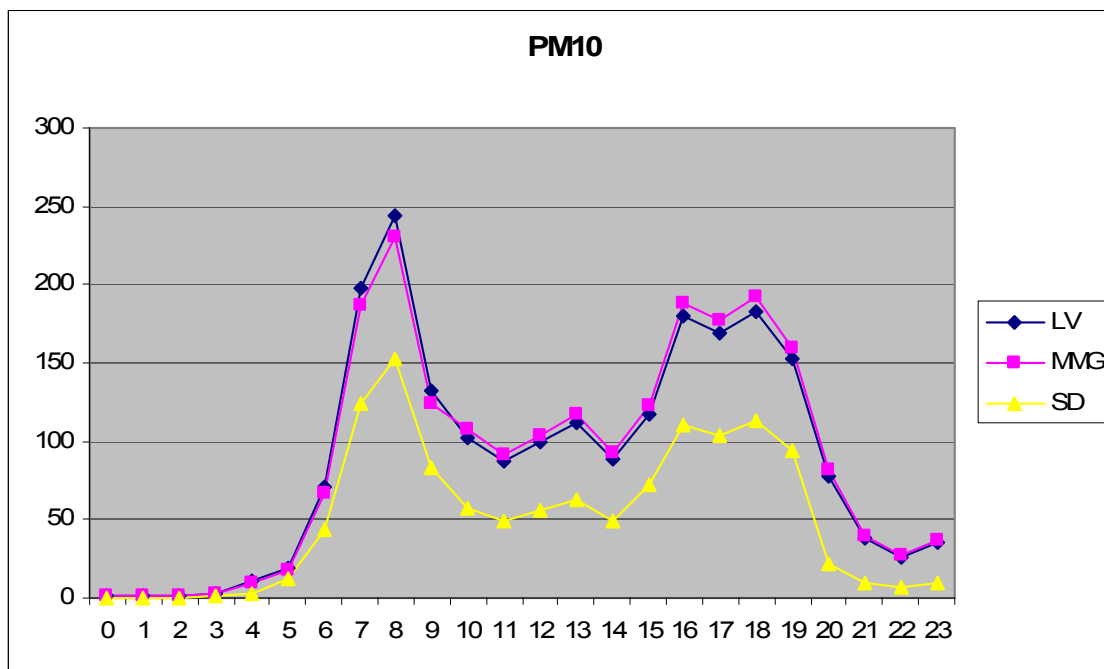


Figura 6.23 : valori orari, espressi in kg, dell'emissione di PM10 nei 3 giorni tipo nello scenario attuale

La figura 6.23 presenta l'andamento nel corso della giornata dell'emissione di PM10, nei 3 giorni tipo nel 2005. Tale andamento è analogo per tutti gli inquinanti.

Si nota la sostanziale analogia alla curva oraria del traffico di figura 6.16 l'emissione ha un picco alle 8 della mattina e una picco secondario distribuito su più ore, tra le 16 e le 18 del pomeriggio. Il valore del giorno LV è pressoché uguale al giorno MMG; il giorno SD ha valori sensibilmente minori.

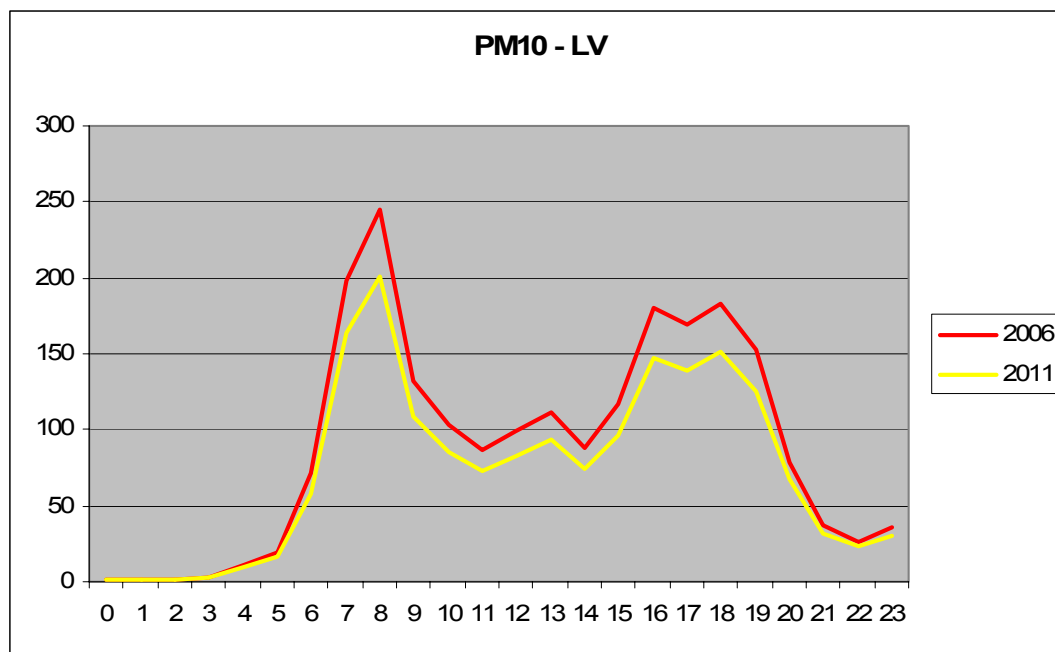


Figura 6.24 – Valori orari, espressi in kg, dell'emissione di PM10 nel giorno tipo LV, nello scenario attuale e futuro

La Figura 6.24 presenta l'andamento nel corso del giorno tipo LV dell'emissione di PM10, nel 2006 e nel 2011. Si osserva una forma della curva analoga nei due scenari, con una diminuzione dell'emissione nel 2011, presente in tutte le ore ma visibile in particolare tra le 7 e le 19.

La tabella 6.6 mostra il valore dell'emissione annuale per CO, NOx, VOC non metanici e PM10, nel 2006 e nel 2011, con un confronto in termini percentuali.

| Emissioni<br>(tonnellate/anno) | CO    | NOx   | NMVOC | PM10  |
|--------------------------------|-------|-------|-------|-------|
| <b>2006</b>                    | 72261 | 13696 | 7480  | 670   |
| <b>2011</b>                    | 58530 | 9851  | 6134  | 596   |
| <b>variazione (%)</b>          | -19.0 | -28.1 | -18.0 | -11.1 |

Tabella 6.6 valori annuali, espressi in tonnellate, dell'emissione di inquinanti nello scenario attuale e futuro

Nel futuro l'emissione inquinante diminuisce, in misura variabile a seconda della specie. Ciò è da ascrivere in minima parte alla diminuzione dei flussi di traffico, e soprattutto al rinnovo della flotta circolante, con la sostituzione di veicoli vecchi con veicoli nuovi, dall'emissione minore. Si nota però che l'aumento della frazione di veicoli a gasolio si traduce in una diminuzione di PM10 minore rispetto agli altri inquinanti, perché il motore diesel rappresenta in pratica l'unica sorgente di particolato da combustione, mentre il motore a benzina ha un'emissione in questo senso trascurabile; sostituire un veicolo a benzina vecchio con veicolo diesel nuovo significa introdurre in circolazione una sorgente di PM10 da combustione. Il saldo 2006/2011 del PM10 è comunque negativo a causa dell'uscita dalla circolazione dei veicoli diesel vecchi, che provoca una netta diminuzione di emissione di polveri da combustione.

Nel seguito vengono presentate mappe tematiche di emissione di PM10 sulla rete stradale, alle 8 del giorno tipo MMG, nello scenario attuale e futuro. La scelta dell'inquinante è per esaminare la specie più problematica rispetto ai limiti di legge sulle concentrazioni, mentre la scelta dell'ora vuole evidenziare la dinamica dell'ora del flusso massimo della giornata; in ogni caso, per gli altri inquinanti e ore si possono formulare le stesse considerazioni esposte nel seguito.

Nelle figure successive le mappe rappresentano l'emissione assoluta, in termini di massa di inquinante. Si può notare la distribuzione spaziale sulla rete, con i contributi rilevanti del GRA, dei rami autostradali urbani, delle consolari, delle grandi arterie trasversali, mentre la zona centrale e la rete di Ostia presentano emissioni minori.

Va evidenziato che il dato mappato ha una dipendenza diretta dalla lunghezza dell'arco, per cui, a parità di flusso veicolare, archi stradali più lunghi risultano avere un'emissione maggiore. Per questo motivo è interessante svincolare il dato emissivo dall'estensione dell'arco, operando su quest'ultima una normalizzazione, col risultato di un'emissione specifica per unità di lunghezza. Questa grandezza è maggiormente rappresentativa dell' "intensità" dell'emissione, e richiama la proiezione delle sorgenti emissive sulla griglia da fornire in input al modello di dispersione degli inquinanti, esposta nel corrispondente paragrafo.

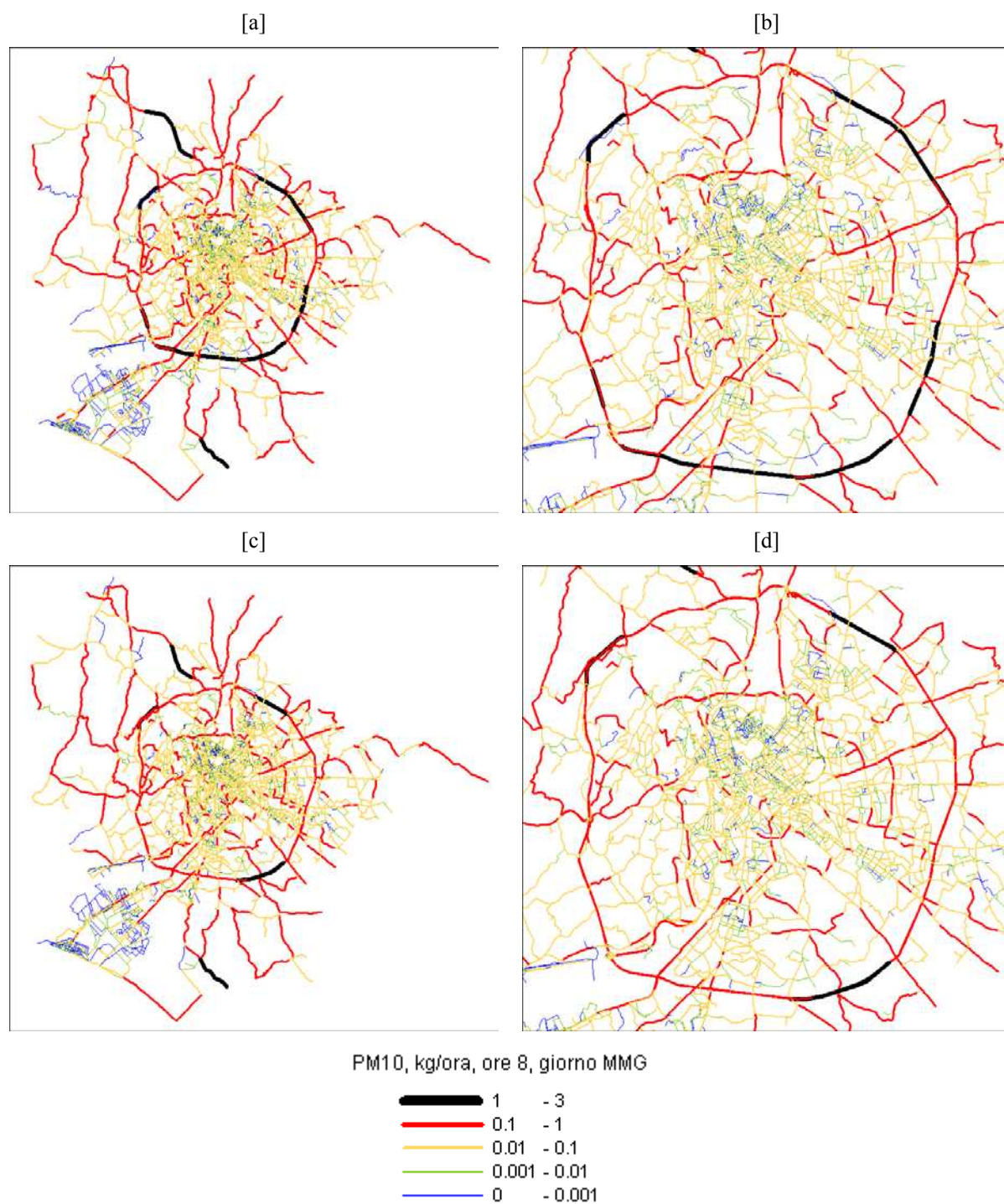


Figure 6.25, a, b, c, d: mappa tematica delle emissioni di PM10 nell'ora di punta della mattina (8), nel giorno tipo MMG, nello scenario attuale (sopra) e futuro (sotto). L'unità di misura è il chilogrammo. Sulla sinistra la rete completa, sulla destra l'ingrandimento della zona interna al GRA.



Le figure 6.26 presentano l'emissione per unità di lunghezza sulla rete. Si possono notare più chiaramente le arterie a maggior traffico, la netta differenza fra il GRA e il resto della rete, la differenziazione (nel 2006) del GRA stesso in una parte est maggiormente emissiva e una ovest più scarica; inoltre, la normalizzazione sulla lunghezza mette meglio in risalto la differenza fra i due scenari.

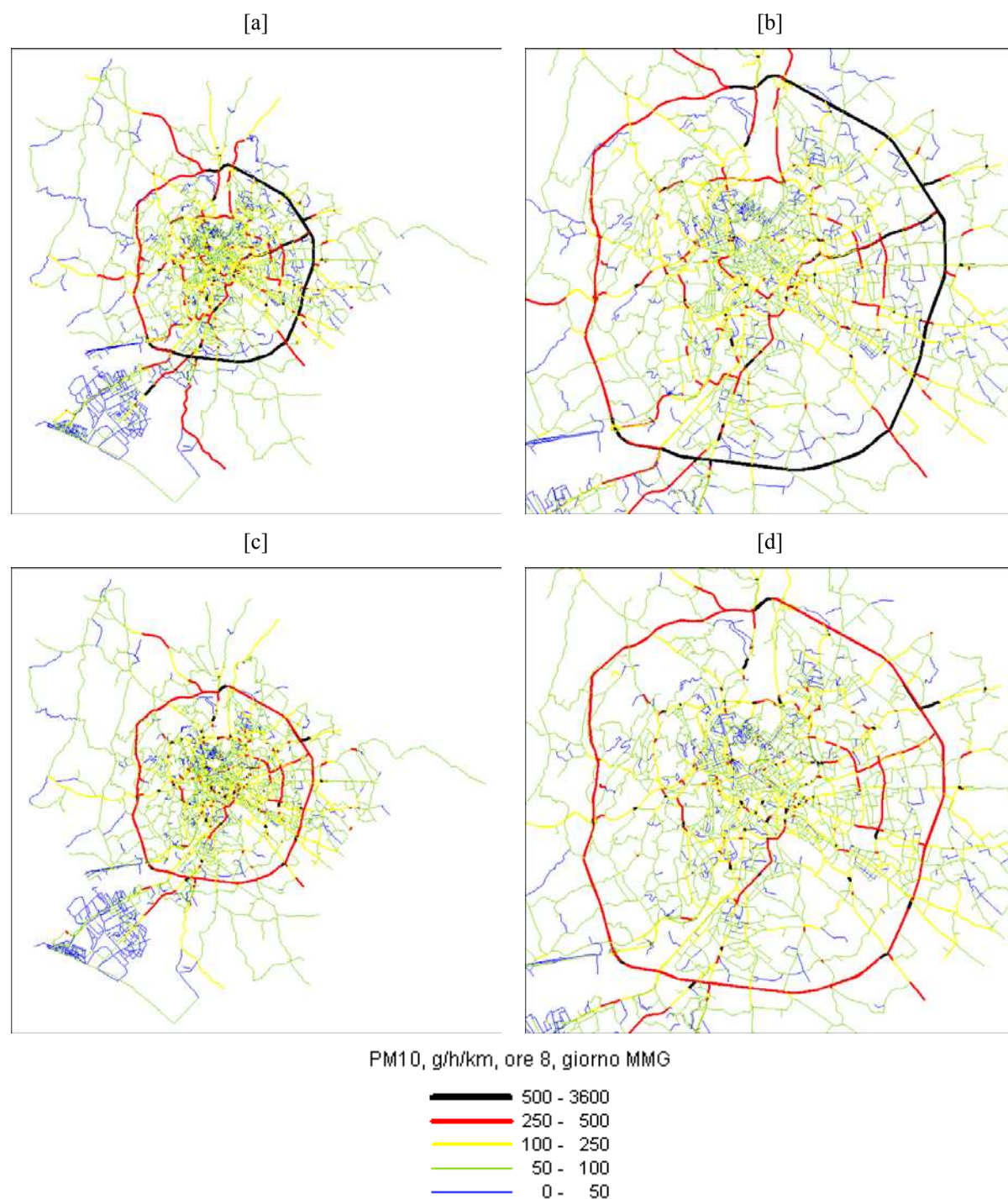


Figure 6.26. a, b, c, d: mappa tematica delle emissioni di PM10 per unità di lunghezza, nell'ora di punta della mattina (8), nel giorno tipo MMG, nello scenario attuale (sopra) e futuro (sotto). L'unità di misura è il grammo al chilometro. Sulla sinistra la rete completa, sulla destra l'ingrandimento della zona interna al GRA.

## 6.2 Scenario Traffico

### (SCENARIO 2)

Le emissioni diffuse (tranne che per il traffico), puntuali ed autostradali sono state prodotte con la metodologia RAINS descritta al paragrafo 6.1, e sono pertanto analoghe a quelle usate nello Scenario 1.

Per quanto riguarda il macrosettore 7, relativo al traffico, le misure adottate riguardano sia il traffico urbano (sorgenti lineari) della città di Roma sia le sorgenti diffuse del traffico urbano di tutti i comuni della regione Lazio.

Le misure sono articolate su diverse categorie di veicoli e sui diversi giorni della settimana, dando origine ad uno scenario così sintetizzabile:

#### Blocco totale:

- Motocicli Euro 0 2T (Roma entro la fascia verde e comuni >10000 abitanti);
- Motocicli Euro 1 2T e Euro 0 4T (Roma entro l'anello ferroviario, Frosinone e comuni in zona B);
- Auto Euro 0 benzina e diesel (Roma entro la fascia verde e comuni > 10000 abitanti);
- Commerciali Leggeri e Pesanti Euro 0 benzina e diesel (Roma entro la fascia verde e comuni >10000 abitanti).

#### Giorni feriali:

- Auto Euro 1 diesel (Roma entro la fascia verde e comuni >10000 abitanti);
- Auto Euro 1 benzina e Euro 2 diesel (Roma entro l'anello ferroviario, Frosinone e comuni in zona B);
- Commerciali Leggeri e Pesanti Euro 1 diesel (Comune di Roma entro la fascia verde e comuni >10000 abitanti);
- Commerciali Leggeri e Pesanti Euro 1 benzina e Euro 2 diesel (Comune di Roma entro l'anello ferroviario, Frosinone e comuni in zona B);

#### Giorni Feriali dalle 7 alle 20:

- Commerciali Pesanti (> 3.5t) (Comune di Roma entro l'anello ferroviario)

#### Giorni Feriali nelle fasce 10-14 16-20:

- Commerciali Leggeri (< 3.5t) fino al Euro 3 compreso (Comune di Roma entro l'anello ferroviario)

#### Misure aggiuntive:

- Possibilità di circolazione solo per autobus urbani a partire da Euro 3; gli autobus Euro 3 devono essere dotati di FAP (= riduzione di emissione di PM10 del 90%) (Comune di Roma)
- incentivo per inserire FAP su auto diesel Euro 2-3-4 (= riduzione di emissione di PM10 del 30%).

In figura sono riportate le emissioni (esprese in t/anno) utilizzate in questo scenario; rispetto allo scenario 1 l'azione delle misure (concentrata esclusivamente nel settore trasporti), porta ad una riduzione delle emissioni di PM10 da traffico di una percentuale pari al 5%, che aggiunta al 14% di riduzione ottenuto mediante l'evoluzione tendenziale (senza cioè aggiungere ulteriori misure) porta ad una variazione totale circa del 20% rispetto allo scenario base.

Gli ossidi di azoto si riducono del 7%, e, dunque rispetto al 2005 la riduzione complessiva risulta essere del 27%.

Nel passaggio dallo scenario 1 al 2 gli altri inquinanti si riducono di una percentuale compresa tra 3% (SOX) e 16% (NMVOC).

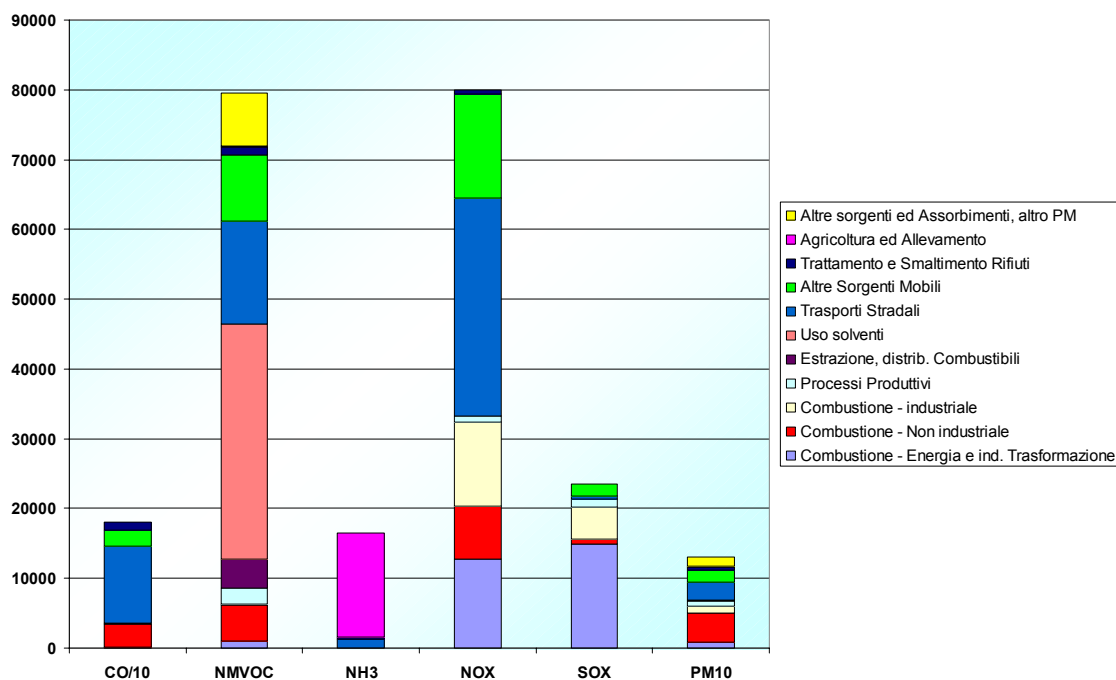


Figura 6.27 Emissioni considerate nello Scenario 2 (t/anno)

### 6.3 Scenario Industria

Nello scenario 3 si mantengono le emissioni da traffico pari a quelle descritte per lo scenario 1 e si ipotizza di agire sul comparto industriale/produttivo e sul riscaldamento civile.

Per il macrosettore 1 relativo alla produzione di energia elettrica si ipotizza una situazione analoga a quella dello scenario base, con la modifica a Torre Valdaliga Nord, l'aggiunta della Centrale di Aprilia e lo spegnimento delle sorgenti di ACEA Electrabel e Montemarini.

A causa della scarsa conoscenza della stima delle sorgenti industriali sottesa ai macrosettori 3, 4 e 6 (soprattutto in relazione alle emissioni diffuse), si ipotizza una applicazione di migliori tecnologie in grado di dimezzare le emissioni di tali settori.

L'intervento proposto per il settore del riscaldamento civile, consistente in una sostituzione del gasolio con un mix di gas naturale e gpl, porta ad una riduzione di pochi punti percentuali del PM10 (0.7%) e degli NOx (2%), ma ad un azzeramento completo del biossido di azoto per quanto riguarda il macrosettore 2.



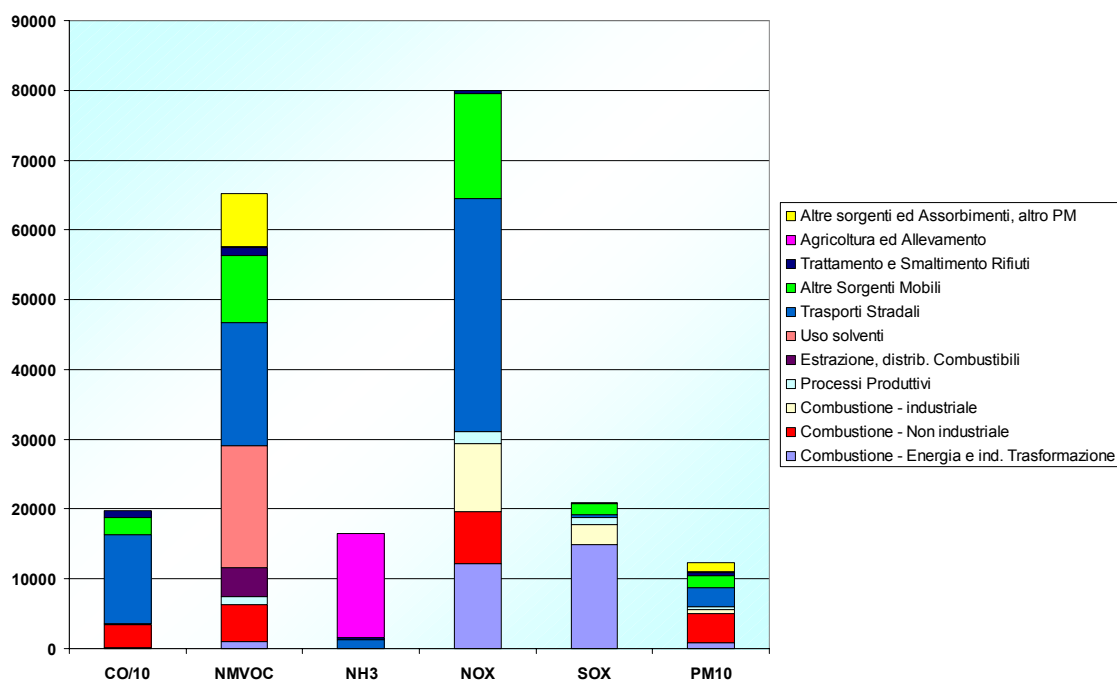


Figura 6.28 – Emissioni considerate nello Scenario 3 (t/anno)

#### 6.4 Scenario Traffico + Industria

Nello scenario 4 si propone un'adozione integrata delle misure finora viste; in questo modo la riduzione totale delle emissioni rispetto allo scenario base è circa un terzo per SO<sub>2</sub>, CO e NMVOC e d è circa pari al 15% per PM<sub>10</sub> ed NO<sub>x</sub>.

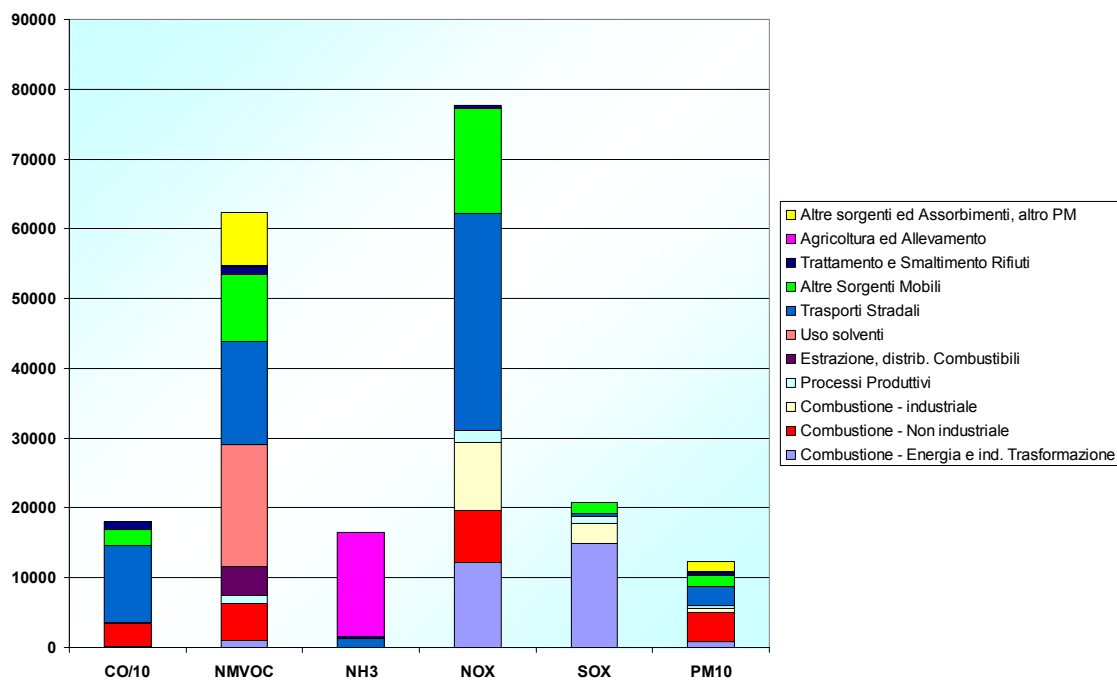


Figura 6.29 – Emissioni considerate nello Scenario 4 (t/anno)

### 6.5 Scenario Targhe alterne + Riscaldamento

Il comune di Roma, che rappresenta l'area a maggiore criticità nel territorio regionale, è stato oggetto di un ulteriore scenario che valute le seguenti misure (scenario 5):

#### Targhe alterne:

- Periodo: Da dicembre a Marzo
- Giorni: 2 giorni a settimana.
- Orario: dalle 6 alle 21
- Area: Fascia Verde
- Veicoli coinvolti: tutti i veicoli (compresi i commerciali) con esclusione degli elettrici e degli autobus.

La misura si traduce in una riduzione dei flussi di traffico pari al 20%.

#### Riduzione del combustibile per il riscaldamento:

si riduce del 20% il consumo di combustibile da riscaldamento.

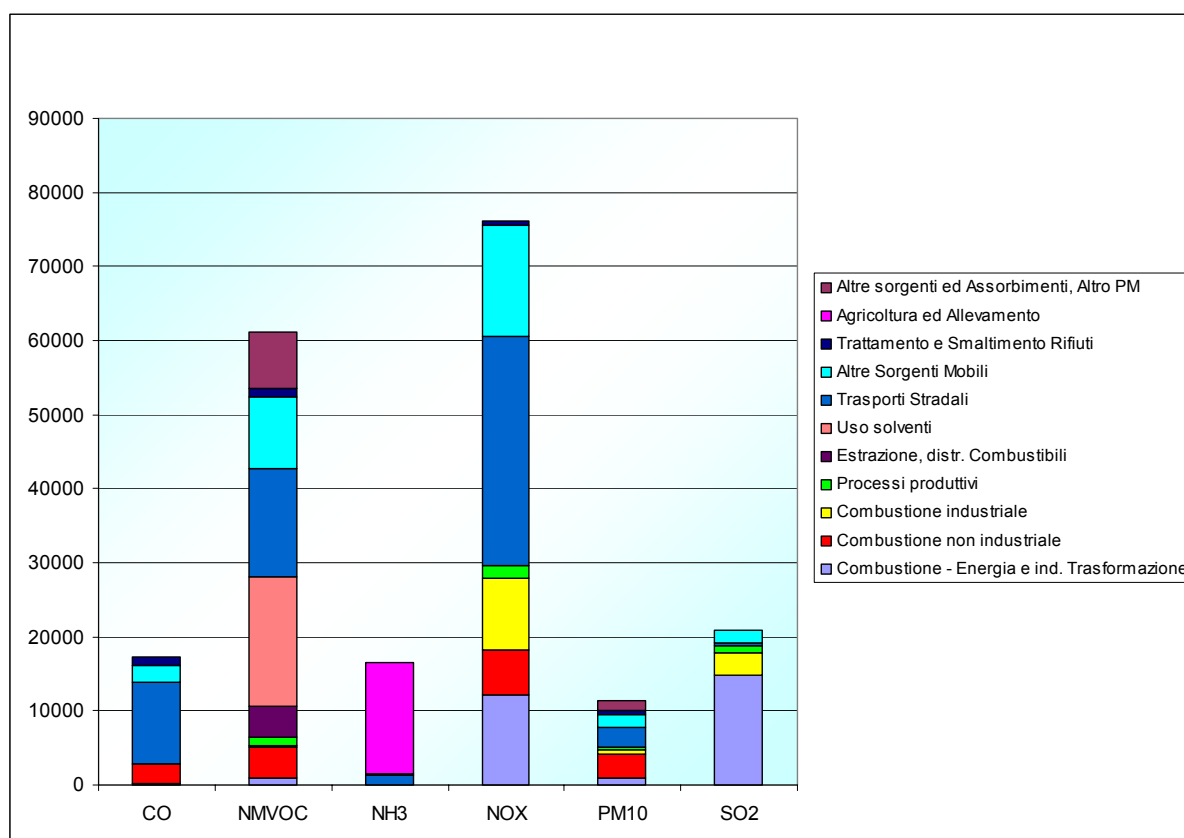


Figura 6.30 – Emissioni considerate nello Scenario 5 (t/anno)

Rispetto allo scenario precedente si registra un'ulteriore riduzione delle emissioni inquinanti, intorno al 6-7% per quanto riguarda monossido di carbonio e particolato, e di circa il 2% per ossidi di azoto e composti organici volatili non metanici.

## 6.6 Scenario studio - 1

Anche in questo caso oggetto di studio è l'area romana. Per valutare il massimo di riduzione possibile delle emissioni da traffico, è stato studiato uno scenario detto "asintotico" definito sulla base delle seguenti ipotesi:

- Riduzione del 90% dei flussi di traffico di auto (benzina e diesel) motocicli e ciclomotori su tutti gli archi del grafo ATAC all'interno del GRA per tutti i giorni e tutte le ore. Il rimanente 10% rappresenta le flotte di mezzi indispensabili (veicoli di emergenza e soccorso, veicoli di servizio pubblico, etc.);
- Estensione delle restrizioni presenti nello scenario 2 relative ai mezzi commerciali, a tutti gli archi del grafo ATAC all'interno del GRA per tutti i giorni e tutte le ore;
- Mantenimento delle restrizioni su Euro 0-1-2 già definite nello scenario 2 (e 4).

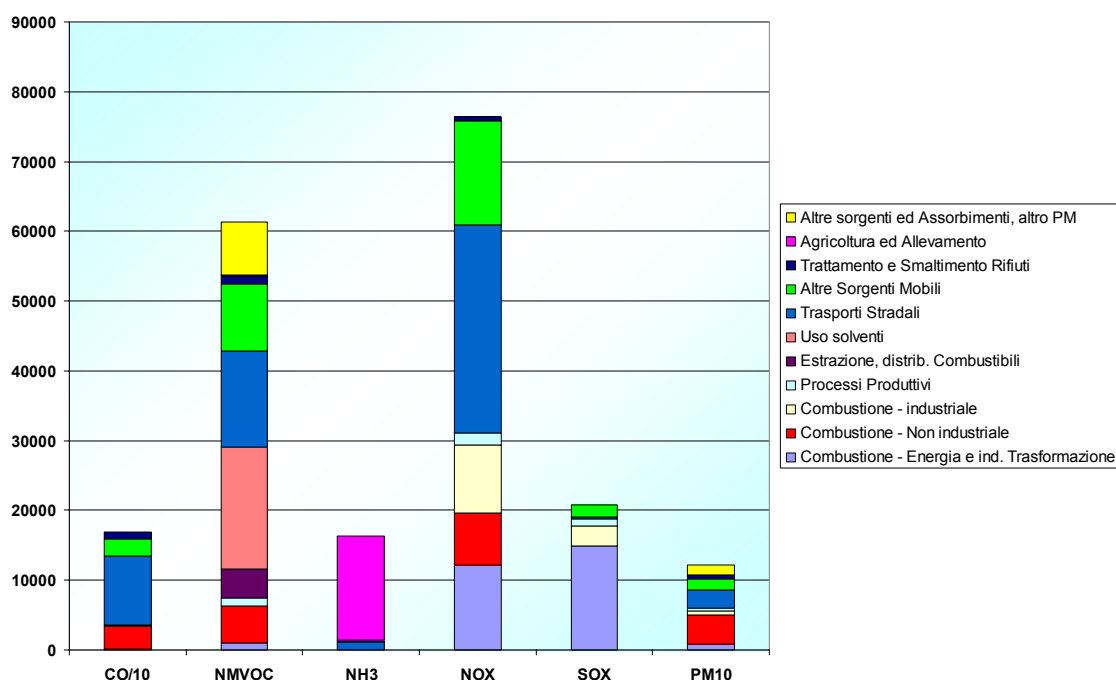


Figura 6.31 – Emissioni considerate nello Scenario Asintotico (t/anno)

Rispetto allo scenario base relativo al 2005 si osserva come la riduzione di quasi tutti gli inquinanti sia paragonabile a quella ottenuta con lo scenario 5, eccezion fatta per il PM10 per cui la riduzione è inferiore, in virtù del peso del contributo del riscaldamento civile che, in questo scenario, non viene toccato.

## 6.7 Sintesi degli scenari emissivi

Complessivamente la riduzione di ogni inquinante raggiungibile sulla base dello scenario 5 è riportata nella tabella seguente:

| Emissioni totali (t/a)       | CO     | NMVOC  | NH3   | NOX   | PM10  | SO2   |
|------------------------------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|
| Scenario 1                   | 198830 | 82377  | 16538 | 82276 | 13201 | 23456 |
| Scenario 5                   | 173242 | 61184  | 16515 | 76093 | 11426 | 20833 |
| Riduzione in valore assoluto | -25588 | -21193 | -23   | -6183 | -1775 | -2623 |

| Riduzione percentuale<br>Scen. 5 rispetto allo Scen. 1 | -12,9% | -25,7% | -0,1% | -7,5% | -13,4% | -11,2% |
|--|--------|--------|-------|-------|--------|--------|
|--|--------|--------|-------|-------|--------|--------|

Schematicamente la riduzione di emissione associabile alle diverse tipologie di intervento e rappresentata nei grafici seguenti (figure 6.32- 6.37) che mettono a confronto la distribuzione delle emissioni di ogni inquinante per scenario e macrosettore .

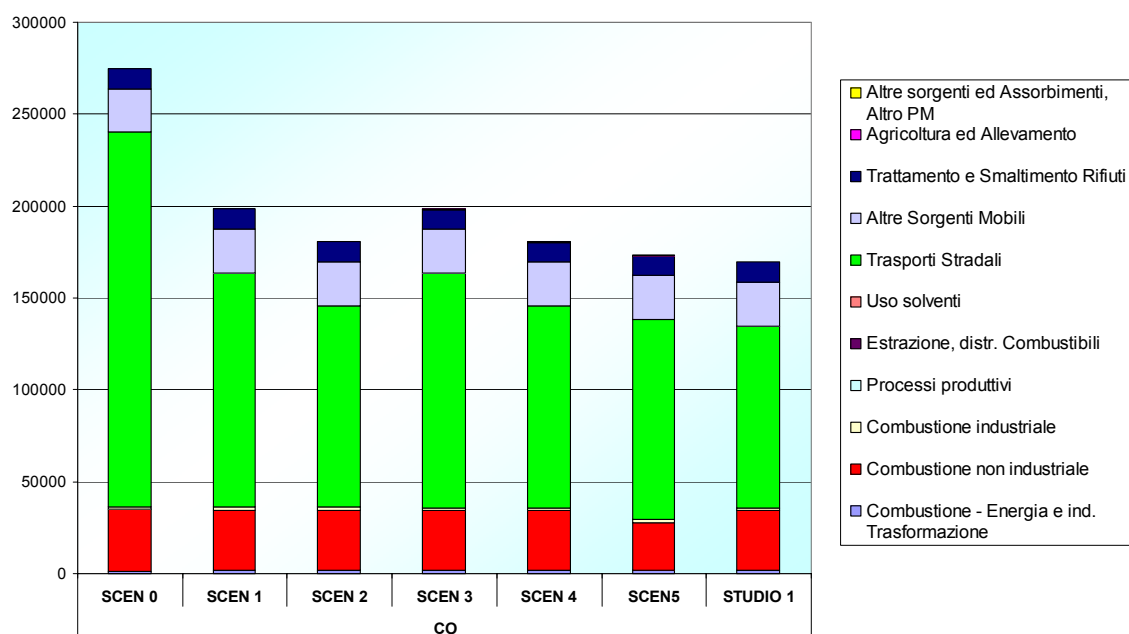


Figura 6.32 – Confronto tra le emissioni di CO nei diversi scenari (t/anno)

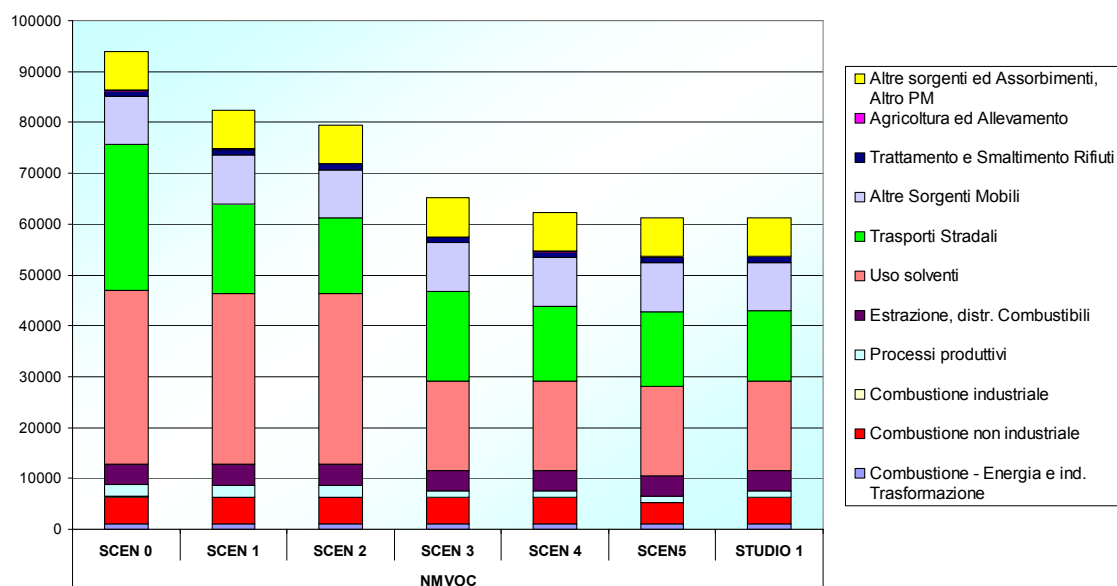


Figura 6.33 – Confronto tra le emissioni di NMVOC nei diversi scenari (t/anno)

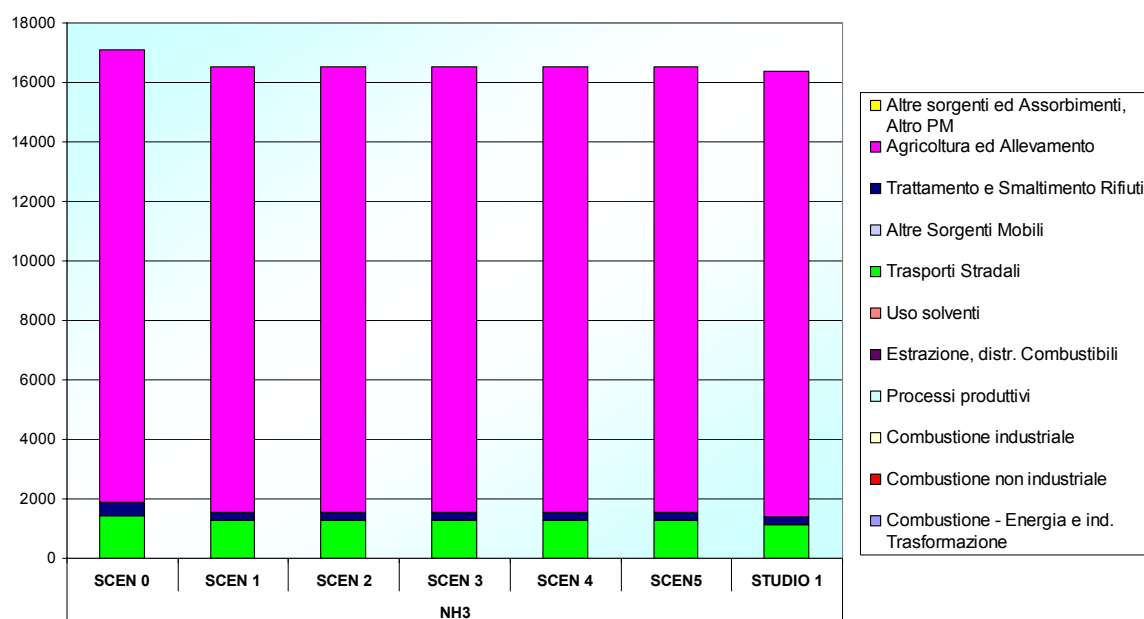


Figura 6.34 – Confronto tra le emissioni di NH3 nei diversi scenari (t/anno)

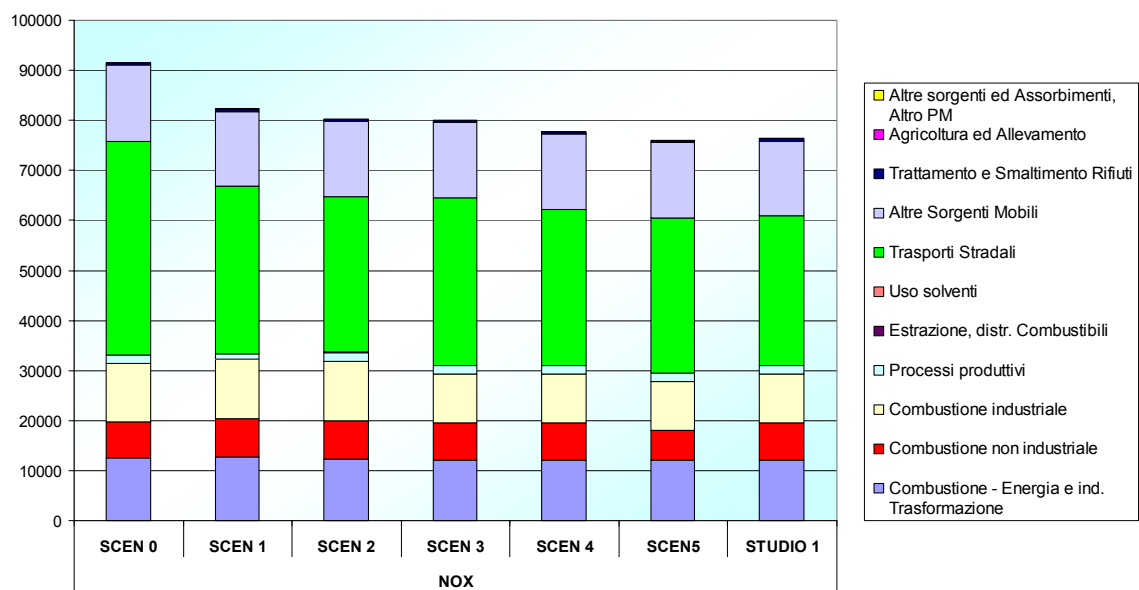


Figura 6.35 – Confronto tra le emissioni di NOx nei diversi scenari (t/anno)

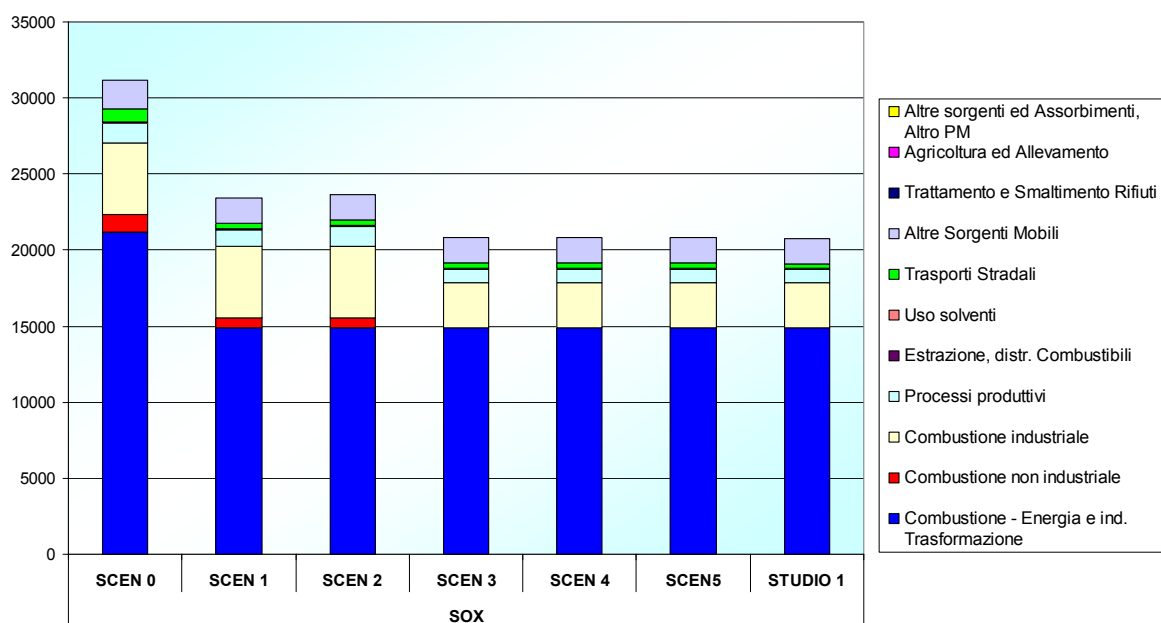


Figura 6.3615 – Confronto tra le emissioni di SOx nei diversi scenari (t/anno)

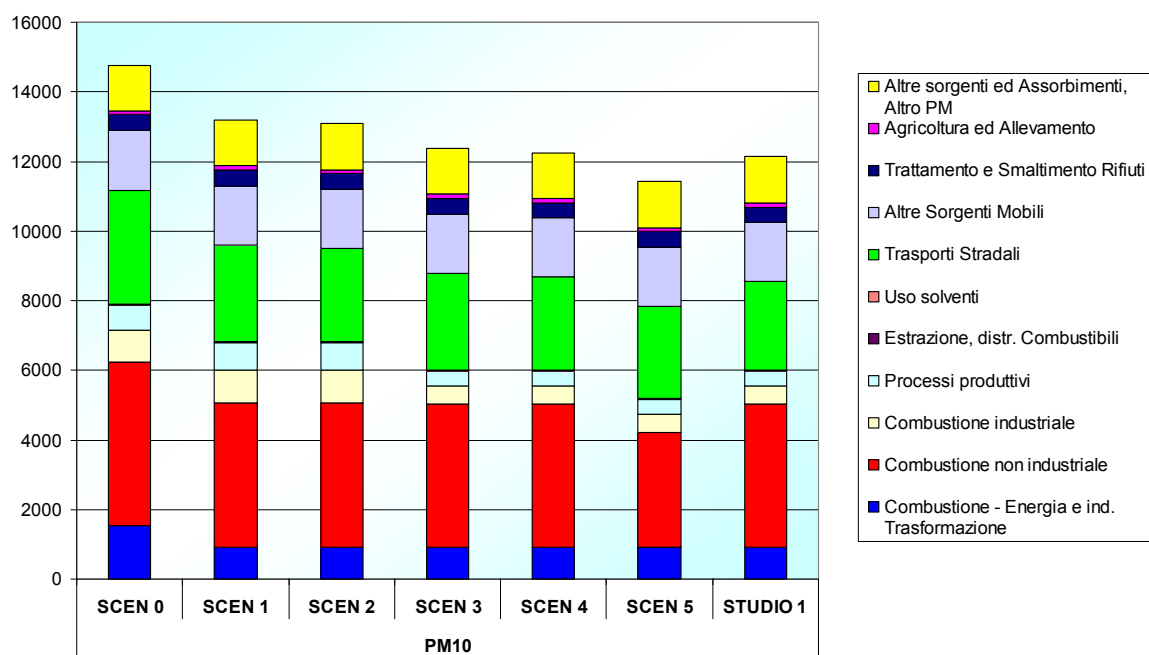


Figura 6.37 – Confronto tra le emissioni di PM10 nei diversi scenari (t/anno)

## 6.8 Confronto concentrazioni tra i diversi scenari

Tramite l'uso reiterato dei modelli di diffusione e trasformazione degli inquinanti è stato possibile individuare la possibile riduzione delle emissioni in funzione delle diverse misure prefigurate. Nel seguito si riporta un confronto dei risultati conseguibili, in termini di concentrazione degli inquinanti in atmosfera, associati ai diversi scenari e separatamente per i due domini di calcolo considerati nell'analisi.

### 6.8.1 Dominio di calcolo 1Km x 1Km

Di seguito sono riportati i confronti delle medie annuali delle concentrazioni degli inquinanti tra i vari scenari proposti sulla griglia di calcolo a risoluzione maggiore (1 Km x 1 Km - Comune di Roma)

Le distribuzioni spaziali delle concentrazioni medie annuali relative ai diversi scenari sono state stimate, a partire dalle simulazioni annuali (Scenario 2005) e dalle simulazioni bimestrali (Scenario X), mediante l'utilizzo della seguente relazione:

$$\overline{C_{ScenarioX}^{year}} = \overline{C_{ScenarioX}^{1/6}} \cdot \frac{\overline{C_{Scenario0}^{year}}}{\overline{C_{Scenario0}^{1/6}}} \quad (1)$$

Nelle figure seguenti sono riportate le distribuzioni spaziali della concentrazione media annuale di NO<sub>2</sub>, PM<sub>10</sub>, Benzene ed SO<sub>2</sub> relativamente agli scenari simulati e la differenza, in termini di valore assoluto della concentrazione, tra ogni singolo scenario simulato e lo scenario base (scenario 0) mediante la seguente relazione :

$$\overline{C_{Scenario0}} - \overline{C_{ScenarioX}} \quad (2)$$

e vanno interpretate secondo lo schema riportato nella seguente figura.

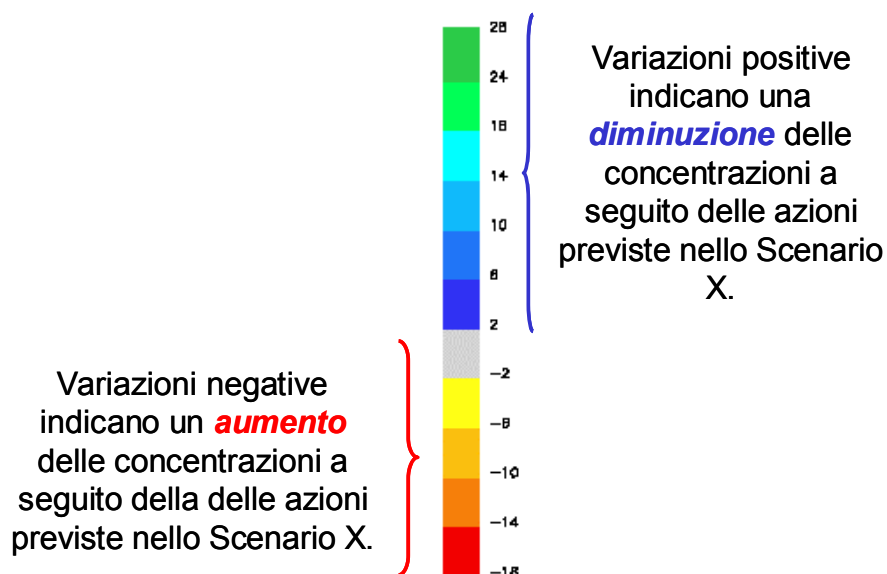


Figura 6.38 – Interpretazione mappe di variazioni assolute

Le mappe delle concentrazioni assolute vanno interpretate secondo la scala dei colori vicino all'ultimo grafico di ogni serie.

## NO<sub>2</sub>

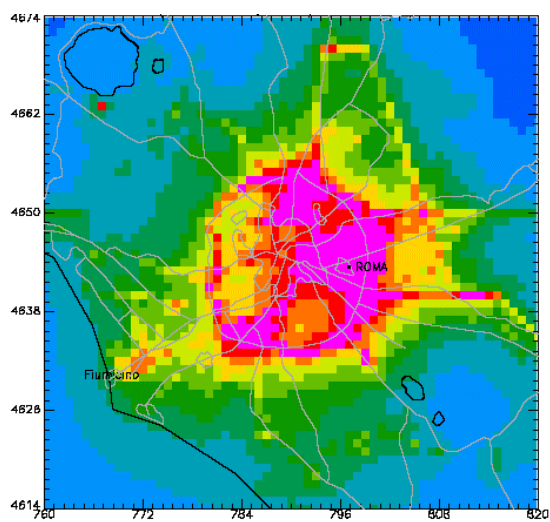
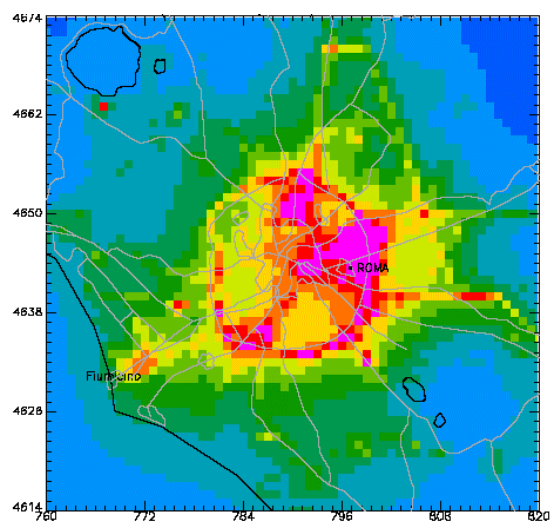
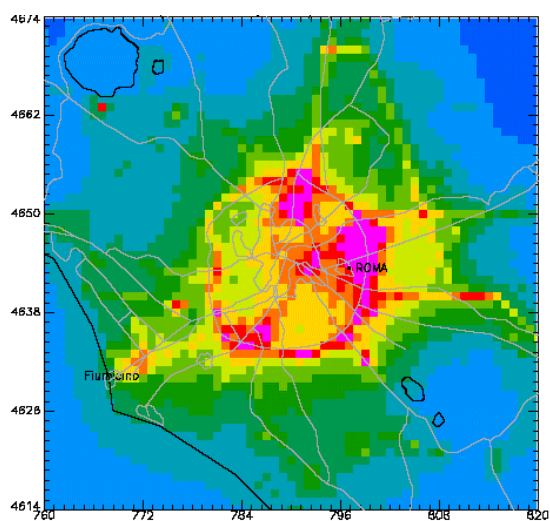
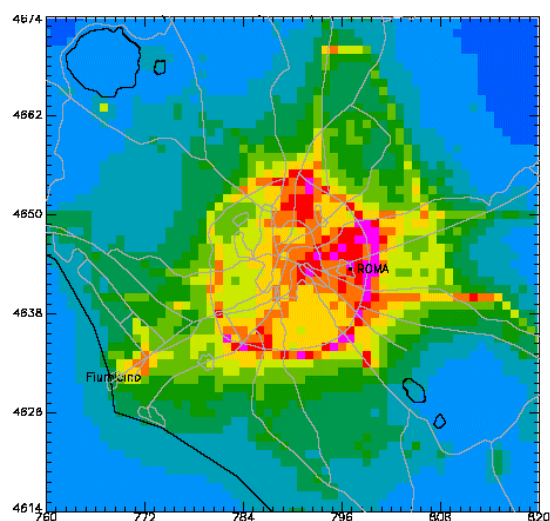
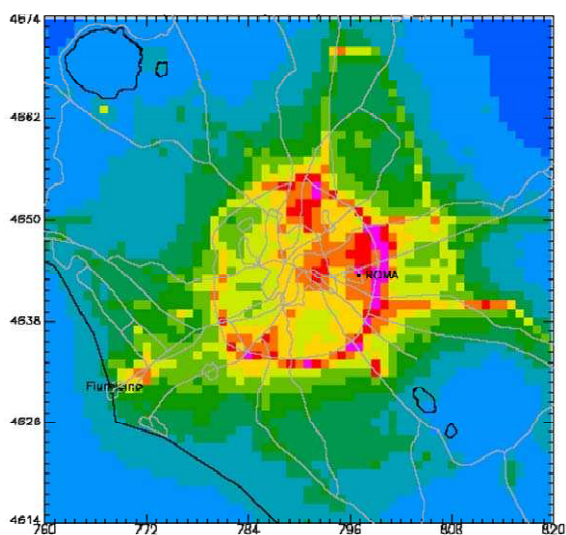
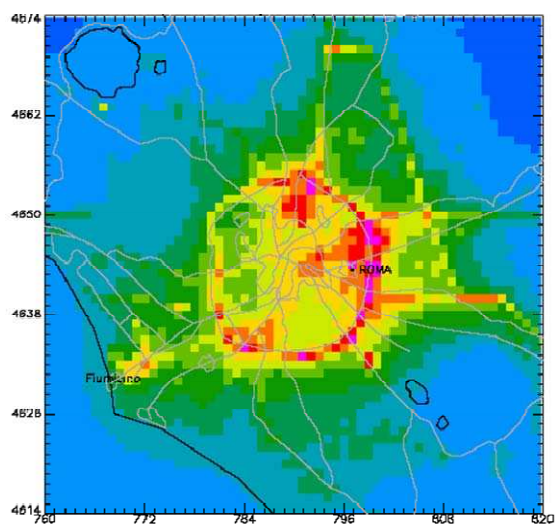
Nelle figura 6.39 e 6.40 viene riportata la distribuzione della concentrazione annuale media di NO<sub>2</sub> e le variazioni annuali di ciascun scenario rispetto allo scenario base.

A parte lo scenario di riferimento (scenario 0) che descrive lo stato di fatto al 2005, gli scenario 1, 2 e 4, anche se mostrano un progressivo decremento della concentrazione media annua di biossido di azoto non sembrano sufficienti a garantire il non superamento del limite di legge annuale previsto dal DM60/2002 (40 µg/m<sup>3</sup>) all'interno del GRA.

Pertanto si sono previste ulteriori specifiche misure per il comune di Roma, rappresentate dalla scenario 5, che mostra un sostanziale abbassamento della concentrazione media annua di biossido di azoto a tal punto da rispettare quanto previsto dalla normativa vigente all'interno del GRA, sul quale invece si osservano alcune celle con valori superiori al limite; lo stesso modello è riproposto dallo scenario A con miglioramenti più marcati.

Quanto detto risulta confermato nella figura 6.40, in cui sono riportate le variazioni assolute tra gli scenari proposti e quello base, dove si evidenzia un sostanziale decremento della concentrazione media annua di NO<sub>2</sub> che raggiunge il suo massimo nello scenario A, ma che vede lo scenario 5 abbastanza vicino al precedente.



**Scenario 0****Scenario 1****Scenario 2****Scenario 3****Scenario 4****Scenario 5**

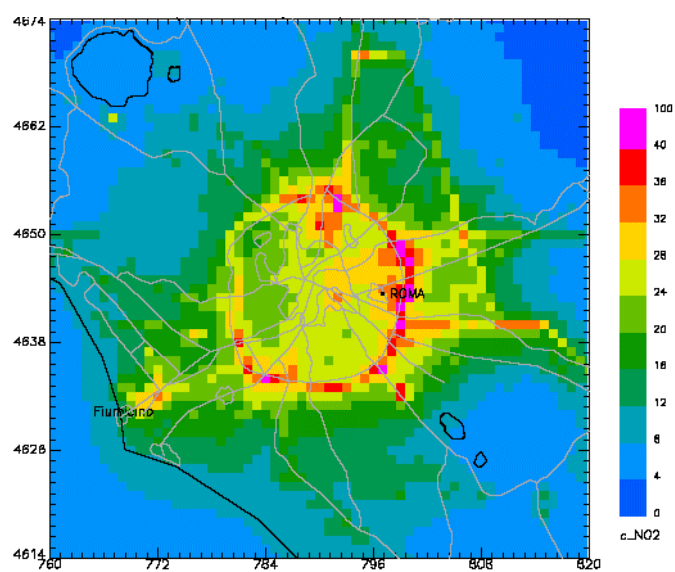
**Scenario A**

Figura 6.39 – Concentrazioni “medie annuali” di NO<sub>2</sub> calcolate mediante l'utilizzo della (1).

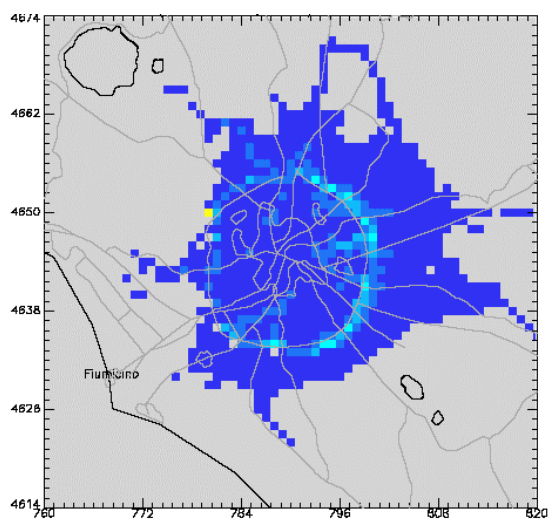
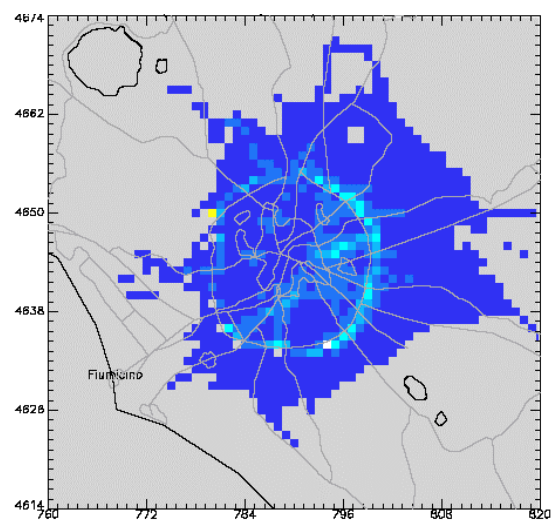
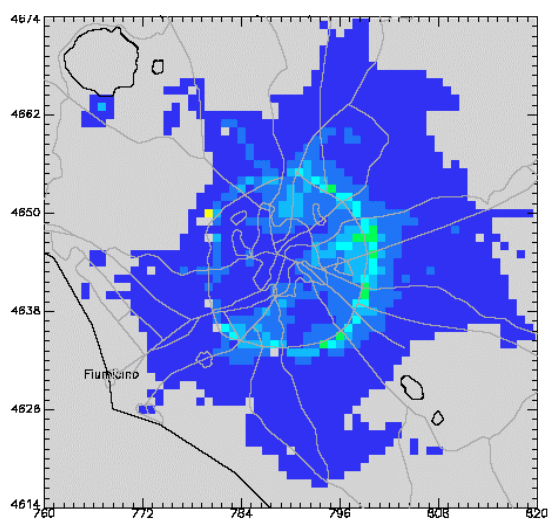
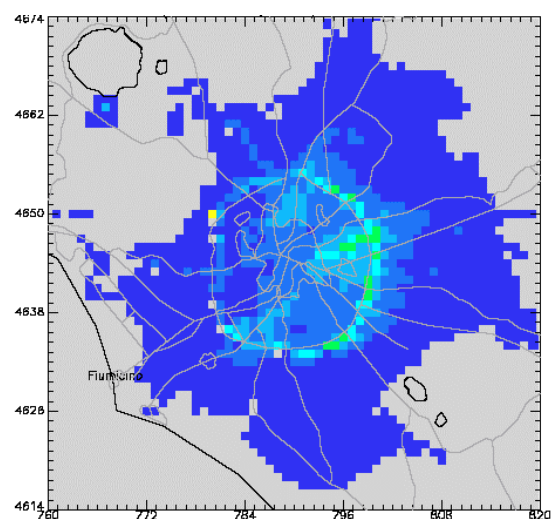
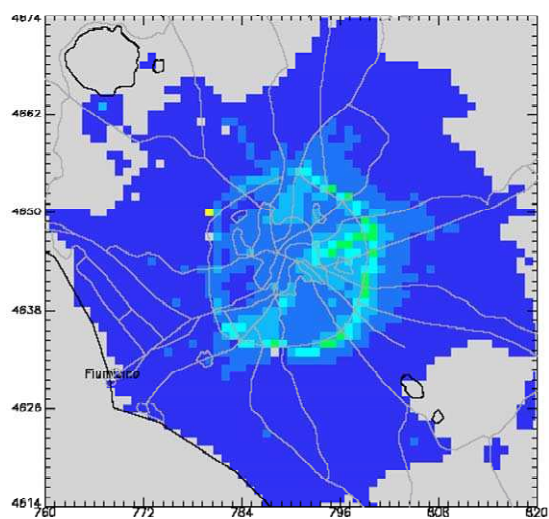
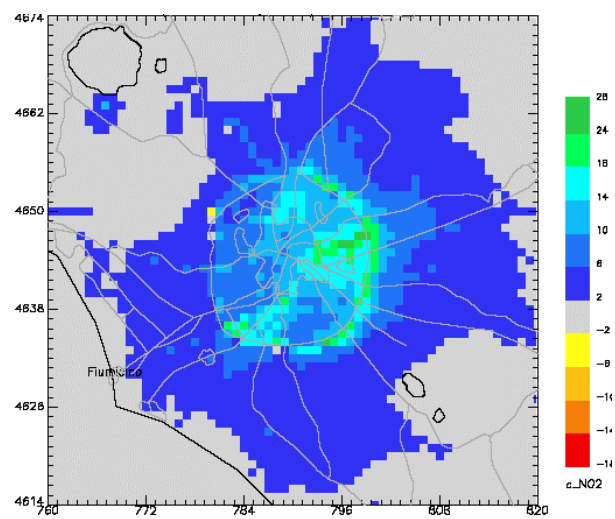
**Scenario 0 - Scenario 1**

**Scenario 0 - Scenario 2**

**Scenario 0 - Scenario 3**

**Scenario 0 - Scenario 4**

**Scenario 0 - Scenario 5**

**Scenario 0 - Scenario A**


Figura 6.40 – Mappe di variazioni assolute relativamente al NO2.

### PM10

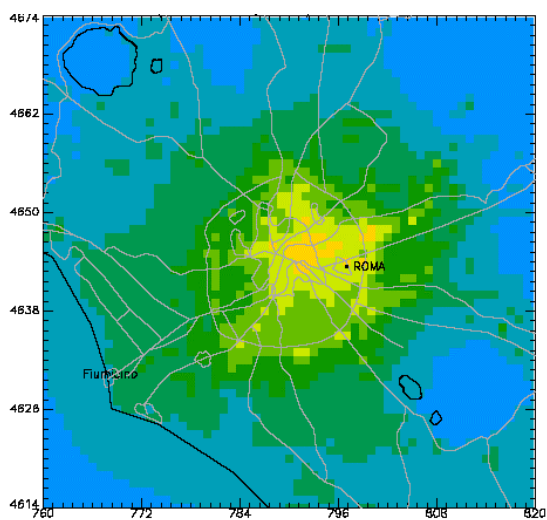
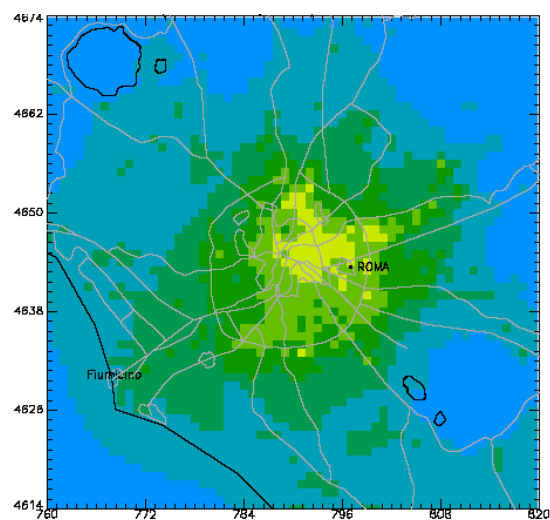
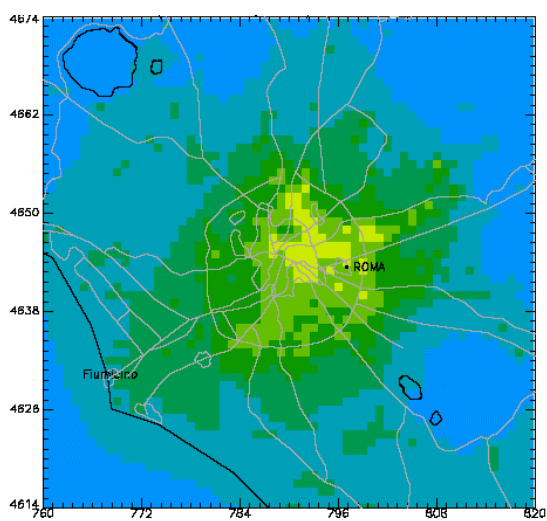
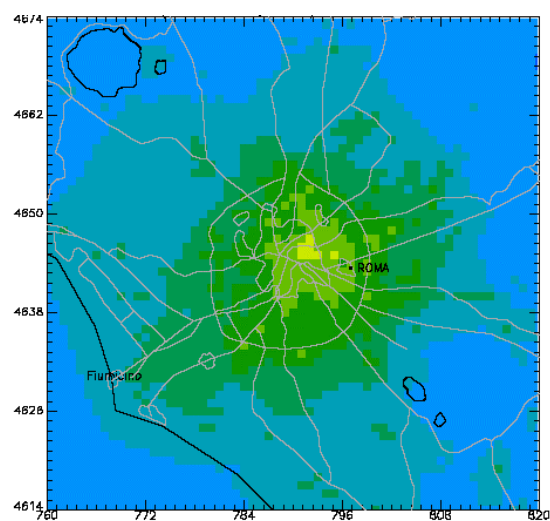
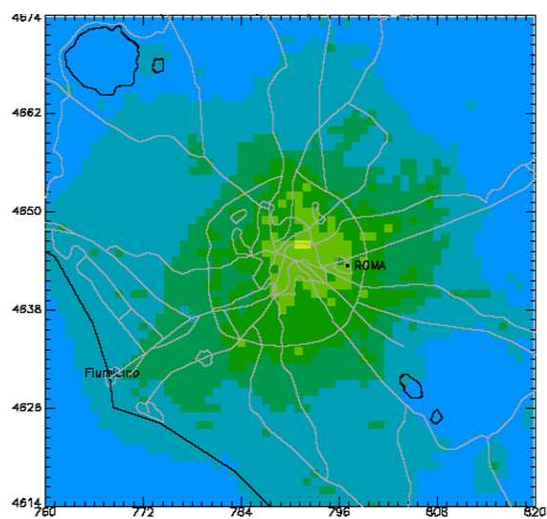
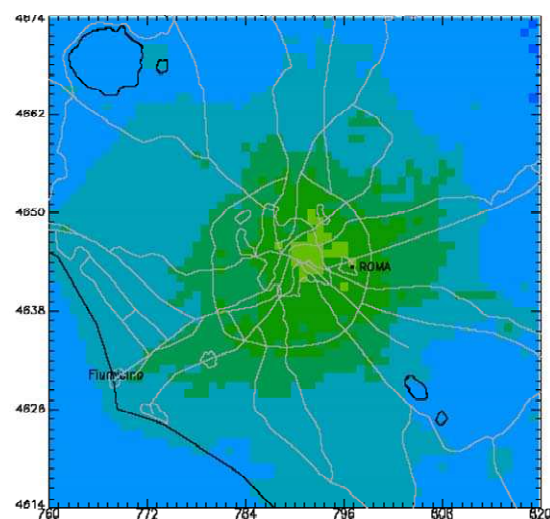
Nelle figure 6.41 e 6.42 vengono riportate rispettivamente la distribuzione della concentrazione annuale media di PM10 e le variazioni annuali di ciascun scenario rispetto allo scenario base.

La simulazione della distribuzione della concentrazione media annua di particolato evidenzia un progressivo miglioramento in tutti gli scenari proposti, il beneficio massimo si ottiene per questo inquinante nello scenario 5 anche se lo scenario A è molto prossimo a questo.

In merito allo scenario di riferimento (scenario 0), che mostra il non superamento del limite annuale stabilito dalla normativa, è necessario tener presente che il modello non è in grado di tener conto degli effetti locali che tipicamente sono la causa più probabile di molte delle situazioni critiche.

Al termine di questa trattazione si proporrà una metodologia empirica basata sulle rilevazioni storiche della rete laziale che consente di ottenere una stima alternativa del numero di superamenti nelle varie postazioni di monitoraggio, a partire dal valor medio annuo di PM10,



**Scenario 0****Scenario 1****Scenario 2****Scenario 3****Scenario 4****Scenario 5**

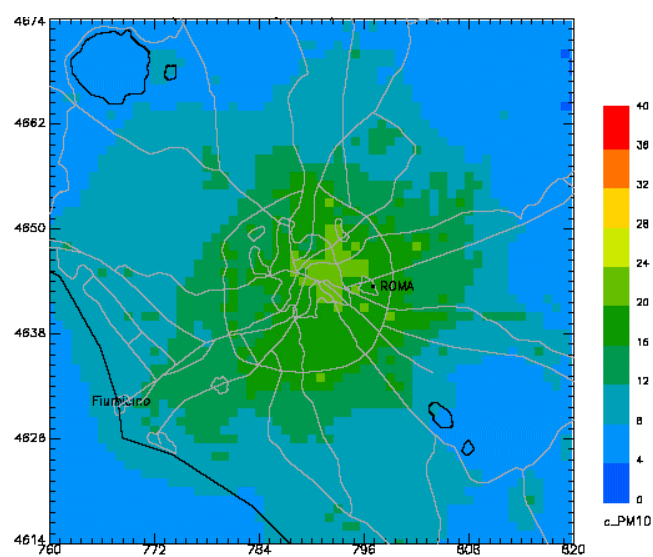
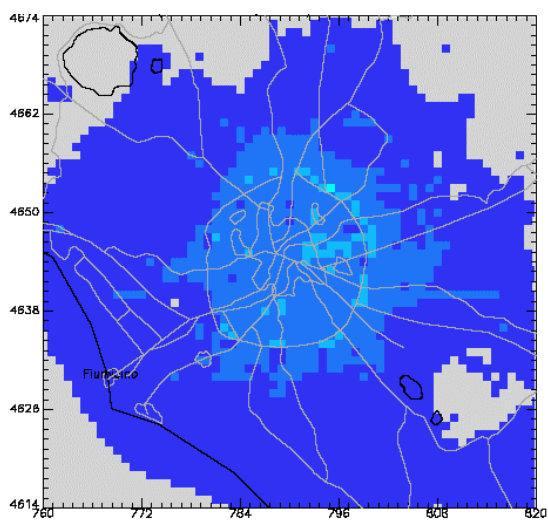
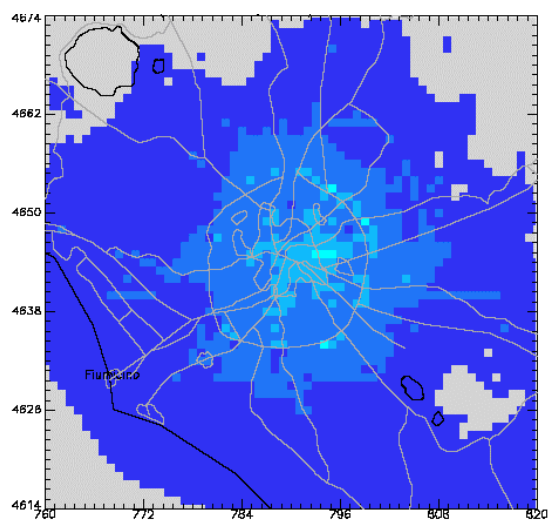
**Scenario A**

Figura 6.41 – Concentrazioni “medie annuali” di PM10 calcolate mediante l'utilizzo della (1).

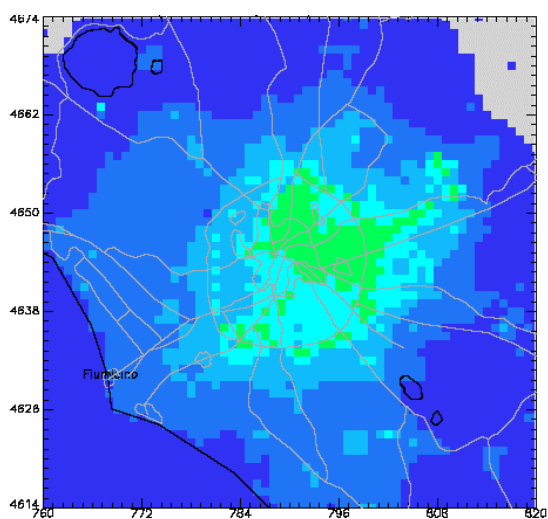
Scenario 0 - Scenario 1



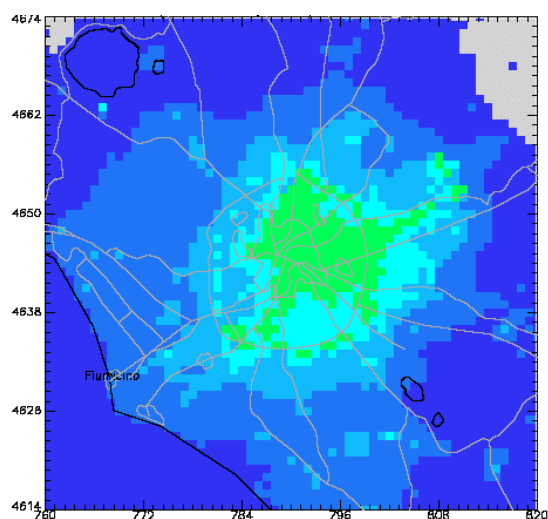
Scenario 0 - Scenario 2



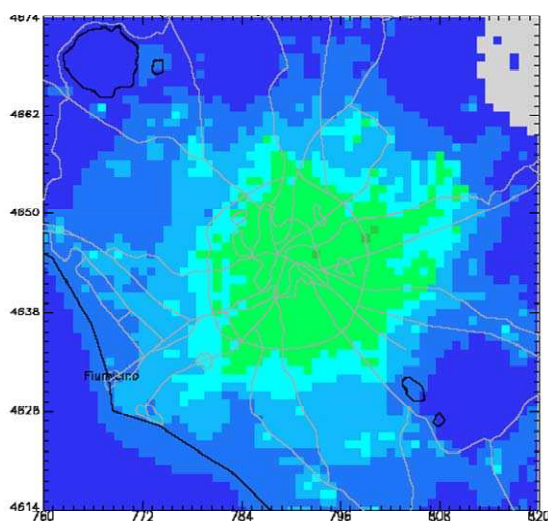
Scenario 0 - Scenario 3



Scenario 0 - Scenario 4



Scenario 0 - Scenario 5



Scenario 0 - Scenario A

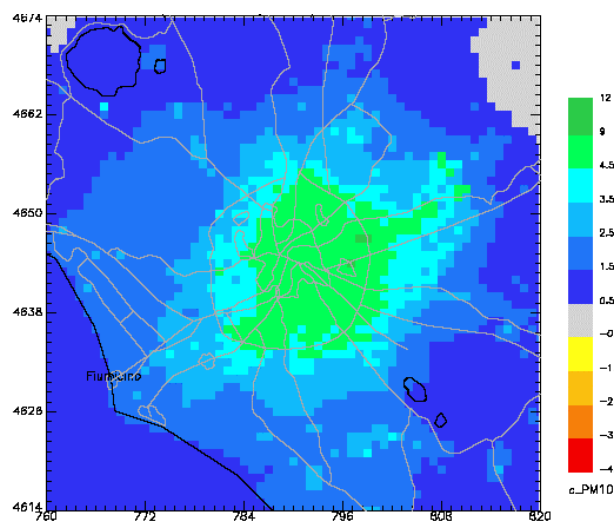


Figura 6.42 Mappe di variazioni assolute relativamente al PM10.

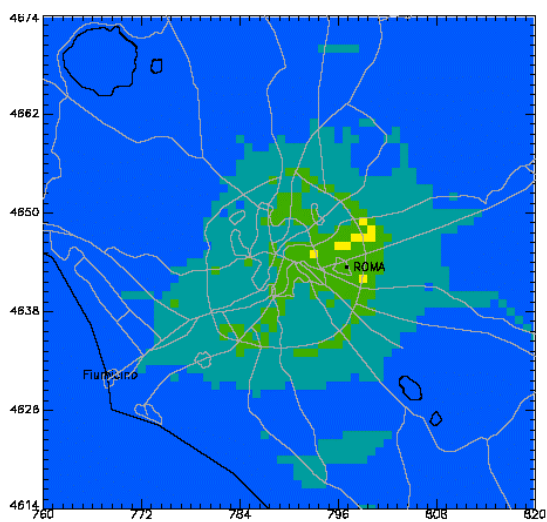
### Benzene ed SO<sub>2</sub>

Nelle figure 6.43÷6.46 è mostrata la distribuzione spaziale e la variazione assoluta della concentrazione media annua di, rispettivamente, benzene e SO<sub>2</sub>.

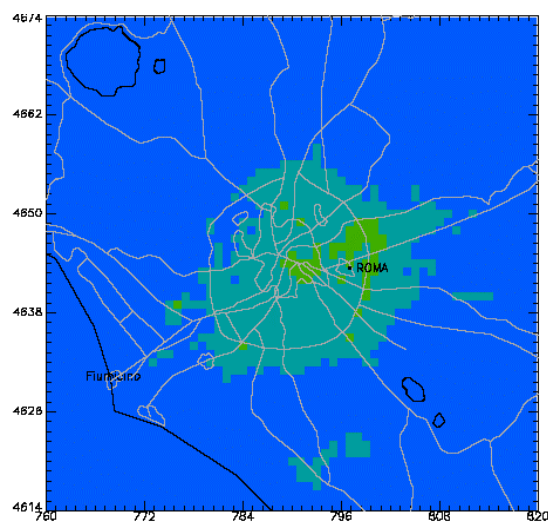
Come previsto tutti gli scenari proposti evidenziano un miglioramento rispetto allo scenario base che comunque non presenta, per queste due sostanze, criticità particolari.



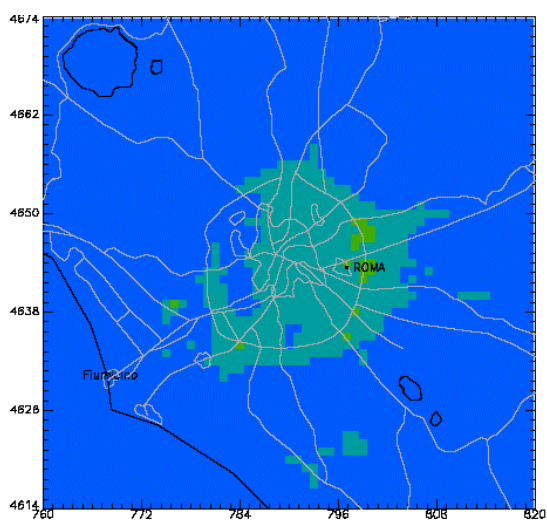
**Scenario 0**



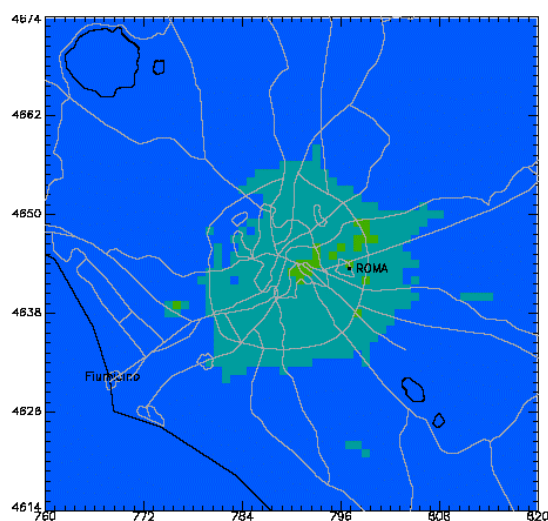
**Scenario 1**



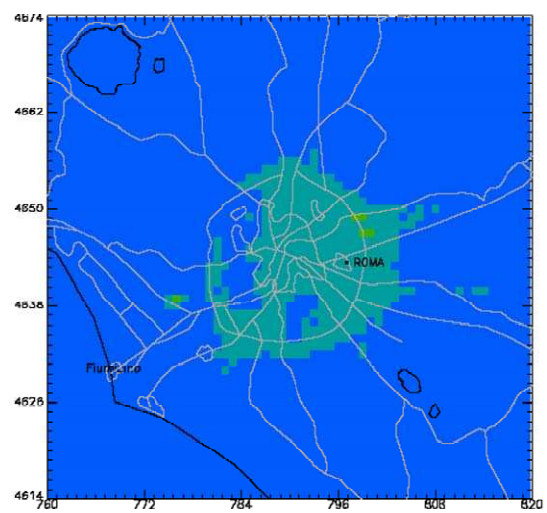
**Scenario 2**



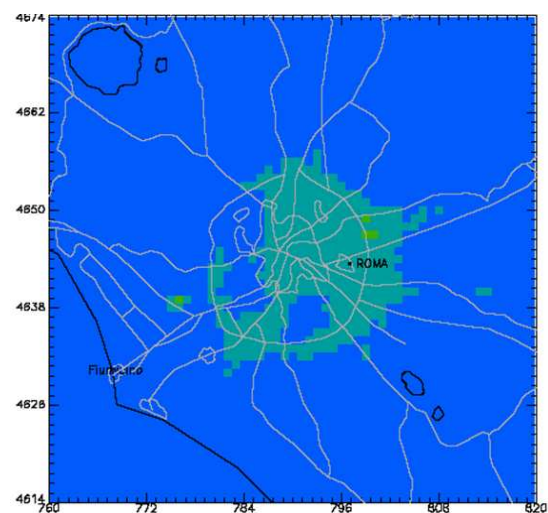
**Scenario 3**



**Scenario 4**



**Scenario 5**



## Scenario A

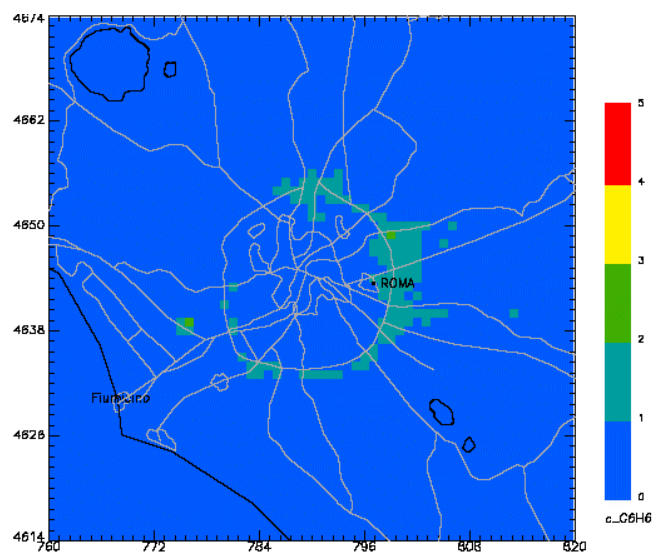


Figura 6.43 – Concentrazioni “medie annuali” di C6H6 calcolate mediante l’utilizzo della (1).

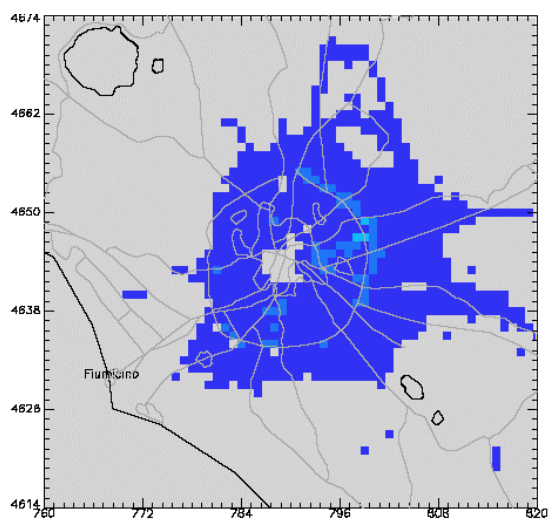
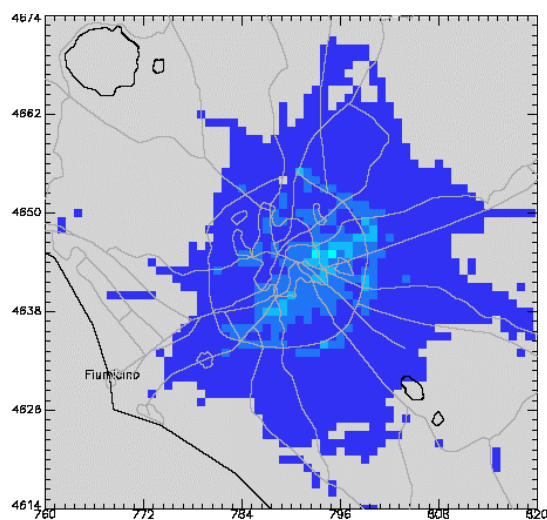
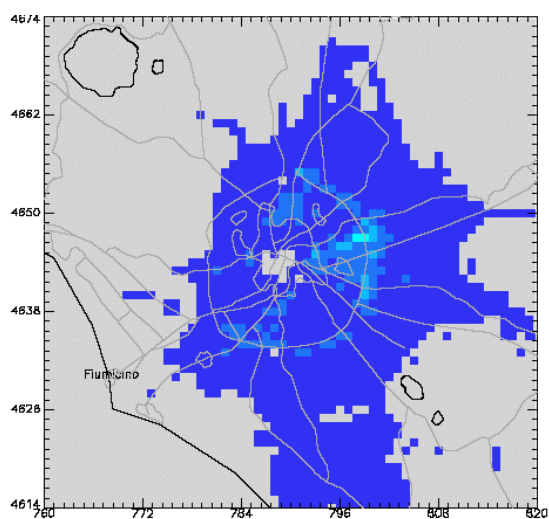
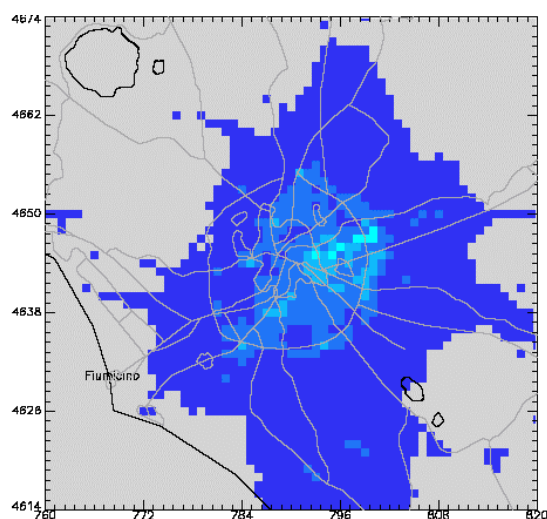
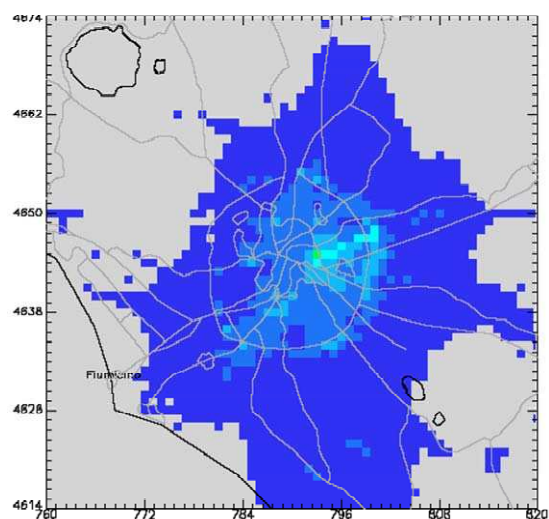
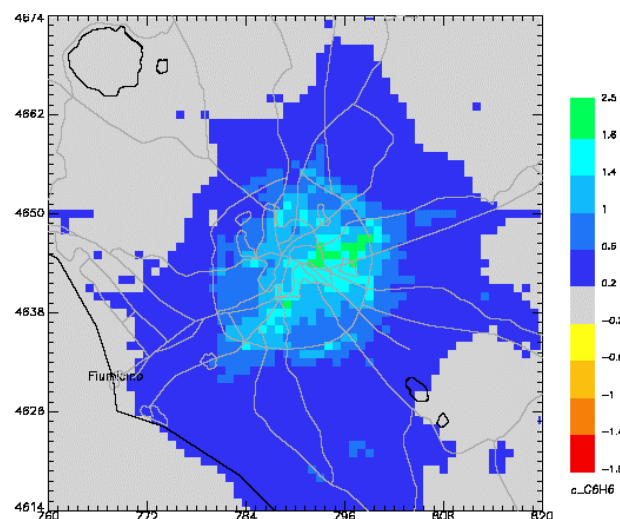
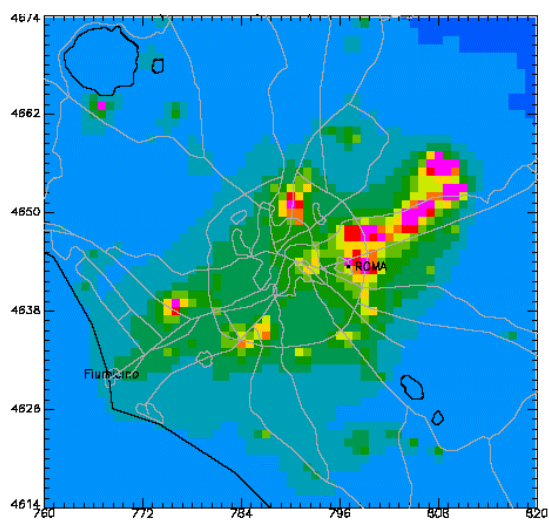
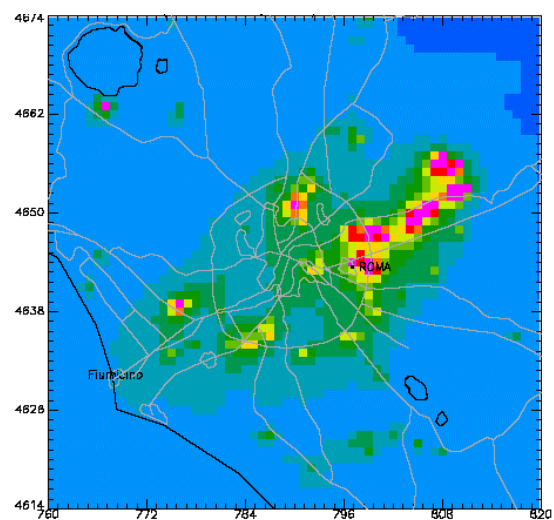
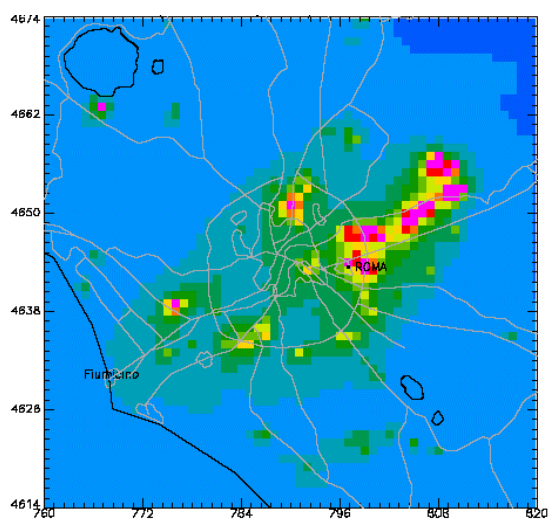
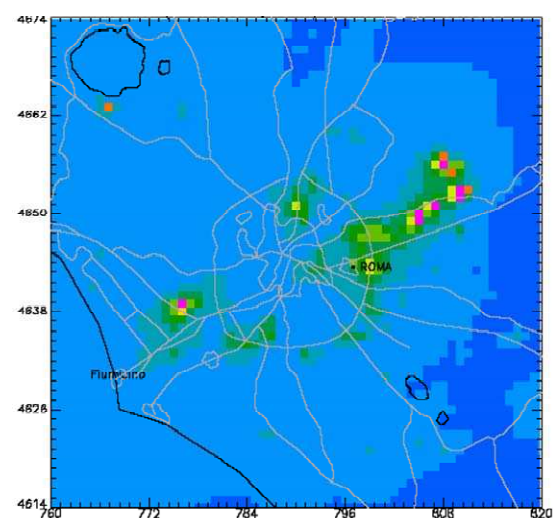
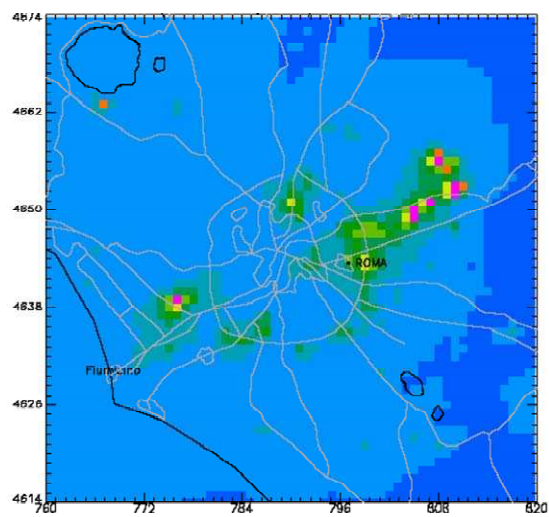
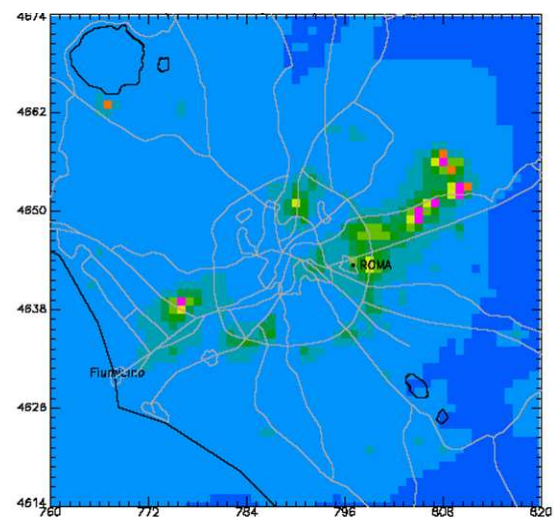
**Scenario 0 - Scenario 1****Scenario 0 - Scenario 2****Scenario 0 - Scenario 3****Scenario 0 - Scenario 4****Scenario 0 - Scenario 5****Scenario 0 - Scenario A**

Figura 6.44 – Mappe di variazioni assolute relativamente al C6H10 calcolate mediante l'utilizzo della (2).



**Scenario 0****Scenario 1****Scenario 2****Scenario 3****Scenario 4****Scenario 5**

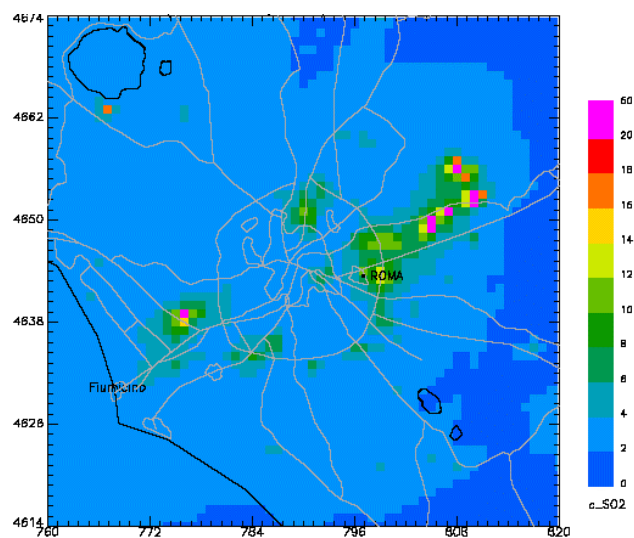
**Scenario A**

Figura 6.45 – Concentrazioni “medie annuali” di SO<sub>2</sub> calcolate mediante l'utilizzo della (1).

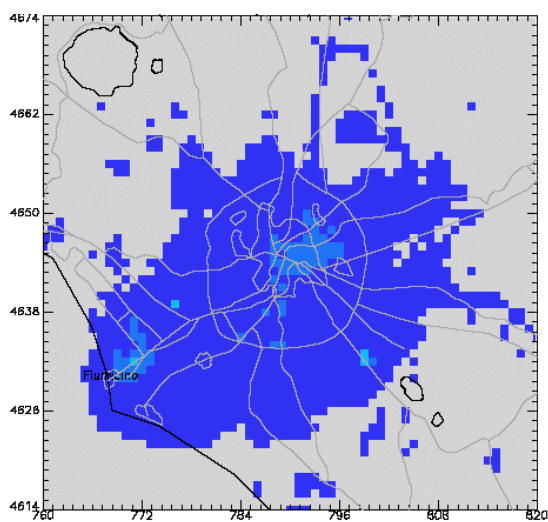
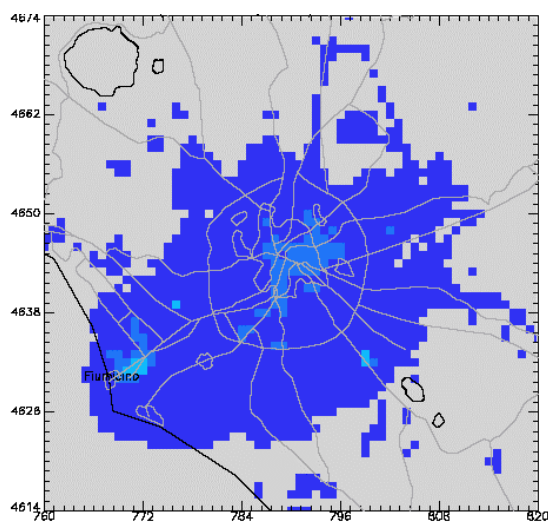
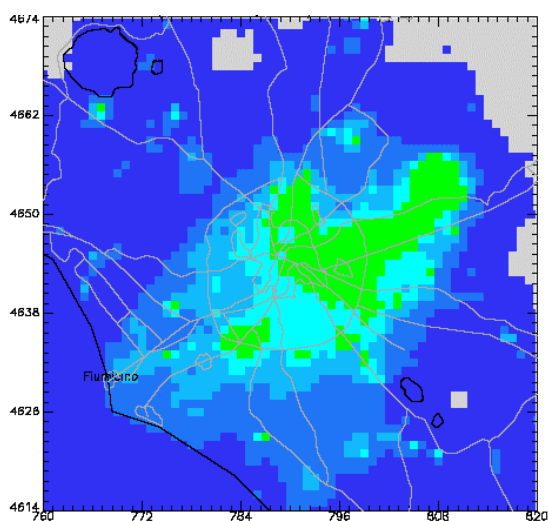
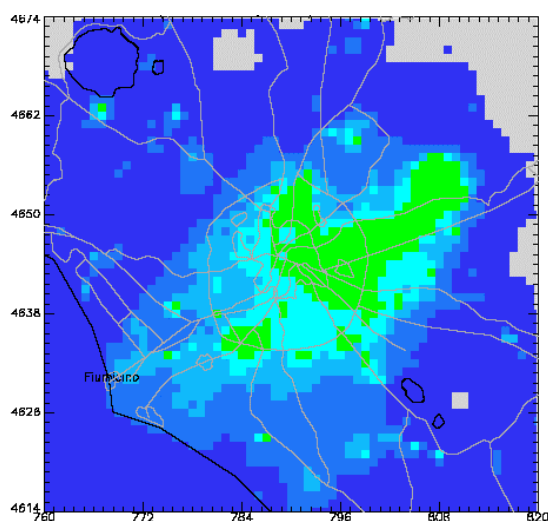
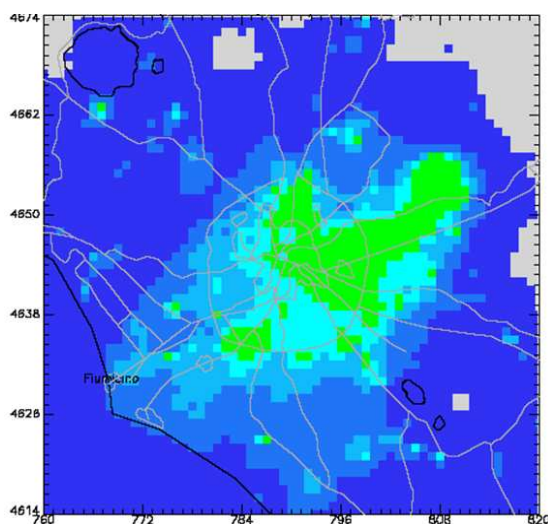
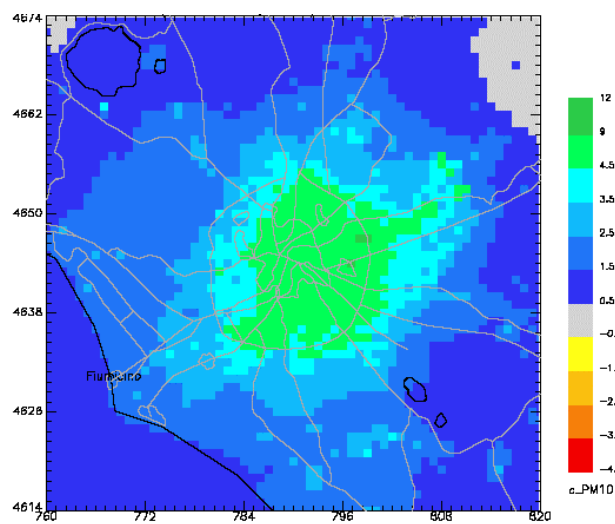
**Scenario 0 - Scenario 1****Scenario 0 - Scenario 2****Scenario 0 - Scenario 3****Scenario 0 - Scenario 4****Scenario 0 - Scenario 5****Scenario 0 - Scenario A**

Figura 6.46 – Mappe di variazioni assolute relativamente al SO<sub>2</sub> calcolate mediante l'utilizzo della (2).

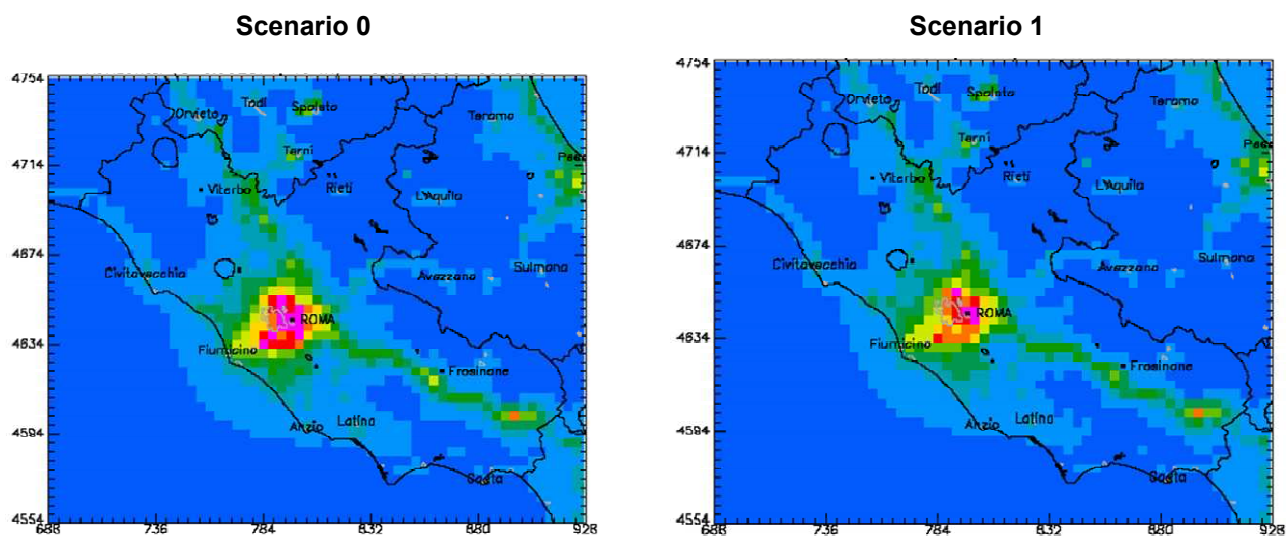
### 6.8.2 Dominio di calcolo regionale - 4Km x 4Km

Per completezza dell'informazione di seguito vengono riportati i confronti delle medie annuali delle concentrazioni degli inquinanti tra i vari scenari proposti sulla griglia di calcolo di 4 Km x 4 Km.

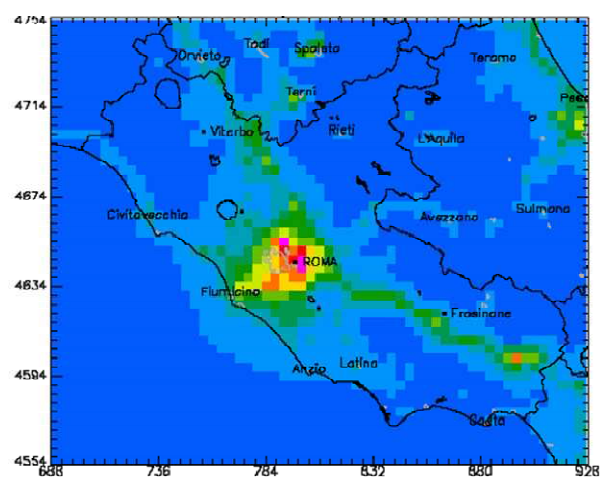
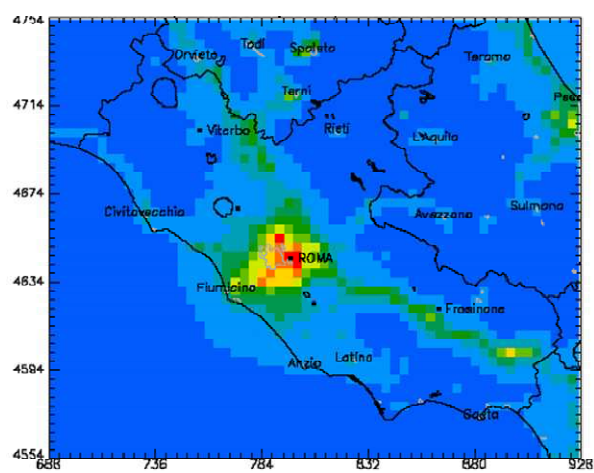
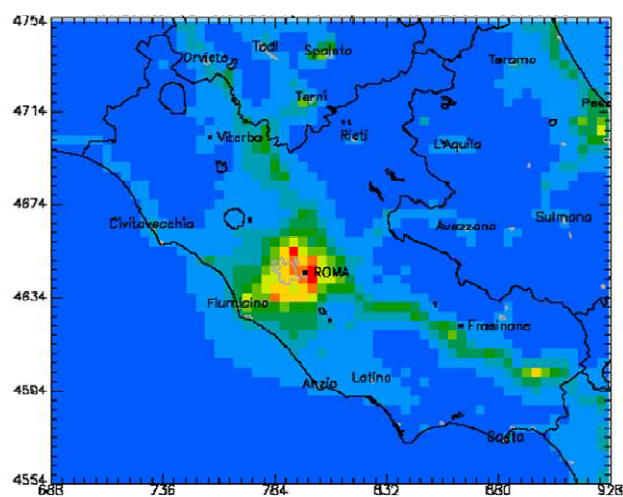
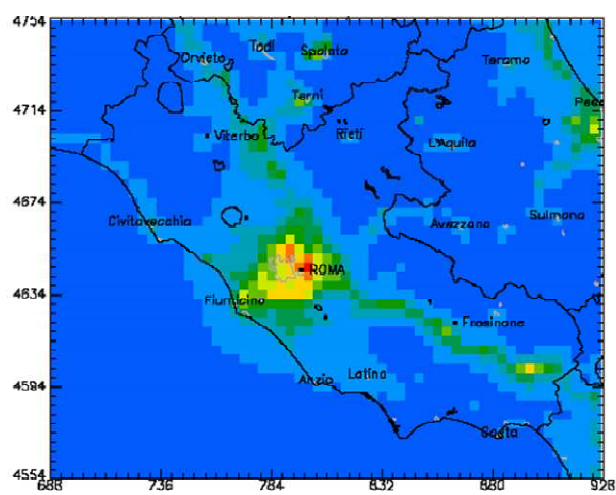
Occorre comunque ricordare quanto premesso nel capitolo 3 relativamente alla tendenziale sottostima del modello rispetto agli indici osservati, dovuta sia alla scarsa risoluzione spaziale considerata sia al minore dettaglio informativo del quadro emissivo, che non permette di valutare appieno l'intensità degli indici e di apprezzare le situazioni localizzate di criticità.

Per superare tale inadeguatezza è stata messa a punto una procedura empirica, presentata nel prossimo paragrafo, che, basandosi sulle rilevazioni storiche della rete laziale, ricalcola gli indici in corrispondenza delle stazioni di misura.

NO<sub>2</sub>

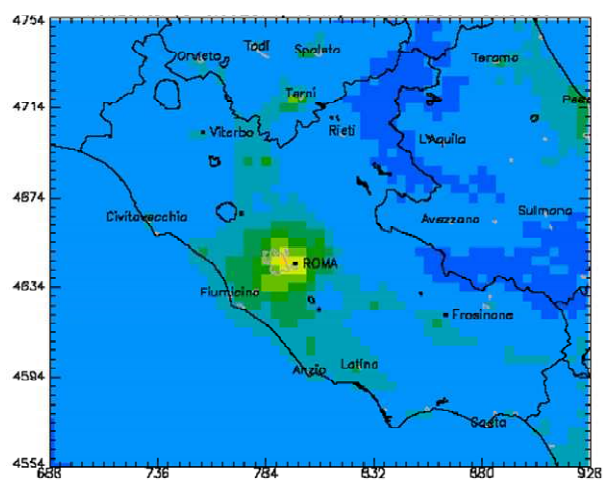




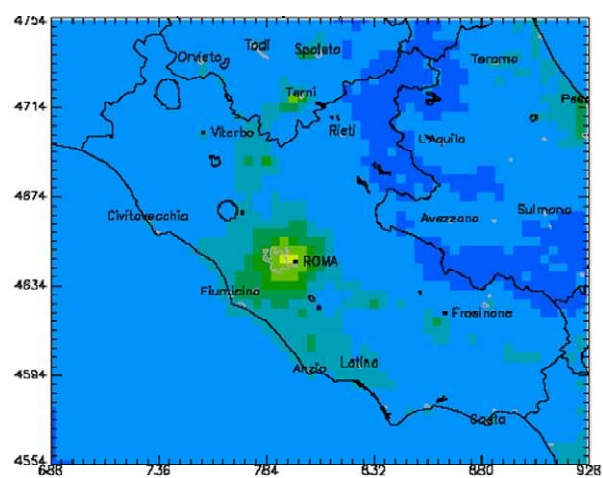
**Scenario 2****Scenario 3****Scenario 4****Scenario 5**

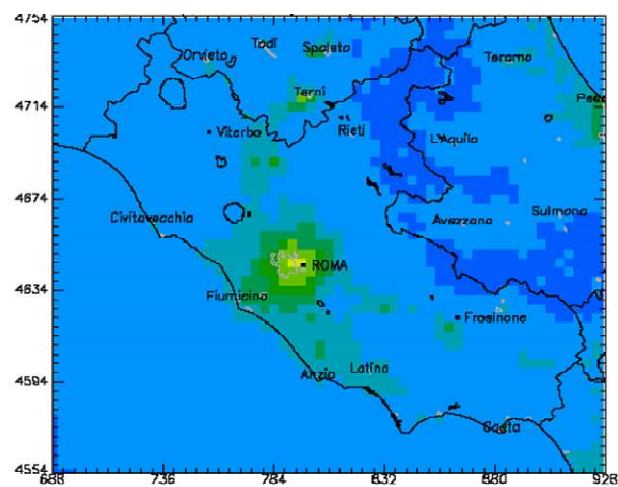
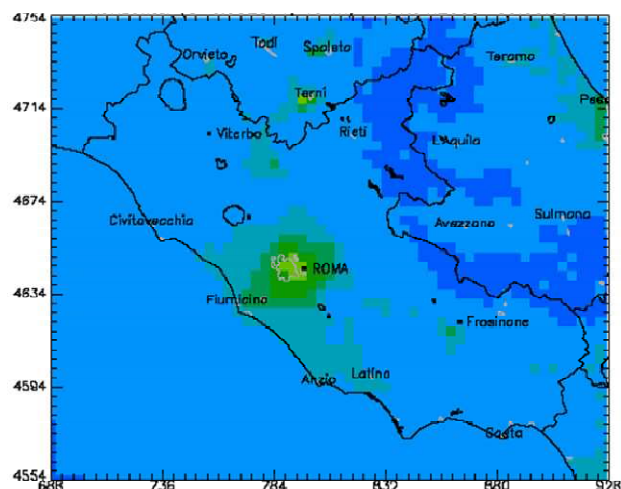
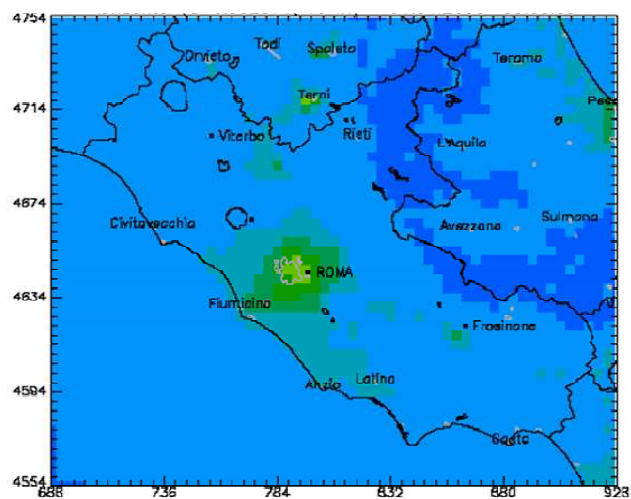
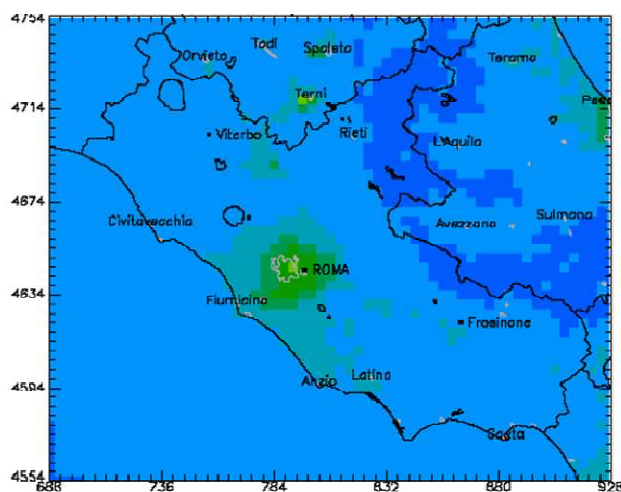
## PM10

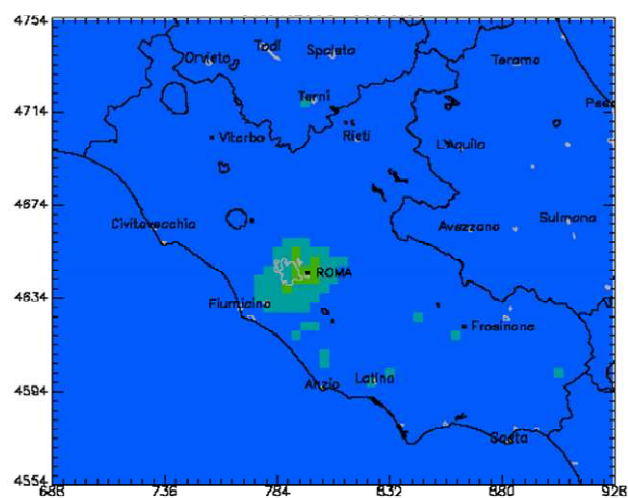
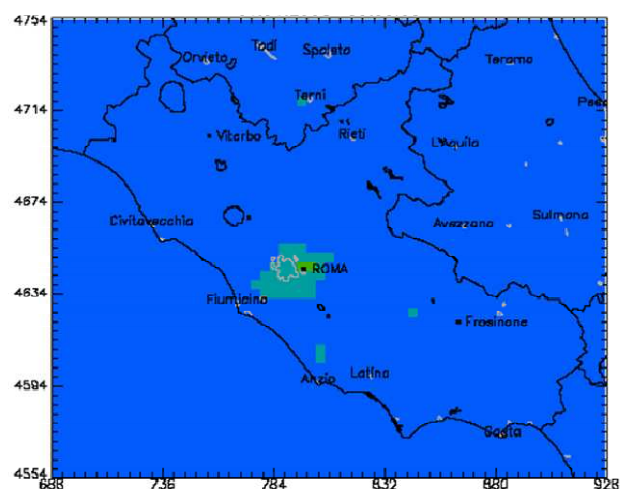
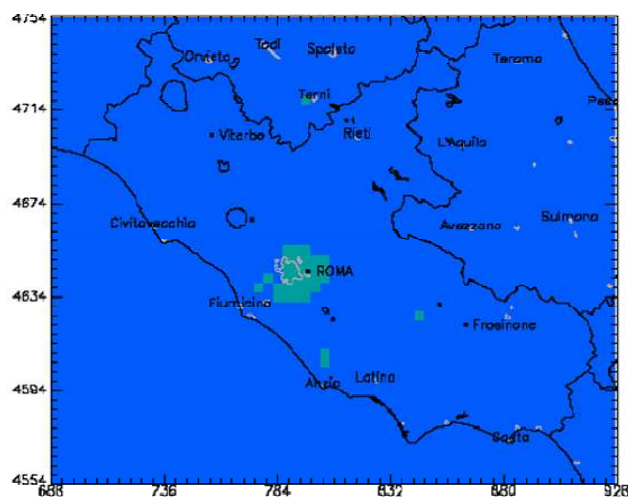
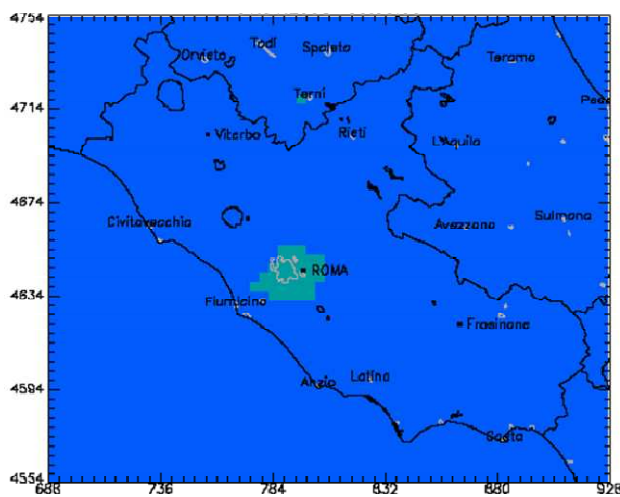
Scenario 0



Scenario 1

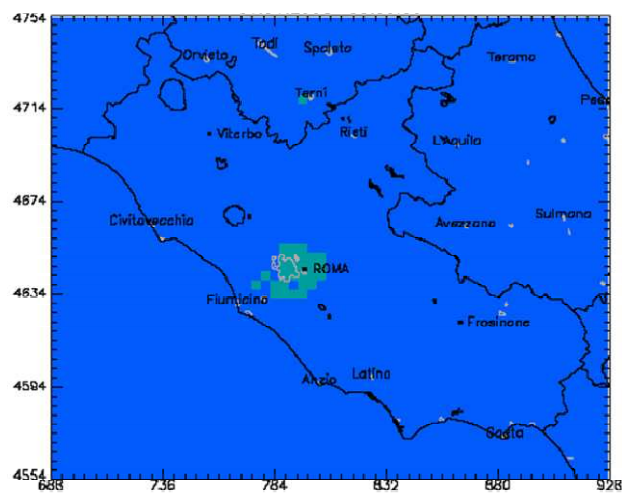


**Scenario 2****Scenario 3****Scenario 4****Scenario 5**

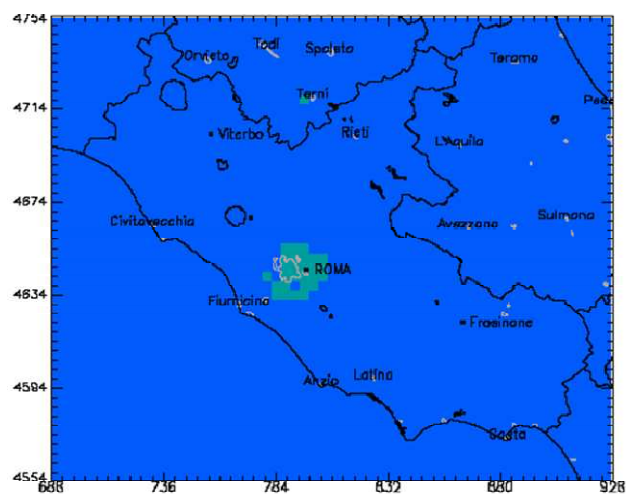
**Benzene****Scenario 0****Scenario 1****Scenario 2****Scenario 3**



Scenario 4

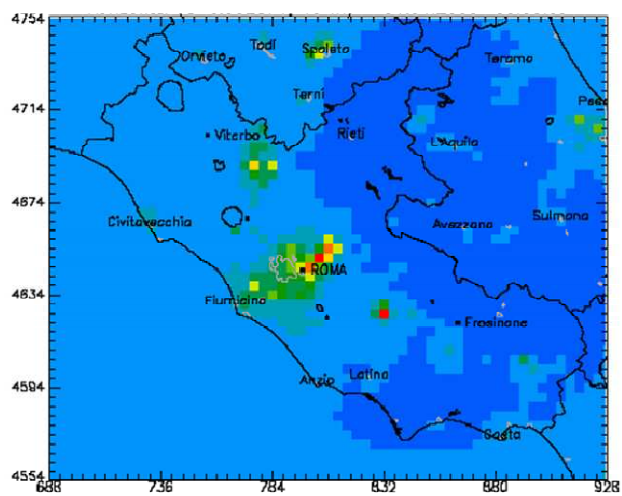


Scenario 5

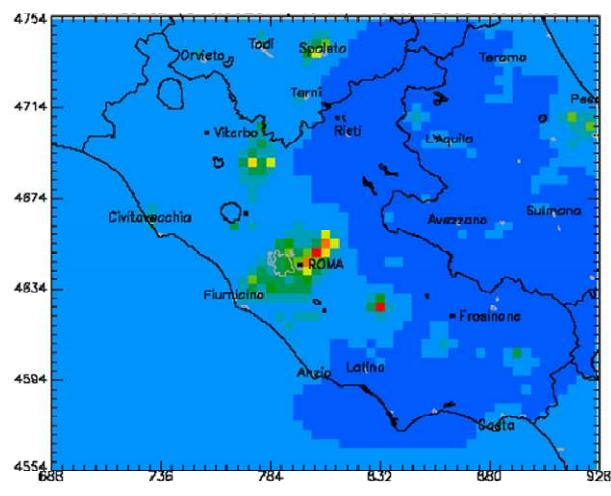


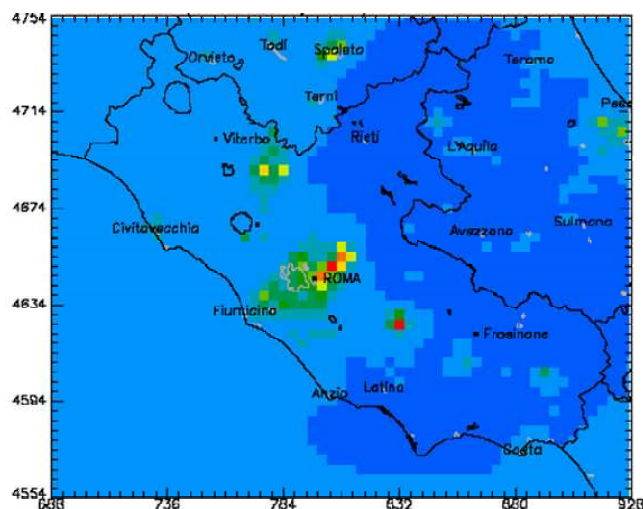
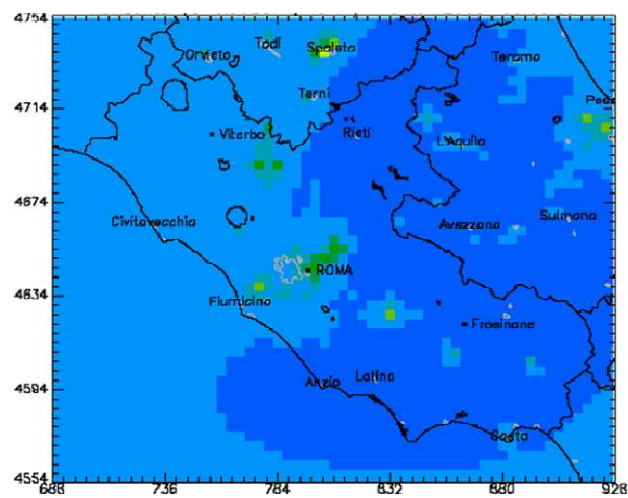
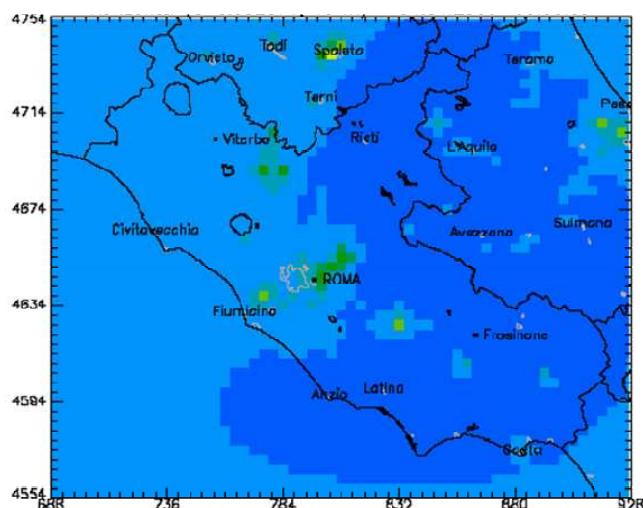
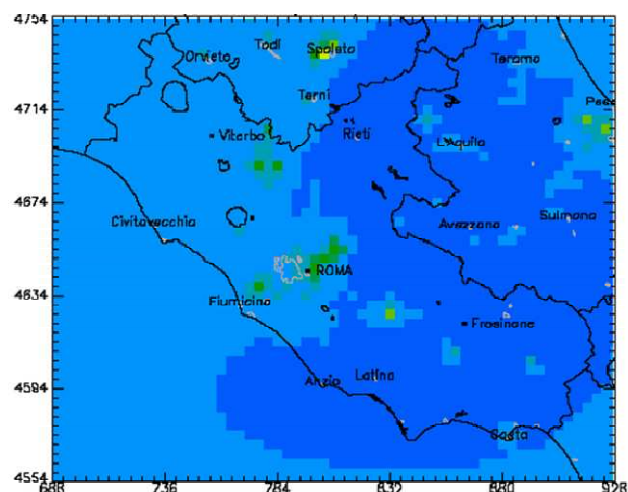
SO2

Scenario 0



Scenario 1



**Scenario 2****Scenario 3****Scenario 4****Scenario 5**

## 6.9 Confronto modello - centraline

I risultati delle simulazioni effettuate sui due domini di calcolo hanno evidenziato una buona capacità del sistema modellistico di riprodurre le concentrazioni osservate sul dominio locale e una sottostima dei valori osservati sul dominio regionale. Come già evidenziato nei precedenti paragrafi ciò è dovuto sia alla maggiore risoluzione spaziale considerata sia al maggior dettaglio con il quale è stato stimato l'input emissivo per quanto riguarda il traffico autoveicolare romano (modello di traffico ATAC e COPERT III).

Per ottenere una valutazione più riproducibile della realtà osservata è stata utilizzata la seguente espressione che stima le concentrazioni relative allo Scenario X nelle diverse centraline:

$$C_X^{stimata} = C_F + (C_0^{misurata} - C_F) \cdot \left( \frac{C_X^{mod}}{C_0^{mod}} \right)^{1/\gamma} \quad (3)$$

ove  $C_F$  rappresenta la concentrazione di fondo,  $C_0^{misurata}$  la concentrazione osservata nello scenario di riferimento (Scenario 0) e  $C_{0,X}^{mod}$  la concentrazione calcolata rispettivamente nello scenario base (al 2005) e nello scenario X. In tal modo i risultati relativi allo Scenario X tengono conto dei:

- livelli di fondo ( $C_F$ );
- livelli osservati nelle stazioni di misura ( $C_0^{misurata}$ );
- risultati delle simulazioni che considerano i termini non lineari associati ai processi chimici e dispersivi ( $\gamma$ ).

Nella Tabella seguente sono riportati i valori di concentrazione di fondo  $C_F$  che utilizzati nella relazione 3 unitamente alle altre informazioni permette di stimare le concentrazioni medie annuali nelle stazioni di misura.

| <b>Inquinante</b>             | <b>CF</b> | <b>Target</b> |
|-------------------------------|-----------|---------------|
| NO <sub>2</sub>               | 5.0       | 40            |
| C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> | 0.1       | 5             |
| PM <sub>10</sub>              | 10.0      | 40            |
| CO                            | 100.0     | 10000         |
| SO <sub>2</sub>               | 0.2       | 20            |
| NO <sub>x</sub>               | 5.0       | 30            |
| PM <sub>25</sub>              | 7.0       | 25            |
| NH <sub>3</sub>               | 0.1       | 5             |

Concentrazioni di fondo considerate per i diversi inquinanti.

I risultati di tali simulazioni possono essere utilizzati per stimare l'impatto dei diversi scenari sui livelli di concentrazione nelle diverse centraline presenti nel territorio regionale.

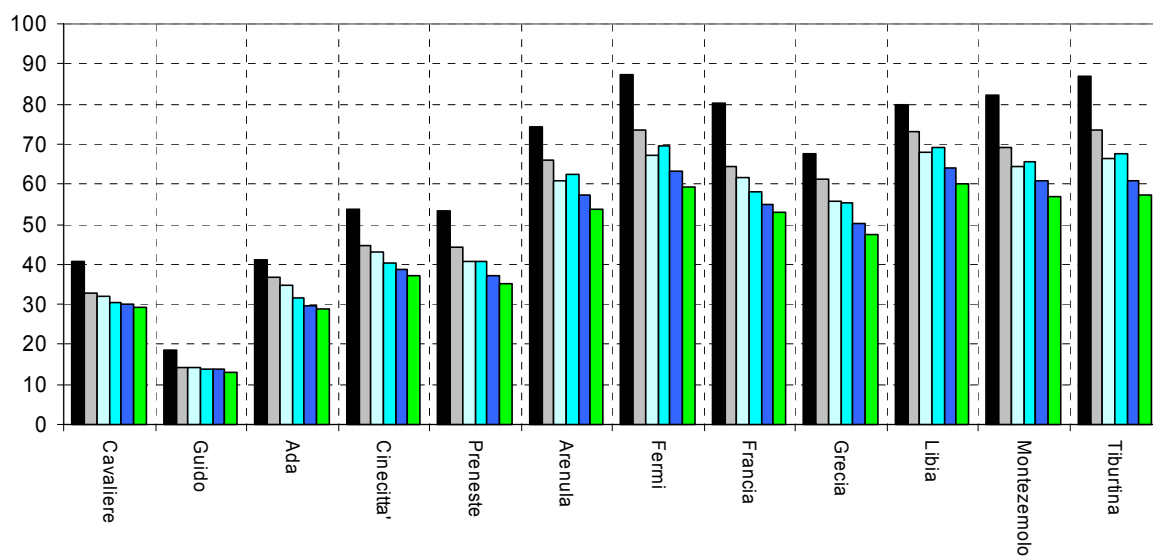
Le figure da 6.47 a 6.50 riportano, rispettivamente per gli inquinanti biossido di azoto, polveri, benzene e biossido di zolfo un confronto delle concentrazioni medie annue relativamente agli scenari proposti.

Si può osservare che, nonostante gli interventi volti alla riduzione delle emissioni simulati negli scenari, potrebbero verificarsi dei superamenti dei limiti di legge per l'inquinante NO<sub>2</sub>, rilevabili sia in alcune stazioni della Capitale, prevalentemente da traffico, sia nel restante territorio nelle stazioni di: Civita Castellana, Cassino, Frosinone scalo, Latina- Romagnoli, collocate in prossimità di aree industriali;

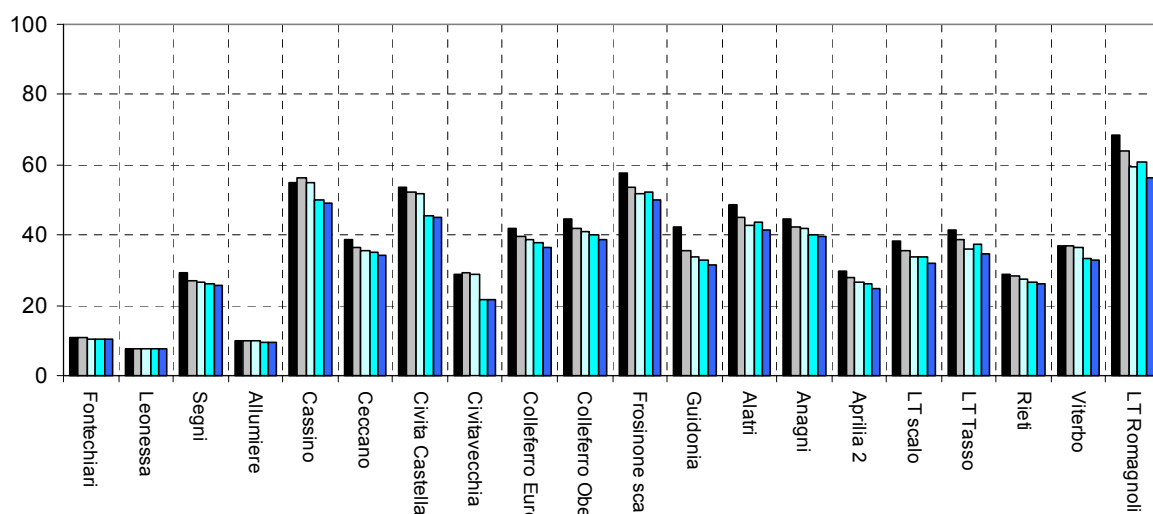
Relativamente al PM<sub>10</sub> si prefigura una situazione di raggiungimento generalizzato del limite con l'unica eccezione della stazione di Frosinone, che lo supererebbe lievemente.

Si evidenzia un pieno raggiungimento dei limiti in tutte le stazioni per gli altri inquinanti analizzati.

## NO2



## NO2

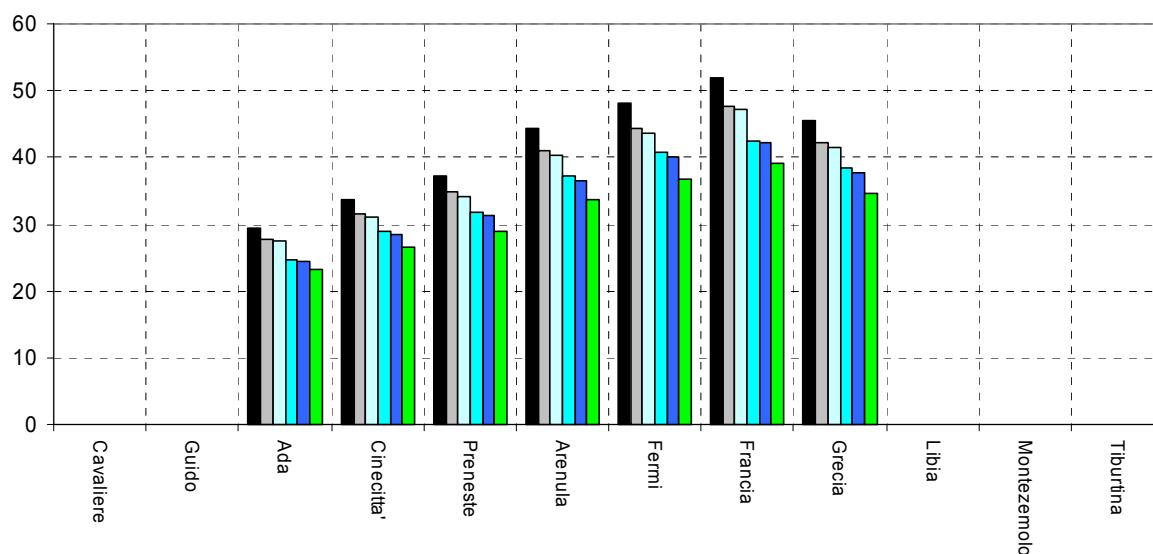


■ Misurato (2005) ■ RAINS (2010) □ Traffico (2010) ■ Industriale (2010) ■ Traffico(2010)+RAINS(2010)+Industriale(2010) ■ Targhe alt., Rid Risc.

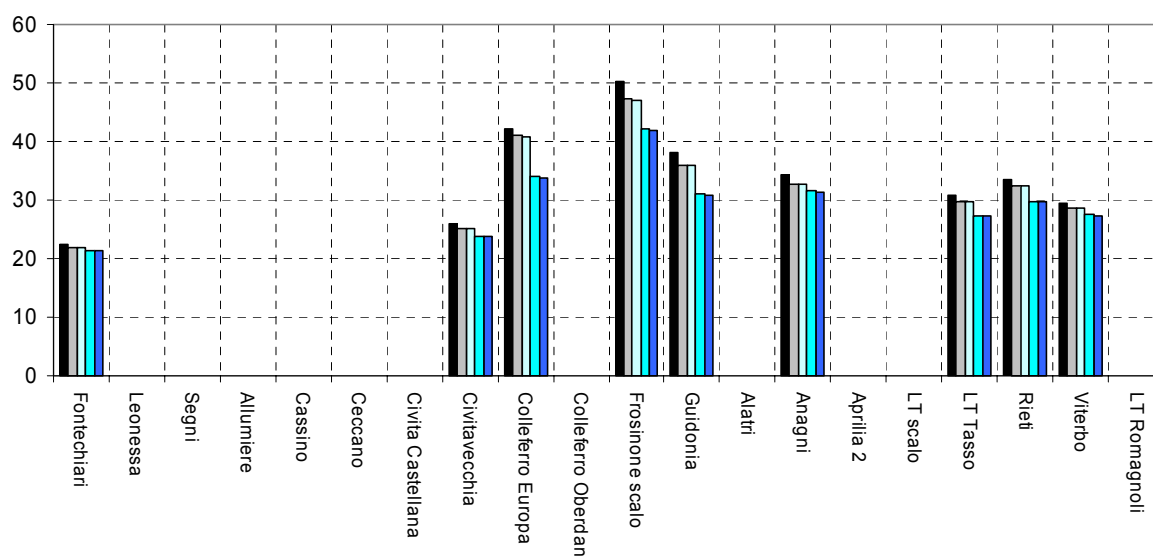
Figura 6.416 – Concentrazioni medie annuali di NO2 nei diversi scenari emissivi.



## PM10

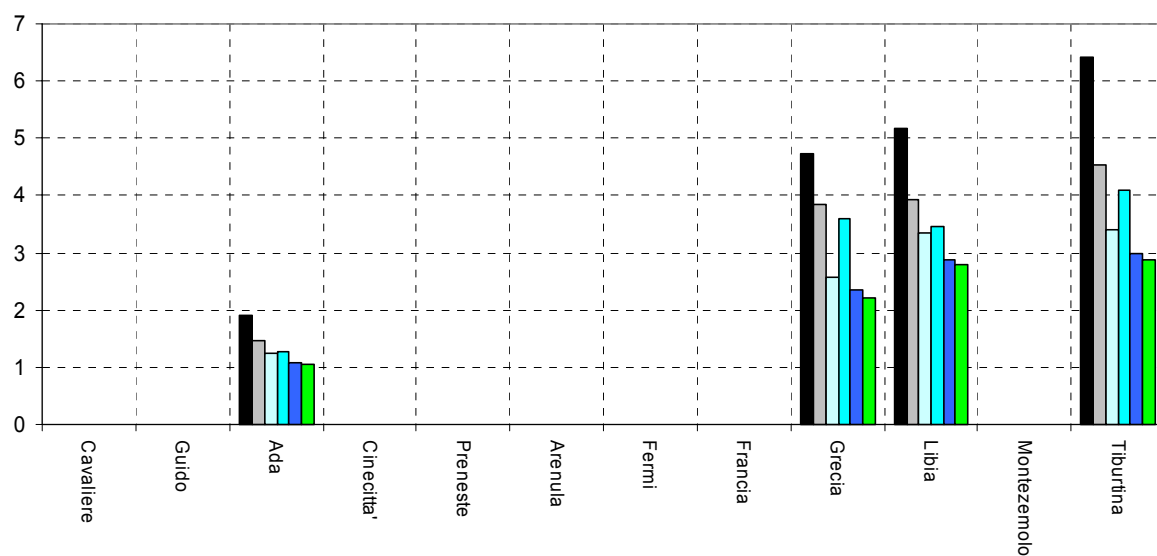
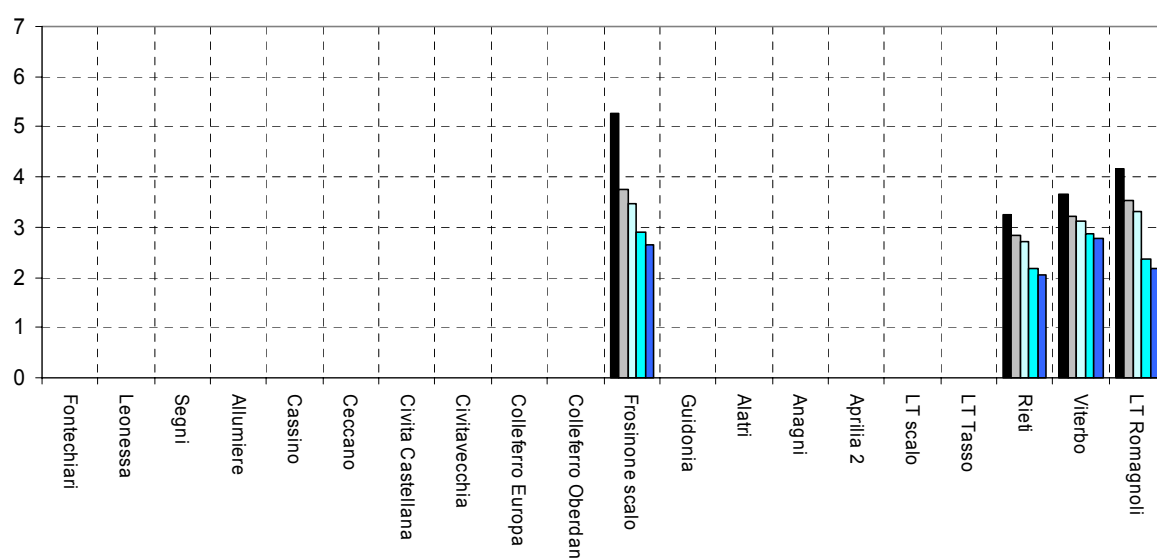


## PM10



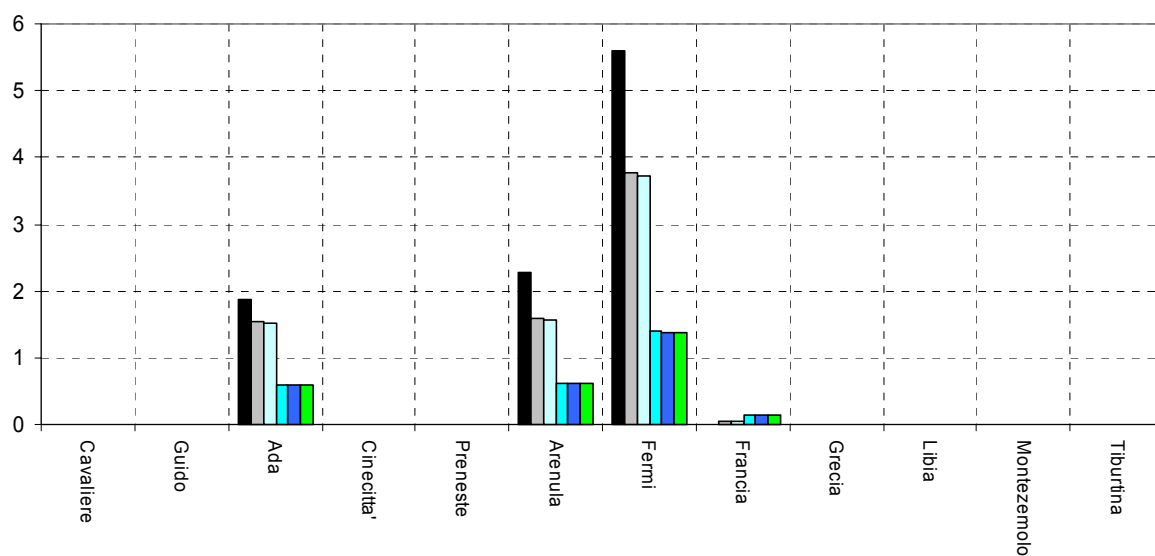
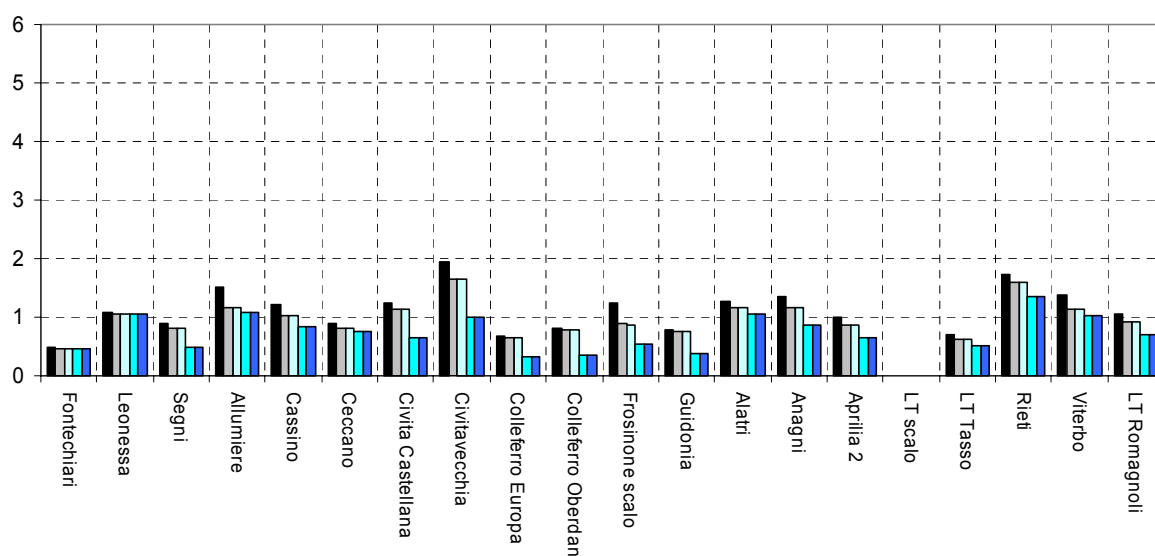
■ Misurato (2005) ■ RAINS (2010) ■ Traffico (2010) ■ Industriale (2010) ■ Traffico(2010)+RAINS(2010)+Industriale(2010) ■ Targhe alt., Rid Risc.

Figura6.48 – Concentrazioni medie annuali di PM10 nei diversi scenari emissivi.

**C6H6****C6H6**

■ Misurato (2005) ■ RAINS (2010) □ Traffico (2010) ■ Industriale (2010) ■ Traffico(2010)+RAINS(2010)+Industriale(2010) ■ Targhe alt., Rid Risc.

Figura 17 – Concentrazioni medie annuali di C6H6 nei diversi scenari emissivi.

SO<sub>2</sub>SO<sub>2</sub>

■ Misurato (2005) ■ RAINS (2010) □ Traffico (2010) ■ Industriale (2010) ■ Traffico(2010)+RAINS(2010)+Industriale(2010) ■ Targhe alt., Rid Risc.

Figura 6.50 – Concentrazioni medie annuali di SO<sub>2</sub> nei diversi scenari emissivi.

*Bibliografia*

- AA.VV. (1999) *Ozone Position Paper. Final version. Ad-Hoc Working Group on Ozone Directive and Reduction Strategy Development*. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities, 1999.
- ARIA Technologies (1999) *Guide utilisateur pour la réalisation d'un inventaire d'émissions à partir des modules de "Emission Manager"*. Rapport ARIA/99.043, Juin 1999.
- ARIA Technologies (2001) *MINERVE wind field model - General design manual - Version 7.0*.
- Arianet, 2006: 'Aria suite tools – Reference guide'. Rapporto Arianet R2006.22
- Arianet, 2006: 'FARM (Flexible Air quality Regional Model) Model formulation and user manual'. Rapporto Arianet R2006.36
- ARPA Lazio (2004) *Rapporto sullo stato della qualità dell'aria nella Regione Lazio*.
- ATAC (2007). *Nota metodologica*, a presentazione dell'assegnazione del traffico alla rete.
- Calori G. (2003) *EMMA (EMGR/make) - User's guide – Version 3.2*. ARIANET R2003.16, Milano, Dicembre 2003.
- Calori G., Silibello C. (2004) *FARM (Flexible Air quality Regional Model) Model formulation and user manual – Version 2.2*. ARIANET R2004.04, Milano, Marzo 2004.
- Calori G., Silibello C., Finardi S., Radice P., Piersanti A., Nanni A. (2006) *Servizio di elaborazione mappe di PM10 e PM2.5 sull'area di Roma mediante modelli tridimensionali dinamici. Relazione Finale*. ARIANET R2006.24, Milano, Ottobre 2006.
- Carmichael G. R., Peters L. K., Saylor R. D. (1991) The STEM-II Regional Scale Acid Deposition and Photochemical Oxidant Model-I. An Overview of Model Development and Applications. *Atmospheric Environment*, 25A, 10, 2077-2090.
- Daley R. (1991) *Atmospheric Data Analysis, Cambridge Atmospheric and Space Science Series, 1991*
- Gariazzo C., Silibello C., Finardi S., Radice P., Piersanti A. et al. (2007) *A gas/aerosol air pollutants study over the urban area of Rome using a comprehensive chemical transport model*. *Atmospheric Environment* (2007), doi:[10.1016/j.atmosenv.2007.05.018](https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2007.05.018)
- Gariazzo C., Silibello C., Finardi S., Radice P., Piersanti A., Calori G., Cucinato A., Perrino C., Nussio F., Cagnoli M., Pelliccioni A., Gobbi G.P., Di Filippo P. (2007) *A gas/aerosol air pollutants study over the urban area of Rome using a comprehensive chemical transport model*. *Atmospheric Environment*, in stampa.
- Giuliano M., Cernuschi S. e Cemin A. (1998) *Stima delle riduzioni delle emissioni*, Fondazione Lombardia per l'Ambiente, Milano, *Dati di inquinamento atmosferico dell'area metropolitana milanese e metodologie per la gestione della qualità dell'aria*, Ricerche e Risultati, p. 109-144.
- Im H.K., Stein M.L., Kotamarthi V.R. (2005) A new approach to scenario analysis using simplified chemical transport models. *J. Geophys. Res.*, 110, D24025.
- Jenkin M.E., Passant N. R., Rudd H.J. (2000) *Development of Species Profiles for UK Emissions of VOCs. A report produced for the Department of the Environment, Transport & the Regions*. AEAT\EPSC-0044 Issue 1 April 2000

- Lohmeyer A., Lambrecht U., Peranic Z., Boesinger R. (2002) *Validation of vehicle road PM<sub>10</sub> emission models by the Karlsruhe PM validation data set and the results of the regular german state minitoring station*. Proc. 8<sup>th</sup> Conf. on Harmonization within Atmospheric Dispersion Modelling for Regulatory Purposes, 14-17 October, Sofia.
- Morris, R.E., Koo, B., Guenther, A., Yarwood, G., McNally, D., Tesche, T.W., Tonnesen, G., Boylan, J., Brewer, P., 2006. Model sensitivity evaluation for organic carbon using two multi-pollutant air quality models that simulate regional haze in the southeastern United States. *Atmospheric Environment*, 40, 4960-4972.
- Nanni A., Radice P., Piersanti A. (2006) *TREFIC\_7.0 – User's manual*. ARIANET R2006.10, Milano, Maggio 2006.
- Ntziachristos L., Samaras Z. (2000) *COPERT III computer programme to calculate emissions from road transport - Methodology and Emission Factors (version 2.1)*. Technical Report No 49, European Environmental Agency.
- Pandis, S. N., Harley R. A., Cass G. R., Seinfeld J. H. (1992) Secondary organic aerosol formation and transport. *Atmospheric Environment*; 26A, 2269-2282.
- Silibello C., Calori G., Brusasca G., Giudici A., Angelino E., Fossati G., Peroni E., Buganza E. (2007) *Modelling of PM<sub>10</sub> Concentrations Over Milano Urban Area Using Two Aerosol Modules*. *Environmental Modelling and Software*, in stampa.
- Silibello C., Finardi S., Calori G. (2003) *SURFPRO (SURface-atmosphere interFace PROCESSOR) - User's guide*. ARIANET R2003.14, Milano, Settembre 2003.
- Simpson D., Fagerli H., Jonson J.E., Tsyro S., Wind P., Tuovinen J.-P. (2003) *Transboundary Acidification, Eutrophication and Ground Level Ozone in Europe - PART I: Unified EMEP Model Description*. EMEP Report 1/2003.
- Walko R.L., Tremback C.J.: 1995, 'RAMS The Regional Atmospheric Modeling System (Version 3b) User's Guide', ASTeR, Inc. <http://www.atmet.com/html/docs/documentation.shtml>
- Xue, M., K. Droegemeier, V. Wong, A. Shapiro and K. Brewster (1995) *ARPS Version 4.0 User's Guide*. Center for Analysis and Prediction of Storms, University of Oklahoma.

---

## 7. Le azioni del piano

---

L'analisi degli scenari, predisposti con il supporto di un sistema modellistico, ha evidenziato come il complesso di tutte le misure ritenute applicabili nel territorio regionale (rappresentante nello scenario 5) potranno consentire il raggiungimento del limite per l'inquinante PM10 entro il 2010, ma prevedono anche un possibile superamento del limite per il biossido di azoto in alcune aree a particolare criticità (traffico – industria).

Rispetto a questa possibilità è opportuno fare alcune considerazioni.

Il conseguimento di un miglioramento generalizzato della qualità dell'aria, nonché il raggiungimento degli obiettivi stabiliti dalla normativa comunitaria e nazionale con riferimento alla riduzione delle emissioni, è determinato da un insieme di fattori dipendente non solo dalle iniziative regionali e locali ma anche dalle politiche e dagli interventi a livello comunitario e nazionale.

L'efficacia delle singole misure ed in particolare della sovrapposizione delle diverse misure su situazioni locali è stimabile con i modelli di simulazione, ma con un elevato grado di approssimazione.

La simulazione basata su una misura drastica e impraticabile, come la limitazione totale del traffico privato entro il GRA di Roma, mostra che si otterrebbe un effetto migliorativo rispetto ai precedenti scenari, ma in ogni caso ancora non sufficiente a raggiungere il limite di legge per il biossido di azoto.

Va infine sottolineato che all'effetto delle misure rappresentate dagli scenari, si devono aggiungere i miglioramenti che potranno verificarsi in seguito alle ulteriori misure previste nell'elenco che segue e che non è stato possibile valutare modellisticamente perché non quantificabili.

L'elenco delle misure previste non è certamente esaustivo e può essere implementato o rivisto in relazione all'evoluzione delle tecnologie, della normativa, delle diverse opportunità ed in particolare in funzione di un continuo ed efficace monitoraggio delle azioni che verrà supportato dall'aggiornamento dell'inventario delle emissioni e dal perfezionamento del modello di simulazione.

### 7.1 Tipologia delle misure selezionate

Le misure individuate interessano l'intero territorio regionale, ovviamente in modo differenziato in considerazione delle diverse problematiche esistenti, allo scopo di perseguire gli obiettivi generali del Piano di risanamento della qualità dell'aria: risanamento della qualità dell'aria, nelle zone e negli agglomerati in cui si registrano superamenti del limite di legge, ma anche mantenimento di una buono stato della qualità dell'aria nei territori con indici inferiori ai limiti,.

Nell'elenco delle misure previste, articolate per tipologia d'intervento, vengono specificati l'ambito territoriale di applicazione e i livelli di competenza.

**Riduzione delle emissioni da traffico**

| <b>MISURA</b>   | <b>TERRITORIO</b> | <b>COMPETENZA</b>                               | <b>Data di attuazione</b> |
|---|-------------------|---|---------------------------|
| Controllo dei gas di scarico annuale (bollino blu) obbligatorio su tutto il territorio regionale per tutti i veicoli di proprietà dei soggetti residenti (moto/vetture – privati/pubblici/merci). Divieto di transito a tutte le vetture private, trasporto pubblico e merci non in regola di proprietà di soggetti residenti.  | Lazio             | Comuni  | 1/01/2009                 |
| Promozione dei mezzi di trasporto elettrici attraverso: <ul style="list-style-type: none"> <li>- finanziamento ricerca (Polo Mobilità),</li> <li>- incentivazione acquisto mezzi elettrici,</li> <li>- creazione di una rete distribuita per la ricarica elettrica</li> </ul>   | Lazio             | Ministero<br>Regione                            | 2008/2010 e seguenti      |
| Diffusione sul territorio della distribuzione degli impianti di rifornimento a basso impatto (GPL e metano)   | Lazio             | Regione   | 2008/2010 e seguenti      |
| Rinnovo del parco automezzi degli Enti pubblici e delle aziende municipalizzate/società di servizi pubblici (trasporti, raccolta rifiuti, pulizia strade, gestori reti energia, risorse idriche, scuola bus...) con mezzi a basso/nullo impatto ambientale.   | Zone A - B        | Gestori<br>Regione,<br>province, comuni         | 31/12/2010                |
| Promozione dell'utilizzo del TPL attraverso: <ul style="list-style-type: none"> <li>a. il potenziamento del servizio;</li> <li>b. agevolazioni tariffarie per utilizzatori abituali del servizio e/o specifiche categorie di utilizzatori quali studenti e dipendenti di aziende che aderiscono al Mobility Manager;</li> <li>c. il miglioramento della qualità del servizio</li> </ul> | Zone A - B        | Gestori del TPL<br>Regione,<br>province, comuni | 2008/2010 e seguenti      |

|  |            |                                  |                       |
|--|------------|----------------------------------|-----------------------|
| <p>d. la diffusione dell'informazione all'utenza tramite sia l'installazione di paline intelligenti presso le fermate del trasporto pubblico con informazioni in tempo reale sui passaggi dei mezzi, sia la realizzazione di siti internet dedicati per fornire informazioni su orari e percorsi dei trasporti;</p> <p>e. l'utilizzazione di mezzi elettrici o ibridi nel centro storico</p>   |            |                                  |                       |
| Limitazioni alla circolazione per i veicoli più inquinanti nei centri urbani dei comuni durante i giorni feriali (le limitazioni riguarderanno progressivamente veicoli euro 1 e euro 2 come definito nelle norme di attuazione)   | Zone A - B | Comuni                           | 1/012009<br>1/01/2010 |
| Realizzazione e adozione dei piani del traffico previsti dal Codice della Strada   | Zone A e B | Regione,<br>province,<br>comuni, | 2009/2010             |
| <p>Realizzazione di azioni di fluidificazione del traffico attraverso:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. sistemi semaforici intelligenti;</li> <li>2. tabelloni digitali per l'informazione costante sull'andamento della viabilità;</li> <li>3. videosorveglianza;</li> <li>4. varchi elettronici con sistemi tipo telepass per gli accessi alle zone a traffico limitato;</li> <li>5. sistemi di monitoraggio delle condizioni della mobilità urbana;</li> <li>6. controlli sui divieti di sosta in particolare in doppia fila;</li> <li>7. informazioni rilevate e diffuse via radio/sms dalle flotte taxi sulle condizioni del traffico urbano;</li> </ol> | Zone A e B | Comuni                           | 2010                  |
| <p>Riduzione delle percorrenze urbane delle auto private attraverso:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. individuazione di aree pedonali e/o a traffico limitato;</li> <li>2. realizzazione di parcheggi di scambio gratuiti autoveicoli-TPL;</li> <li>3. incremento delle piste ciclabili urbane e bike sharing;</li> </ol>   | Zone A e B | Comuni                           | 2009<br>2010          |



|  |        |                   |           |
|--|--------|-------------------|-----------|
| <p>4. promozione di modalità alternative di trasporto privato, quali: il Car Sharing, il Car Pooling, il taxi collettivo;</p> <p>5. controllo dell'efficacia delle azioni dei Mobility Manager aziendale;</p> <p>6. messa a punto di piani sull'intermodalità come Piani Spostamento Casa Lavoro/Scuola ed azioni a favore degli abbonati al TPL</p> |        |                   |           |
| Divieto di circolazione dei mezzi ad uso privato dalla ore 8.00 alla 18.00, per almeno quattro domeniche comprese nel periodo da novembre a marzo, nel centro urbano   | Zone A | Comuni            | 1/01/2009 |
| circolazione a targhe alterne nel centro urbano per i veicoli a combustione interna ad uso privato, nei mesi da dicembre a marzo, per almeno due giorni feriali a settimana per almeno 12 ore complessive giornaliere.   | Zone A | Comuni            | 1/01/2009 |
| realizzazione di piattaforme logistiche attrezzate per la razionalizzazione dello smistamento delle merci con distribuzione finale con mezzi leggeri a basso/nullo impatto ambientale;   | Zona A | Regione<br>Comune | 2010      |
| Realizzazione di barriere sempreverdi ad elevata ramificazione lungo le principali direttrici di traffico  | Roma   | Regione<br>Comune | 2010      |
| Potenziamento dei corridoi e delle corsie preferenziali per velocizzare il servizio pubblico e ridurre i tempi d'attesa.   | Roma   | Comune            | 2008-2010 |
| Applicazione di una tariffa d'uso per il transito su strade di determinate zone o su tratti della rete stradale comunale. Introduzione del Road Pricing  | Roma   | Comune            | 2010      |

## Riduzione delle emissioni industriali

| MISURA   | TERRITORIO                           | COMPETENZA        | Data di attuazione |
|--|--------------------------------------|-------------------|--------------------|
| Rilascio di AIA volto alla massima riduzione possibile degli inquinanti mediante applicazione delle migliori tecnologie disponibili e/o opportune prescrizioni/ limitazioni previa verifica che le nuove emissioni non concorrano ad incrementare significativamente i livelli di concentrazione complessivi del territorio. | Lazio                                | Province          | 2008/2009          |
| Fissazione delle altezze minime dal suolo dei camini e del pennacchio.   | Lazio                                | Imprese           | 2009/2010          |
| Fissazione di limiti di emissione più restrittivi di quelli previsti dalla norma per alcune tipologie di impianti.   | Lazio                                | Imprese           | 2009/2010          |
| Gli impianti industriali dovranno soddisfare le proprie necessità di riscaldamento invernale e/o di acqua calda per uso igienico sanitario a secondo delle caratteristiche dei processi o dei motori utilizzati.   | Lazio                                | Imprese           | 2009/2010          |
| Le imprese che producono e distribuiscono a terzi energia elettrica e/o termica, verificare la possibilità tecnica e la presenza di un'adeguata utenza termica (acqua calda e/o vapore) circostante, al fine di convertire la sola produzione elettrica in impianti di cogenerazione o trigenerazione.                       | Lazio                                | Imprese           | 2009/2010          |
| Definizione di un programma annuale di attività di controllo delle emissioni da impianti industriali soggetti ad autorizzazione, concordato con ARPA Lazio.  | Lazio                                | Province<br>Arpa  | 2009/2010          |
| Verifica e controllo delle emissioni di tutti gli impianti industriali.  | Frosinone                            | Provincia<br>Arpa | 2009/2010          |
| Promozione della certificazione di qualità ambientale attraverso azioni di sensibilizzazione alle imprese.   | Lazio                                | Regione           | 2009/2010          |
| Incentivazioni per l'applicazione di tutte le possibili soluzioni atte a ridurre le emissioni dai camini (desolforatori, denitrificatori, abbattitori di polveri),   | Lazio<br>Priorità:<br>Roma/Frosinone | Regione           | 2009/2010          |

**Riduzione delle emissioni da impianti termici civili**

| <b>MISURA</b>   | <b>TERRITORIO</b>                    | <b>COMPETENZA</b>                           | <b>Data di attuazione</b> |
|---|--------------------------------------|---|---------------------------|
| Conversione degli impianti per il riscaldamento alimentati da combustibili non gassosi con alimentazione a metano o GPL in tutti gli edifici pubblici e privati.  | Priorità:<br>Roma/Frosinone<br>Lazio | Privati<br>Regione,<br>province, comuni     | 31/12/2010<br>31/12/2013  |
| Ristrutturazione degli impianti di riscaldamento condominiali esistenti secondo le tecnologie della termoregolazione della temperatura degli ambienti e contabilizzazione del calore utilizzato   | Priorità:<br>Roma/Frosinone<br>Lazio | Privati<br>Regione,<br>province, comuni     | 31/12/2010<br>31/12/2013  |
| Sviluppo di sistemi di coibentazione ed isolamento termico degli edifici che consentano di ridurre il fabbisogno energetico. L'utilizzo di tali tecniche diventa obbligatorio nelle nuove costruzioni o in occasione degli interventi di manutenzione straordinaria degli edifici   | Lazio                                | Privati<br>Regione,<br>province, comuni     | 2008 e<br>seguenti        |
| Sviluppo degli impianti di riscaldamento realizzati con caldaie di nuova generazione ad alto rendimento, possibilmente integrate da pannelli solari. L'utilizzo di tali tecniche diventa obbligatorio nelle nuove costruzioni o in occasione degli interventi di manutenzione straordinaria degli edifici   | Lazio                                | Privati<br>Regione,<br>province,<br>comuni, | 2008 e<br>seguenti        |
| Enti pubblici dovranno effettuare la certificazione energetica di cui al d.lgs. 192/2005 e successive modificazioni degli edifici di proprietà o in locazione.  | Lazio                                | Enti Pubblici                               | 31/12/2009                |
| I capitolati d'appalto di fornitura di calore degli Enti pubblici, dovranno, qualora l'appalto riguardi edifici con classificazione uguale o inferiore a D, prevedere l'obbligo, da parte del contraente, di interventi di risparmio energetico, che alla fine del periodo contrattuale l'edificio abbia conseguito almeno una classe energetica superiore. | Lazio                                | Enti Pubblici                               | 1/01/2010                 |

**Riduzione delle emissioni diffuse**

| <b>MISURA</b>   | <b>TERRITORIO</b>                    | <b>COMPETENZA</b>            | <b>Data di attuazione</b> |
|---|--------------------------------------|------------------------------|---------------------------|
| Promozione di iniziative per l'utilizzo di impianti di cogenerazione e teleriscaldamento (in particolare in strutture pubbliche specialmente quelle sanitarie e nelle aree di nuovo sviluppo edilizio).             | Lazio<br>Priorità:<br>Roma/Frosinone | Ministero<br>Regione         | 2008 e seguenti           |
| Promozione del ricorso a fonti di energia rinnovabile ai fini del soddisfacimento del fabbisogno energetico per il riscaldamento, il condizionamento, l'illuminazione e la produzione di acqua calda sanitaria.     | Lazio<br>Priorità:<br>Roma/Frosinone | Ministero<br>Regione         | 2008 e seguenti           |
| Condizionare l'affidamento dei lavori pubblici, a ditte che utilizzano mezzi a basso impatto ambientale.  | Lazio<br>Priorità:<br>Roma/Frosinone | Regione,<br>province, comuni | 2008 e seguenti           |
| Promozione della sperimentazione e utilizzazione di sistemi biologici e fotocatalitici per l'abbattimento degli inquinanti.   | Zone A - B                           | Regione                      | 2008 e seguenti           |
| Regolamentazione dei controlli periodici dei fumi di tutti gli impianti termici civili (impianti di riscaldamento, canne esalatrici e fumarie esercizi di ristorazione, corrispettivo del bollino blu autoveicoli). | Lazio                                | Regione                      | 2009                      |
| Realizzazione di impianti per il recupero e il riutilizzo del biogas negli allevamenti zootecnici sottoposti alle norme del d.lgs. 59/2005.   | Lazio                                | province                     | 2008 e seguenti           |
| Divieto di combustione all'aperto in particolare in ambito agricolo e di cantiere di materiali residuali delle lavorazioni.   | Lazio                                | province, comuni             | 2008 e seguenti           |

### Conoscenze di base e informazione

| MISURA   | TERRITORIO | COMPETENZA                            |
|--|------------|---------------------------------------|
| Inserimento per il sistema modellistico integrato a supporto della valutazione della qualità dell'aria sul territorio regionale dei risultati del nuovo inventario delle emissioni 2005, in fase di definizione          | Lazio      | ARPA<br>Regione                       |
| Regolamentazione di un Sistema di Monitoraggio delle Emissioni industriali ai fini dell'aggiornamento continuo del Catasto delle Emissioni Provinciali e Regionali   | Lazio      | ARPA<br>Regione<br>province           |
| Predisposizione di un campagna di misure, da effettuare con mezzi mobili, ai sensi del d.lgs. 261/2002 per il controllo della classificazione regionale e per la valutazione della precisione del modello di simulazione | Lazio      | ARPA                                  |
| Revisione e adeguamento della rete di monitoraggio della qualità dell'aria   | Lazio      | ARPA<br>Regione                       |
| Revisione e adeguamento della classificazione del territorio in zone di criticità  | Lazio      | ARPA<br>Regione                       |
| Sviluppo e pubblicizzazione delle previsioni a breve termine (24-48 ore) delle concentrazioni dei principali inquinanti, tramite modello di simulazione  | Lazio      | ARPA                                  |
|  | Lazio      |                                       |
| Promozione di iniziative di divulgazione, di informazione e di educazione ambientale, sulla natura, le sorgenti, la diffusione degli inquinanti nonché sullo stato della qualità dell'aria ambiente.                     | Lazio      | ARPA<br>Regione<br>Province<br>comuni |

## 7.2 Indicazioni sui costi delle misure

Si è effettuata una stima delle risorse necessarie alla attuazione di quelle misure del Piano che contribuiscono maggiormente alla riduzione delle emissioni e che prospettano la conversione degli impianti di riscaldamento e il rinnovo del parco pubblico circolante.

*Conversione degli impianti per il riscaldamento alimentati da combustibili non gassosi con alimentazione a metano.*

Per la stima dei costi relativi alla conversione degli impianti di riscaldamento degli edifici residenziali si è partiti dalle informazioni desunte dal Censimento delle abitazioni e della popolazione effettuato nel 2001. La consistenza degli edifici ad uso residenziale complessivamente nel Lazio ammonta a 732.567. La gran parte di questi però è costituita da case uni/bifamiliare che certamente non sono oggetto della misura in esame. Come si può osservare dalle tabelle 7.1 e 7.2 solamente il 13,5 % a livello regionale, pari a poco più di 99.000 edifici è composto da un numero di abitazioni superiore a 4. La media regionale presenta un'elevata variabilità tra il 3,6 % di Rieti ed il 43 % circa del comune di Roma.

Ipotizzando una crescita del 3-4 % dell'edificato in questi ultimi anni si può stimare la presenza di circa 103.000 edifici nel Lazio comprendente un minimo di 5 abitazioni.

| Province              | Numero di abitazioni |                |                |               |               |               |               | Totale         |
|-----------------------|----------------------|----------------|----------------|---------------|---------------|---------------|---------------|----------------|
|                       | 0                    | 1              | 2              | Da 3 a 4      | Da 5 a 8      | Da 9 a 15     | 16 e più      |                |
| Viterbo               | 86                   | 37.874         | 15.744         | 8.581         | 4.210         | 1391          | 558           | 68.444         |
| Rieti                 | 54                   | 42.595         | 11.097         | 3.984         | 1.396         | 527           | 248           | 59.901         |
| Roma                  | 675                  | 169.135        | 64.801         | 47.988        | 29.920        | 24.680        | 23.432        | 360.631        |
| <i>comune di Roma</i> | <i>403</i>           | <i>33.360</i>  | <i>18.863</i>  | <i>20.206</i> | <i>16.906</i> | <i>17.985</i> | <i>19.990</i> | <i>127.713</i> |
| Latina                | 111                  | 66.047         | 23.592         | 11.572        | 4.990         | 2.300         | 1.160         | 109.772        |
| Frosinone             | 113                  | 94.402         | 26.616         | 8.478         | 2.539         | 1.070         | 601           | 133.819        |
| <b>Lazio</b>          | <b>1.039</b>         | <b>410.053</b> | <b>141.850</b> | <b>80.603</b> | <b>43.055</b> | <b>29.968</b> | <b>25.999</b> | <b>732.567</b> |

Tabella 7.1 Edifici ad uso abitativo per numero di abitazioni nell'edificio - Lazio - Censimento 2001

Va considerando che buona parte degli edifici in questione è comunque ancora di piccole dimensioni ed è quindi probabile che sia dotato di riscaldamento autonomo, inoltre tale forma di impianto si è molto diffusa negli ultimi anni anche negli edifici di maggiore dimensione e si stima che possa ormai essere presente in circa il 20 % dell'edificato. Per il rimanente 80%, anche a giudicare dalle tendenze dei consumi di combustibile per riscaldamento che vedono un costante decremento dei consumi di gasolio, è lecito attendersi che la gran parte sia fornito di impianti a metano, soprattutto a Roma.

Si può dunque ipotizzare che complessivamente la conversione degli impianti di riscaldamento possa interessare circa il 40 % degli edifici con almeno 5 abitazioni.

| Province              | edifici con + 5 abitaz. | stima edifici caldaia gasolio | Sostituzione bruciatori | sostituzione caldaia |
|-----------------------|-------------------------|-------------------------------|-------------------------|----------------------|
| Viterbo               | 6.159                   | 2.464                         | € 11.086.200            | € 22.172.400         |
| Rieti                 | 2.171                   | 868                           | € 3.907.800             | € 7.815.600          |
| Roma                  | 78.032                  | 31.213                        | € 140.457.600           | € 280.915.200        |
| <i>comune di Roma</i> | <i>54.881</i>           | <i>21.952</i>                 | <i>€ 98.785.800</i>     | <i>€ 197.571.600</i> |
| Latina                | 8.450                   | 3.380                         | € 15.210.000            | € 30.420.000         |
| Frosinone             | 4.210                   | 1.684                         | € 7.578.000             | € 15.156.000         |
| <b>Lazio</b>          | <b>99.022</b>           | <b>39.609</b>                 | <b>€ 178.239.600</b>    | <b>€ 356.479.200</b> |

Tabella 7.2 Stima dei costi per conversione impianti riscaldamento

Per individuare il costo medio di un impianto è necessario conoscere lo spazio in termini di volume da riscaldare. Una proxy di questa variabile può essere individuata nella dimensione media degli edifici espressa in termini di numero medio di abitazioni per edificio. Nel Lazio tale numero corrisponde a 12,2 per l'intero territorio, con un massimo di 13,9 registrato naturalmente nel comune di Roma ed un minimo di 9,1 nella provincia di Viterbo.

Mediamente per un edificio di 12-14 appartamenti è sufficiente un impianto con una potenza di 200 kw. Per una simile tipologia d'impianto il capitolato d'appalto del provveditorato delle opere pubbliche prevede un costo pari a: 4.500 € per la sola sostituzione del bruciatore e di 9.000 € per la sostituzione di caldaia e bruciatore.

Ipotizzando una soluzione intermedia che prevede un 50% di sostituzioni di bruciatori ed un 50% l'intero impianto, le risorse necessarie ammontano a circa 270.000.000 €.

#### *Termoregolazione della temperatura degli ambienti e contabilizzazione del calore utilizzato*

Un'altra misura legata al riscaldamento, che è possibile valutare con i medesimi dati, riguarda la termoregolazione della temperatura degli ambienti con contabilizzazione del calore utilizzato.

Tale tecnologia prevede l'applicazione di un apposito congegno e sull'impianto centralizzato e su ogni singolo elemento dell'impianto domestico. I prezzi unitari medi, compresa l'installazione, sono rispettivamente di 300 € per l'impianto centralizzato e 20 € per elemento.

Riprendendo le ipotesi proposte precedentemente questa misura potrebbe interessare circa 79.000 edifici, ovvero l'80% di quelli costituiti da almeno 5 abitazioni e non dotati di impianto di riscaldamento autonomo.

| province              | n.edifici     | n. medio<br>abitazioni per<br>edificio | n.<br>abitazioni | applicaz. impianta-<br>to centrale | applicaz. in abita-<br>zione |
|-----------------------|---------------|--|------------------|------------------------------------|------------------------------|
| Viterbo               | 4.927         | 9,1                                    | 45.066           | € 1.478.160                        | € 7.210.624                  |
| Rieti                 | 1.737         | 9,6                                    | 16.683           | € 521.040                          | € 2.669.312                  |
| Roma                  | 62.426        | 12,9                                   | 804.915          | € 18.727.680                       | € 128.786.432                |
| di cui comune<br>Roma | 43.905        | 13,9                                   | 612.391          | € 13.171.440                       | € 97.982.592                 |
| Latina                | 6.760         | 10,1                                   | 68.444           | € 2.028.000                        | € 10.951.040                 |
| Frosinone             | 3.368         | 10,1                                   | 34.052           | € 1.010.400                        | € 5.448.384                  |
| <b>Lazio</b>          | <b>79.218</b> | <b>12,2</b>                            | <b>969.161</b>   | <b>€ 23.765.280</b>                | <b>€ 155.065.792</b>         |

*Tabella 7.3 Stima dei costi per termoregolazione della temperatura contabilizzazione del calore*

Il numero di abitazioni è facilmente ottenibile moltiplicando la quantità di edifici per il numero medio di abitazioni per edificio. Nella tabella 7.3 sono riportati i costi stimati per l'applicazione della tecnologia nell'ipotesi di un numero di elementi domestici per il riscaldamento pari ad 8 per abitazione. Le risorse complessive ammontano a circa 131.000.000 €.

*Rinnovo del parco automezzi TPL*

Per stimare le risorse necessarie al rinnovo del parco per il servizio del trasporto pubblico, si è partiti da una serie di informazioni di base, in particolare riferite a due livelli informativi:

- Informazioni e dati sul parco Autobus circolante e sua articolazione ,.
- Informazioni e dati sulle condizioni attuali del mercato degli Autobus a ridotto impatto ambientale (CIVES)

Il numero totale degli autobus circolanti annualmente in Regione Lazio dal 2002 al 2006 è stato sempre superiore alle 10.000 unità. La sola Provincia di Roma ospita quasi 8.000 autobus, Frosinone la segue con circa 1000 ed il resto sono ripartiti tra Latina, Rieti e Viterbo.

|                     | 2002          | 2003          | 2004          | 2005          | 2006          |
|---------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| <b>FROSINONE</b>    | 994           | 1.046         | 1.052         | 1.066         | 1.110         |
| <b>LATINA</b>       | 657           | 686           | 658           | 688           | 713           |
| <b>RIETI</b>        | 276           | 284           | 288           | 292           | 297           |
| <b>ROMA</b>         | 8.064         | 8.006         | 7.885         | 7.982         | 8.432         |
| <b>VITERBO</b>      | 335           | 326           | 333           | 342           | 354           |
| <b>Totale LAZIO</b> | <b>10.326</b> | <b>10.348</b> | <b>10.216</b> | <b>10.370</b> | <b>10.906</b> |

*Tabella 7.4 – Autobus totali circolanti in Regione Lazio, per Provincia - Anni 2002-2006*

Di questi circa un 20% è adibito al trasporto privato di persone, e dei restanti 8700 si riporta, in tabella 7.5, la composizione che evidenzia una netta prevalenza degli autobus pre-EURO3, che corrispondono a circa il 62 % dei mezzi circolanti..

| PROVINCIA    | EURO 0      | EURO 1     | EURO 2      | EURO 3      | EURO 4    | EURO 5     | Non i-<br>dent. | TOTALE      |
|--------------|-------------|------------|-------------|-------------|-----------|------------|-----------------|-------------|
| FROSINONE    | 302         | 33         | 195         | 113         | 10        | 3          | 0               | 656         |
| LATINA       | 176         | 31         | 124         | 137         | 4         | 3          | 0               | 475         |
| RIETI        | 53          | 8          | 37          | 25          | 1         | 0          | 0               | 124         |
| ROMA         | 2046        | 320        | 1960        | 2757        | 6         | 162        | 4               | 7255        |
| VITERBO      | 67          | 23         | 55          | 45          | 2         | 0          | 0               | 192         |
| <b>LAZIO</b> | <b>2644</b> | <b>415</b> | <b>2371</b> | <b>3077</b> | <b>23</b> | <b>168</b> | <b>4</b>        | <b>8702</b> |
| %            | 30,4        | 4,8        | 27,2        | 35,4        | 0,3       | 1,9        | 0,0             | 100,0       |

*Tabella 7.5 Autobus TPL per provincia e categorie EURO. Anno 2006*

Un dato di interesse riguarda la suddivisione dei mezzi immatricolati annualmente in funzione del numero di posti dei mezzi, che evidenzia una grande variabilità di scelte.



Analizzando i dati riportati in tabella 7.6 sul numero di posti degli autobus immatricolati in Regione Lazio, si nota come a Roma le classi su cui ci sono state il maggior numero di immatricolazioni, sono relative alla categoria 21-30 posti ed a quella 61-70 posti (rispettivamente 118 e 238 mezzi). Frosinone presenta una maggior distribuzione in una gamma più ampia di veicoli, piccoli e medi, escludendo per ovvie ragioni di bacino di utenti le categorie più grandi. Ulteriore riflessione riguarda il fatto che ben 708 su 744 mezzi immatricolati in tutta la Regione sono a gasolio.

|                     | FINO<br>A 15 | 16 -<br>20 | 21 -<br>30 | 31 -<br>40 | 41 -<br>50 | 51 - 60    | 61 - 70    | 71 -<br>100 | NON IDENTI-<br>FICATO | TOTALE COMPLESSIVO |
|---------------------|--------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|-------------|-----------------------|--------------------|
| <b>FROSINONE</b>    | 4            | 12         | 10         | 1          | 8          | 8          | 2          | 1           |                       | <b>46</b>          |
| <b>LATINA</b>       |              | 2          | 3          | 1          | 4          | 8          | 1          | 8           |                       | <b>27</b>          |
| <b>RIETI</b>        | 1            | 4          | 5          | 4          | 1          | 2          |            | 1           |                       | <b>18</b>          |
| <b>ROMA</b>         | 28           | 27         | 118        | 38         | 48         | 90         | 238        | 34          | 3                     | <b>624</b>         |
| <b>VITERBO</b>      | 2            | 7          | 2          | 5          | 2          | 5          | 1          | 5           |                       | <b>29</b>          |
| <b>TOTALE LAZIO</b> | <b>35</b>    | <b>52</b>  | <b>138</b> | <b>49</b>  | <b>63</b>  | <b>113</b> | <b>242</b> | <b>49</b>   | <b>3</b>              | <b>744</b>         |
| di cui a gasolio    |              |            |            |            |            |            |            |             |                       |                    |
| <b>FROSINONE</b>    | 4            | 11         | 10         | 1          | 6          | 6          | 2          | 1           |                       | <b>41</b>          |
| <b>LATINA</b>       |              | 2          | 3          | 1          | 3          | 8          | 1          | 8           |                       | <b>26</b>          |
| <b>RIETI</b>        | 1            | 4          | 5          | 4          | 1          | 2          |            | 1           |                       | <b>18</b>          |
| <b>ROMA</b>         | 11           | 24         | 117        | 37         | 48         | 88         | 238        | 34          | 3                     | <b>600</b>         |
| <b>VITERBO</b>      |              | 4          | 2          | 4          | 2          | 5          | 1          | 5           |                       | <b>23</b>          |
| <b>TOTALE LAZIO</b> | <b>16</b>    | <b>45</b>  | <b>137</b> | <b>47</b>  | <b>60</b>  | <b>109</b> | <b>242</b> | <b>49</b>   | <b>3</b>              | <b>708</b>         |

Tabella 7.6 - Autobus immatricolati nelle Province del Lazio per numero di posti - 2005

Da segnalare inoltre che i prezzi unitari dei singoli mezzi presentano dei range di grandissima variabilità, sia in funzione di delle caratteristiche del prodotto, sia in ragione dei molteplici e differenziati allestimenti da prevedere sui mezzi, che incidono molto significativamente sui prezzi base, fino a farli raddoppiare.

Comunque si sono individuati dei valori medi di riferimento utilizzati per la stima delle risorse necessarie al rinnovo, che si basa sui seguenti presupposti:

- Si sono presi in considerazione i prezzi medi unitari di riferimento per tre tipologie di mezzi: un ibrido, un metano ed un convenzionale
- Si è ipotizzato di eliminare totalmente i mezzi Euro 0 ed Euro 1 ed Euro2 dal Comune di Roma e dalla provincia di Frosinone
- Si è partiti dai dati ACI del 2006, che porta i mezzi in questione pari a 2454 unità
- Si sono valutati i costi sulla base dei seguenti valori medi unitari:

**Tipologie di mezzi considerate nel rinnovo:**

**COSTO IN  
EURO**

**elettrico/ibrido**

costo indicativo bus ibrido, 41 posti (M3) 300.000,00

**metano**

costo indicativo bus M3 (+20% del convenzionale) 300.000,00

**convenzionale**

costo indicativo bus 12 metri 250.000,00

La diversa composizione della flotta, prevalenza di convenzionale piuttosto che di mezzi a minor impatto ambientale, comporta una variabilità dei costi compresa tra 613.500.000 € e 736.000.000€.

---

## 8. Strategie per la partecipazione del pubblico

---

Una corretta attività di pianificazione e in particolare una moderna gestione dell'ambiente non possono prescindere dal condividere, con i diversi soggetti interessati, la definizione degli obiettivi di razionalizzazione e tutela del territorio e delle misure più efficaci per perseguirli.

A tal fine, come è già stato evidenziato in premessa, il presente Piano di Risanamento della qualità dell'aria, è stato predisposto dalla Regione in collaborazione con i principali soggetti, istituzionali e no, interessati alla problematica dell'inquinamento dell'aria.

Ai fini dell'approvazione, il Piano seguirà comunque la procedura complessa e partecipata prevista dalla l.r 17/1985 concernente "Norme sulle procedure della programmazione" che disciplina le procedure relative all'approvazione degli atti di pianificazione regionali.

Si riporta schematicamente l'iter procedurale previsto:

- la Giunta regionale, predispone, adotta e cura la pubblicazione dello schema di piano;
- la Giunta regionale e le province procedono alle consultazioni sullo schema del piano. tali consultazioni vengono promosse ed attuate dalla Giunta regionale con le organizzazioni sociali e sindacali operanti a livello regionale entro sessanta giorni dalla data di pubblicazione dello schema di piano; le province svolgono, nel proprio ambito territoriale, le consultazioni con i comuni, singoli o associati, con le comunità montane, con gli altri enti locali e con i rappresentanti delle organizzazioni sociali e sindacali operanti a livello provinciale; elaborano un documento di osservazioni e proposte che, approvato dal consiglio provinciale, viene inviato alla Giunta regionale entro quaranta giorni dalla data di pubblicazione dello schema di piano;
- viene avviata la fase istruttoria di valutazione delle risultanze delle consultazioni e delle osservazioni pervenute sulla base delle quali possono essere apportate eventuali modifiche al Piano;
- la Giunta regionale delibera la proposta di Piano e la trasmette al Consiglio;
- il Consiglio regionale approva con deliberazione il piano e ne cura la pubblicazione nel BURL.

Va inoltre ricordato che ai sensi della normativa in materia di Valutazione Ambientale Strategica (VAS) (dlgs. 152 /2006 parte II, come modificato dal recente d.lgs. 4/2008: "Ulteriori disposizioni correttive ed integrative del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, recante norme in materia ambientale") è previsto che la VAS venga effettuata anche per i piani e programmi elaborati per la valutazione e la gestione della qualità dell'aria ambiente.

Relativamente alla procedura di VAS, il d.lgs. 4/2008 prevede che tale valutazione venga avviata dall'autorità procedente contestualmente al processo di formazione del piano stesso, e comprende:

- una fase preliminare durante la quale, sulla base di un primo rapporto, l'autorità procedente entra in consultazione con tutte le autorità competenti in materia ambientale, al fine di definire la portata ed il livello di dettaglio delle informazioni da includere nel rapporto ambientale;

- l'elaborazione del rapporto ambientale che forma parte dello schema del Piano;
- una fase di consultazione durante la quale, previo avviso sul BURL - pubblicazione sul sito regionale e deposito presso gli uffici competenti, viene messa a disposizione del pubblico lo schema di piano; in questa fase chiunque può presentare osservazione entro il termine di sessanta giorni dalla data di pubblicazione dell'avviso;
- l'espressione del parere motivato da parte dell'autorità competente in materia di VAS, effettuata sulla base di una valutazione del rapporto ambientale e degli esiti delle consultazioni, che possono determinare eventuali modifiche al Piano
- la decisione, ovvero la trasmissione del piano e del rapporto ambientale, insieme con il parere motivato e la documentazione acquisita nell'ambito della consultazione, all'organo competente all'adozione;
- la pubblicazione del Piano adottato insieme al rapporto ambientale ed al parere motivato.

L'integrazione delle due procedure evidenzia una fase comune di consultazioni e pubblicizzazione del piano, della durata di due mesi, che garantisce la partecipazione attiva non solo di enti locali e associazioni di categoria, direttamente coinvolti nelle misure del piano, ma anche dei singoli cittadini. Anche loro infatti sono da considerare protagonisti, e lo sono nel doppio ruolo di soggetti esposti all'inquinamento e di produttori di emissioni inquinanti attraverso le proprie attività e stili di vita.

Saranno avviati incontri tematici, anche con la partecipazione della stampa locale, sia per divulgare l'informazione sui contenuti del Piano e sulle modalità di valutazione e previsione della qualità dell'aria ambiente sia per sensibilizzazione e formare la popolazione sulla necessità di attuare cambiamenti comportamentali e abitudinari in tema di mobilità, consumo energetico e rispetto delle risorse disponibili e sulle possibilità dei singoli di contribuire in maniera rilevante al miglioramento della qualità dell'aria.

---

## **9. Monitoraggio del piano e Verifica del piano**

---

Per garantire che il Piano venga attuato secondo gli obiettivi stabiliti e che segua l'evoluzione del contesto in cui agisce, il D.M. 261/02 prevede che vengano definiti meccanismi di monitoraggio e di verifica utili a guidare eventuali rimodulazioni delle misure previste.

### ***9.1 Monitoraggio del piano***

Il meccanismo di monitoraggio ha lo scopo di fornire le informazioni per valutare la funzionalità ed efficacia del Piano e pertanto prevede l'analisi dell'attuazione delle misure del Piano e la valutazione dello stato della qualità dell'aria.

A tale scopo la struttura regionale competente della Direzione regionale Ambiente e Cooperazione tra i Popoli, in collaborazione con le amministrazioni locali e con il supporto di ARPA Lazio, predispone annualmente un rapporto di monitoraggio contenente per ogni azione/misura del Piano, informazioni circa:

- lo stato di attuazione della misura,
- eventuali ostacoli amministrativi, finanziari o tecnici emersi,
- misure correttive intraprese o da intraprendere,
- l'elaborazione di indicatori di riferimento.

Il rapporto inoltre deve contenere una valutazione dello stato della qualità dell'aria sulla base delle misure della rete regionale di controllo ed una sintesi delle principali problematiche emerse.

### ***9.2 Verifica del piano***

La verifica ha lo scopo di valutare l'effettiva riduzione delle emissioni rispetto a quella programmata, l'efficacia delle riduzioni delle emissioni sui livelli di concentrazione e quindi il rispetto degli obiettivi/risultati previsti.

A tale scopo la Regione sta potenziando le competenti strutture dell'ARPA Lazio per creare un Centro regionale di riferimento della qualità dell'aria in grado di gestire, oltre alla rete di monitoraggio, il sistema modellistico integrato per la valutazione della qualità dell'aria.

Come è stato già detto le simulazioni proposte nel piano risentono di uno scarso dettaglio informativo circa il quadro emissivo. Per potere sfruttare pienamente delle potenzialità del sistema modellistico e rendere più riproducibile la simulazione, sarà prioritario per l'ARPA inserire i dati derivanti dal nuovo inventario regionale delle emissioni in atmosfera dei gas inquinanti, che la Regione sta realizzando, e rivedere i domini di analisi individuando le aree su cui definire un maggior dettaglio di scala.

Pertanto l'ARPA Lazio curerà il monitoraggio degli impatti e la valutazione della efficacia degli interventi derivanti dall'attuazione delle misure di piano attraverso:

- l'analisi dei dati forniti dalla rete di monitoraggio della qualità dell'aria, già descritta nel capitolo 2;
- la realizzazione di apposite campagne di misura mirate oltre che a verificare la efficacia delle misure, anche a valutare il livello di riproducibilità delle simulazioni modellistiche rispetto agli indici misurati, nonché la corretta localizzazione delle stazioni fisse;
- il supporto del sistema modellistico integrato che potrà essere utilizzato per verificare gli effetti anche nel breve periodo delle specifiche azioni.

L'Agenzia predispone annualmente un rapporto di verifica contenente:

- la valutazione derivante dai dati della rete regionale di rilevamento secondo gli standard della qualità dell'aria
- i risultati della stima dei valori degli inquinanti calcolati con il modello previsionale;
- una valutazione dell'efficacia dei singoli provvedimenti adottati a livello locale e regionale, effettuata sulla base del modello previsionale e dei valori registrati dalla rete di rilevamento.

In considerazione degli effetti sulla salute umana associati all'inquinamento atmosferico si prevede inoltre la valutazione dell'impatto sanitario delle misure, anche in accordo a quanto previsto dal programma regionale di epidemiologia ambientale (DGR 93/2007) la cui realizzazione è affidata al Dipartimento di Epidemiologia della ASL Roma, struttura di riferimento regionale per l'epidemiologia.

Il Dipartimento di Epidemiologia della ASL Roma E curerà la valutazione dell'impatto del piano della qualità dell'aria sullo stato di salute della popolazione regionale attraverso le seguenti attività:

- valutazione comparativa della frazione di popolazione esposta ad inquinanti ambientali
- monitoraggio degli eventi sanitari rilevanti (mortalità per causa, ospedalizzazioni e ricorso alle strutture di emergenza, incidenza e prevalenza di patologie associate all'inquinamento).
- valutazione temporale della associazione tra inquinanti ambientali e danni per la salute.
- stime modellistiche dell'impatto sanitario di lungo periodo (speranza di vita) a seconda degli scenari previsti.

Sulla base del rapporto di verifica predisposto da ARPA Lazio e della valutazione dell'impatto del piano sullo stato di salute della popolazione elaborato dalla ASL RME, la Regione unitamente alle amministrazioni provinciali e comunali interessate, effettuerà un esame dei risultati raggiunti e delle difficoltà emerse e una valutazione critica complessiva delle azioni.

In sede di verifica, nel caso di valutazione di scarsa efficacia o di impraticabilità degli interventi, potranno essere individuate soluzioni alternative e rimodulate le misure previste.

### ***9.3 Revisione del piano***

Il Piano sarà oggetto di un aggiornamento continuo, in funzione del miglioramento delle conoscenze sullo stato della qualità dell'aria e dei processi connessi, nonché di eventuali modifiche rilevanti che potranno verificarsi nel territorio, sulla base dei quali la Regione interverrà per individuare le eventuali soluzioni più idonee a una corretta gestione della qualità dell'aria, nel rispetto dell'obiettivo generale di protezione della salute dei cittadini e dell'equilibrio degli ecosistemi.

Le misure e le azioni del Piano sono formulate su uno scenario all'anno 2010, pertanto si ritiene che una revisione tra tre anni costituisca una scadenza idonea.