



Provincia di Modena

Area Ambiente e Sviluppo Sostenibile

/ servizio gestione integrata sistemi ambientali / documenti /



Piano di Tutela e Risanamento
della Qualità dell'Aria
della Provincia di Modena

QUADRO CONOSCITIVO

MODENA / MARZO 2007



Arpa
Sezione Provinciale di Modena

Piano di Tutela e Risanamento della Qualità dell'Aria della Provincia di Modena

QUADRO CONOSCITIVO

Responsabili di Progetto

Giovanni Rompianesi
Provincia di Modena
Vittorio Boraldi – Luisa Guerra
ARPA Sezione Provinciale di Modena

Gruppo di supporto alla Progettazione

| | |
|----------------------|---|
| Nadia Paltrinieri | Comune di Modena |
| Marco Stancari | Comune di Modena |
| Fabio Stampini | Comune di Modena |
| Giordano Guidetti | Comune di Sassuolo |
| Marco Busani | Comune di Fiorano |
| Paola Fregni | Comune di Carpi |
| Laila Barbieri | AUSL di Modena |
| Iuliana Defta | AUSL di Modena |
| Alessandro Di Loreto | Agenzia per la Mobilità e il trasporto pubblico locale di Modena |
| Nadia Quartieri | Provincia di Modena |
| Alberto Pedrazzi | Provincia di Modena |
| Daniele Gaudio | Provincia di Modena |
| Fabio Cervi | Provincia di Modena |
| Vittorio Ronco | Provincia di Modena |
| Massimo Rinaldi | Provincia di Modena |
| Marta Guidi | Provincia di Modena |
| Antonella Sterni | Arpa Sezione Provinciale di Modena |
| Laura Mislei | Arpa Sezione Provinciale di Modena |

MARZO 2007

INDICE

| | |
|--|-----------|
| INQUADRAMENTO GENERALE | 4 |
| Gli elementi conoscitivi del territorio | 4 |
| Descrizione fisica | 4 |
| Il clima | 5 |
| Uso del territorio..... | 6 |
| Popolazione | 8 |
| Il tessuto produttivo..... | 10 |
| Viabilità e trasporti..... | 14 |
| Il Servizio di trasporto pubblico..... | 15 |
| La rete urbana | 15 |
| La rete extraurbana..... | 16 |
| Il Patrimonio forestale e agricoltura | 22 |
| Quadro normativo | 23 |
| ELEMENTI DI SINTESI SULL'INQUINAMENTO ATMOSFERICO | 27 |
| L'inventario delle emissioni..... | 27 |
| Introduzione..... | 27 |
| Metodologia e struttura dell'inventario | 27 |
| Le fonti di emissione considerate | 28 |
| Sorgenti puntuali | 28 |
| Sorgenti lineari | 28 |
| Sorgenti diffuse..... | 28 |
| Inquinanti trattati..... | 29 |
| Rappresentazione dei risultati | 29 |
| Le emissioni industriali (macrosettore 3, 4 , 6 e 9) | 31 |
| Stima dei quantitativi reali di inquinanti emessi dal settore industriale..... | 31 |
| Stima dei quantitativi di PM ₁₀ emessi dal settore industriale | 38 |
| Riepilogo delle emissioni di origine industriale | 42 |
| Andamento temporale del carico inquinante da emissioni del settore ceramico nel Distretto..... | 48 |
| Le emissioni da distribuzione di gas metano (macrosettore 5)..... | 49 |
| Le emissioni da riscaldamento civile (macrosettore 2)..... | 50 |
| Le emissioni da allevamenti (macrosettore 10) | 56 |
| Le emissioni da traffico (macrosettore 7) | 62 |
| Stima delle emissioni provinciali utilizzando i consumi di combustibili..... | 65 |

| | |
|---|-----------|
| Stima delle emissioni provinciali utilizzando le percorrenze medie annuali e i veicoli immatricolati..... | 66 |
| Stima delle emissioni provinciali utilizzando i flussi di traffico sulla rete stradale..... | 69 |
| Confronto tra le tre stime e scelta della metodologia per stimare le emissioni da traffico | 72 |
| Riepilogo delle emissioni..... | 79 |
| Analisi dei dati meteoroclimatici | 87 |
| Le grandezze legate alla dispersione di inquinanti in atmosfera | 87 |
| Le grandezze calcolate per il periodo 1995-2002..... | 88 |
| La qualità dell'aria in Provincia di Modena..... | 93 |
| I dati storici | 94 |
| Ossidi di Azoto..... | 94 |
| Monossido di carbonio..... | 95 |
| Polveri Totali e Particelle con diametro inferiore a 10 µm..... | 95 |
| Benzene..... | 96 |
| Ozono..... | 97 |
| Le criticità rispetto al DM60/2002..... | 98 |
| Ossidi di Azoto..... | 98 |
| Obiettivi imposti dalla Normativa | 98 |
| Andamenti temporali nel 2005..... | 99 |
| I superamenti nel 2005 | 100 |
| Il trend delle concentrazioni..... | 100 |
| Polveri inalabili - PM10..... | 101 |
| Obiettivi imposti dalla Normativa | 101 |
| Andamenti temporali nel 2005..... | 101 |
| I superamenti nel 2005 | 102 |
| Il trend delle concentrazioni..... | 103 |
| Polveri Totali Sospese..... | 104 |
| Obiettivi imposti dalla Normativa | 104 |
| Andamenti temporali nel 2005..... | 104 |
| Il trend delle concentrazioni..... | 105 |
| Monossido di Carbonio..... | 106 |
| Obiettivi imposti dalla Normativa | 106 |
| Andamenti temporali nel 2005..... | 106 |
| I superamenti nel 2005 | 107 |
| Il trend delle concentrazioni..... | 107 |
| Benzene..... | 108 |

| | |
|--|------------|
| Obiettivi imposti dalla Normativa | 108 |
| Andamenti temporali nel 2005 | 108 |
| I superamenti nel 2005 | 109 |
| Il trend delle concentrazioni..... | 109 |
| Ozono | 110 |
| Obiettivi imposti dalla Normativa: | 110 |
| Andamenti temporali nel 2005 | 111 |
| I superamenti nel 2005 | 111 |
| Il trend delle concentrazioni..... | 113 |
| ASPETTI SANITARI DELL'INQUINAMENTO ATMOSFERICO E DATI | |
| EPIDEMIOLOGICI..... | 114 |
| Aspetti sanitari..... | 114 |
| Dati Epidemiologici..... | 123 |
| ALLEGATO 1: Dettaglio dei dati utilizzati per il calcolo delle emissioni..... | 130 |
| Civile..... | 130 |
| Allevamenti | 131 |
| ALLEGATO 2: FATTORI DI EMISSIONE | 132 |
| Settore Civile: fattori di emissione in g-Kg/Gj di consumo di combustibile | 132 |
| Allevamenti: fattori di emissione in g-Kg/capi allevati in un anno | 133 |
| Traffico: fattori di emissioni espressi in g/kg di carburante consumato..... | 134 |
| Traffico: fattori di emissioni espressi in g/km*veicolo | 142 |
| Traffico: percentuali di riduzione delle emissioni dei veicoli | 150 |
| Traffico: intervalli di immatricolazione delle categorie COPERT | 152 |

INQUADRAMENTO GENERALE

Gli elementi conoscitivi del territorio

Descrizione fisica

Tratto da "Modena in cifre" - Edizione 2006 - Pubblicazione informativa sulle caratteristiche istituzionali, socio-economiche ed ambientali della provincia di Modena.

La Provincia di Modena si estende su una striscia di territorio di 2.690 kmq che dal crinale appenninico si spinge, per un buon tratto, nella Pianura Padana; è percorsa sulla sua superficie da una fitta rete idrografica naturale ed artificiale per uno sviluppo di 3.641 km. I fiumi Secchia e Panaro, affluenti del fiume Po, costituiscono gli elementi idrografici principali del territorio provinciale, solcandolo per oltre cento chilometri da sud a nord.

L'orografia del territorio modenese è caratterizzata da una serie di dorsali montuose con direzione trasversale a quella della catena appenninica, che degradano lentamente ed irregolarmente, da sud verso nord, da quote superiori ai 2.100 m s.l.m. fino alla Pianura Padana. Queste dorsali individuano valli più o meno parallele con direzione SO-NE, che corrispondono a quelle dei fiumi Secchia e Panaro e dei loro affluenti principali. Il territorio è costituito dal 39% di montagna, con quote superiori a 400m, il 12,5% di collina, dove si trovano gli abitati di Sassuolo, Fiorano Modenese, Maranello, Castelvetro, Vignola e Marano sul Panaro, e il restante di pianura, che si estende a nord raggiungendo quote prossime al livello del mare.

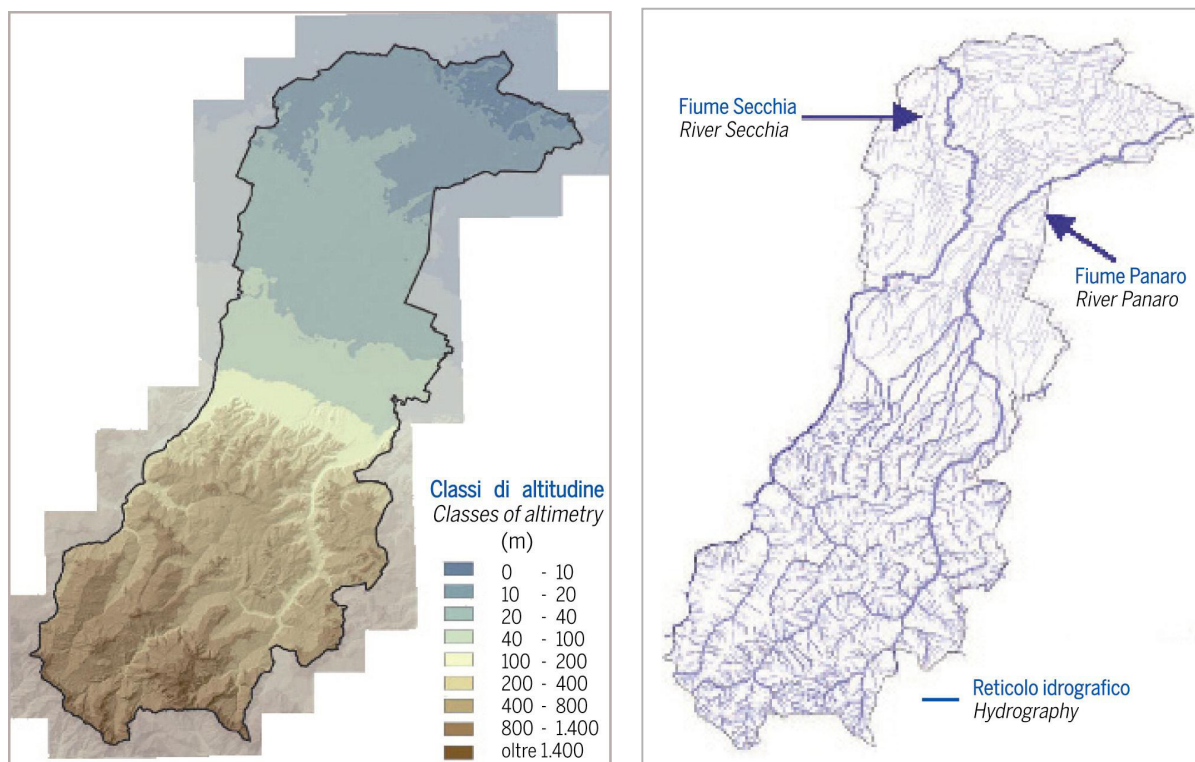


Fig. n° 1: Altimetria (ISOIPSE) e Idrografia di Superficie (fonte: Provincia di Modena)

Il clima

Tratto da "Modena in cifre" - Edizione 2006 - Pubblicazione informativa sulle caratteristiche istituzionali, socio-economiche ed ambientali della provincia di Modena

Nel territorio della provincia di Modena si realizzano condizioni tipiche del clima padano, per molti aspetti proprie del clima continentale. Alle forti escursioni termiche, negli ultimi anni si sono aggiunti, tuttavia, gli effetti di una tendenza alla tropicalizzazione del clima, con un'accresciuta variabilità del tempo che rende probabili estati molto calde, accompagnate da eventi meteorologici estremi. Assistiamo, infatti, a precipitazioni estive concentrate in pochi e spesso violenti temporali, intervallati da lunghi periodi siccitosi. Tra autunno e primavera si verificano piogge persistenti e talora neve, anche a bassa quota, mentre la presenza dell'anticiclone favorisce condizioni di ristagno al suolo che determinano persistenti formazioni nebbiose.

La fascia appenninica esercita una notevole influenza sulle condizioni meteoclimatiche della provincia di Modena, costituendo uno sbarramento alle correnti tirreniche umide e temperate e favorendo il sollevamento delle masse d'aria provenienti dal settentrione. La differente altimetria del territorio incide sulle caratteristiche climatiche locali.

Nella zona collinare e valliva, pur di estensione limitata, le particolarità geotopografiche danno luogo a microclimi determinati dalla maggiore o minore esposizione al sole e/o alle correnti atmosferiche.

La zona montana è caratterizzata da aspetti climatici quali la diminuzione progressiva delle temperature e dell'umidità e, viceversa, l'incremento delle ventosità e delle precipitazioni.

In base ai dati disponibili presso la stazione di rilevamento di Modena (Piazza Roma - Osservatorio Geofisico), dove fin dal 1830 vengono effettuate regolari osservazioni meteo, gli ultimi decenni hanno registrato diversi record meteorologici secolari: la temperatura massima assoluta è risultata pari a 38,5°C, rilevata il 29 luglio 1983; la minima assoluta è stata di -15,5°C, misurata l'11 gennaio 1985; l'anno 2002, invece, si è rivelato il più piovoso degli ultimi 30 anni, con 948,9 mm di pioggia caduti nel complesso. L'estate del 2003 è stata di gran lunga la più calda degli ultimi cento anni. L'anno 2003 ha registrato, infatti, una temperatura media pari a 15,6°C, superando di quasi 5°C il valore normale e per 78 giorni sono state rilevate temperature superiori a 30°C. Il 2005 ha fatto registrare una temperatura media annuale (14,4°C) che non tocca gli eccessi del periodo 2000-2003, pur collocandosi al 13esimo posto della graduatoria degli anni più caldi dal 1860 ad oggi.

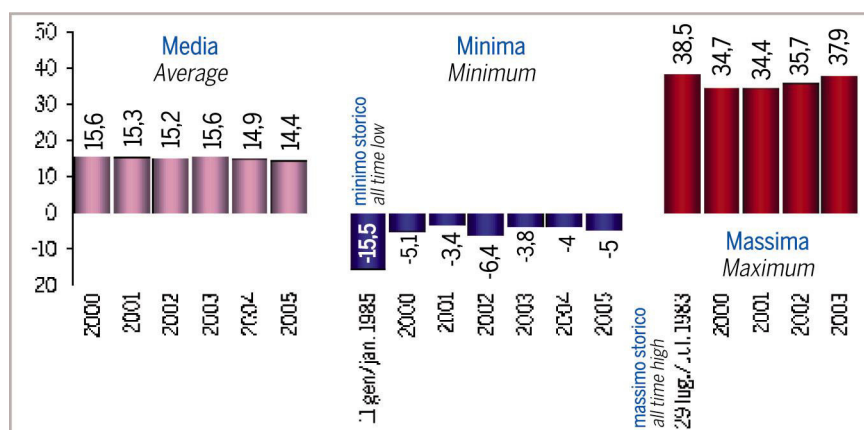


Fig. n° 2: Temperatura (°C). Periodo 2000-2005 (Fonte: Osservatorio geofisico Piazza Roma)

La temperatura varia, tuttavia, in misura sensibile tra la città e la campagna, e, ancor più, tra la pianura e la montagna. La stazione appenninica del Monte Cimone rileva temperature minime molto più rigide (-16,6°C nel 2001) e temperature massime più contenute (attorno ai 20°C). Non mancano le nevicate: i dati relativi alle stagioni invernali 2003/'04 e 2004/'05 segnalano, infatti, rispettivamente un complesso di 525 e 455 cm di neve caduta.

Uso del territorio

Tratto da "Modena in cifre" - Edizione 2006 - Pubblicazione informativa sulle caratteristiche istituzionali, socio-economiche ed ambientali della provincia di Modena

La cartografia relativa alla destinazione d'uso del suolo in provincia di Modena sintetizza la pressione esercitata sul territorio dai fattori antropici di tipo insediativo - infrastrutturale e dalle dinamiche legate al sistema economico - produttivo locale.

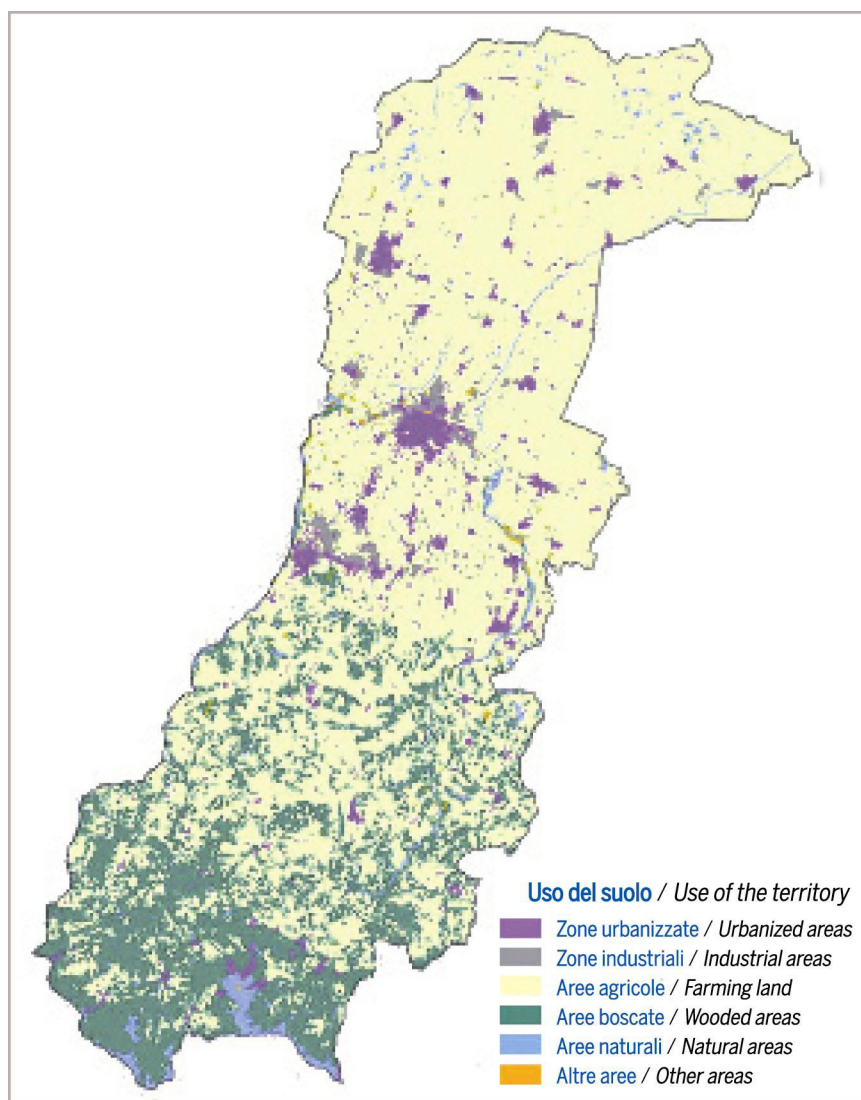


Fig. n° 3: Utilizzo del territorio in Provincia di Modena. Anno 1996

(Fonte: Provincia di Modena - Elaborazioni su Carta dell'Uso del Suolo, Regione Emilia-R. Seconda edizione)

Le zone urbanizzate, in provincia di Modena, individuate con riferimento alla cartografia regionale (anno 1996), rappresentano il 4,6% del territorio provinciale (circa 123 kmq); ad esse si aggiungono le zone industriali (57 Kmq, corrispondenti al 2,1% della superficie provinciale) e le aree agricole (1.857 Kmq, il 69,1%).

Le aree boscate e le aree naturali ricoprono circa il 24% della superficie provinciale (641 Kmq), mentre la restante quota territoriale è occupata dalla rete infrastrutturale (rete ferroviaria e stradale) e dalle aree dedicate ad attività quali quelle estrattive.

Le estensioni delle aree urbane e delle zone pianificate dai Comuni ad uso urbano [nota 1], am-

montano, nel 2002, a 228,8 Km² (corrispondenti all'8,5% del territorio modenese).

L'analisi dei dati relativi agli anni 1986, 1996, 2002, evidenzia un andamento crescente della quota di territorio già edificato ovvero pianificato ai fini della trasformazione ad usi urbani.

Tale dinamica sottintende la progressiva sottrazione di suoli alla produzione agricola o comunque ad aree appartenenti ad ambiti di tipo naturalistico- ambientale.

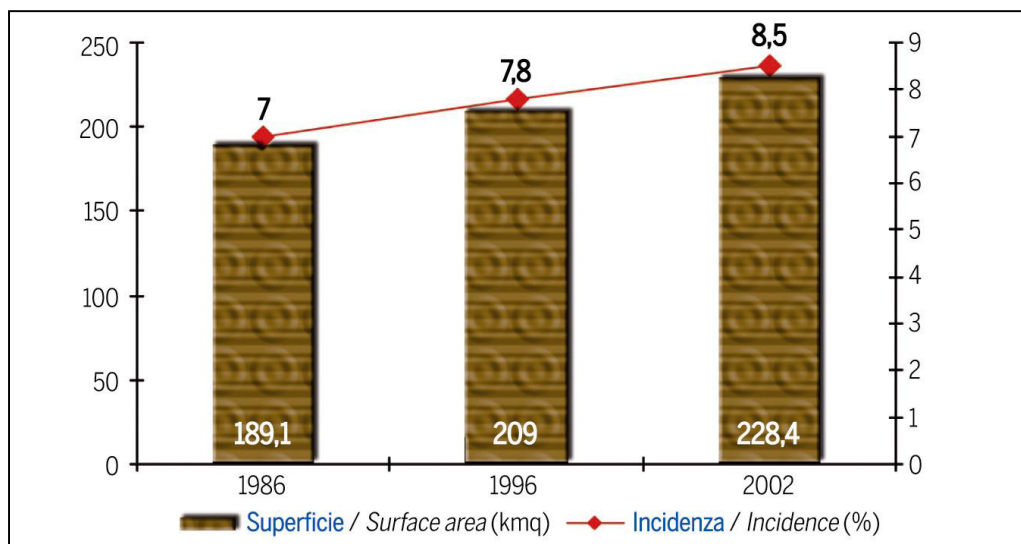


Fig. n° 4: Are urbane o pianificate dai Comuni ad uso urbano in Provincia di Modena - Valori assoluti (Km²) e incidenza % sul complesso del territorio provinciale. Anni 1986, 1996, 2002
(Fonte: Servizio Pianificazione Urbanistica e Cartografica - Provincia di Modena).

Nota 1: Aree date dalla somma delle zone urbane individuate dai Piani Regolatori Generali (PRG), ai sensi della Legge Urbanistica Nazionale n. 1150/42. Non comprendono le zone a verde pubblico al di fuori dei nuclei urbani; le zone edificate di valore storico – architettonico in ambito rurale, qualora non in stretta contiguità ai nuclei urbani; i poli estrattivi e gli ambiti estrattivi comunali. Sono escluse le aree di pertinenza delle strade urbane ed extraurbane riportate nei PRG)

Popolazione

Tratto da "Indicatori statistici dell'economia e del lavoro" ISSN 1591-5107 – Elle 2006 – a cura di Provincia di Modena e della Camera di Commercio di Modena

Al termine del 2005, la popolazione residente in provincia di Modena ammontava a 665.272 unità, con una crescita che ha sfiorato i 56 mila residenti in più rispetto all'anno 1995 (+9,1%) e lo 0,8% in più rispetto al 2004. (Fig. n° 5).

Nel territorio modenese, le buone condizioni di vita, la qualità dello sviluppo del sistema economico produttivo e del vivere sociale, costituiscono consolidate caratteristiche di attrattività per i flussi migratori provenienti dall'Estero e dalle altre aree del Paese.

La dinamica generale, però, risulta più contenuta rispetto agli incrementi di popolazione rilevati nel biennio 2003- 2004 a causa dell'evoluzione dei processi legati alla componente straniera: in particolare hanno concorso a questo andamento i provvedimenti normativi in materia di regolarizzazione delle presenze dell'ultimo biennio e la sostenuta propensione alla mobilità sul territorio, che caratterizza il contingente straniero (la quale si traduce in cancellazioni dai registri anagrafici).

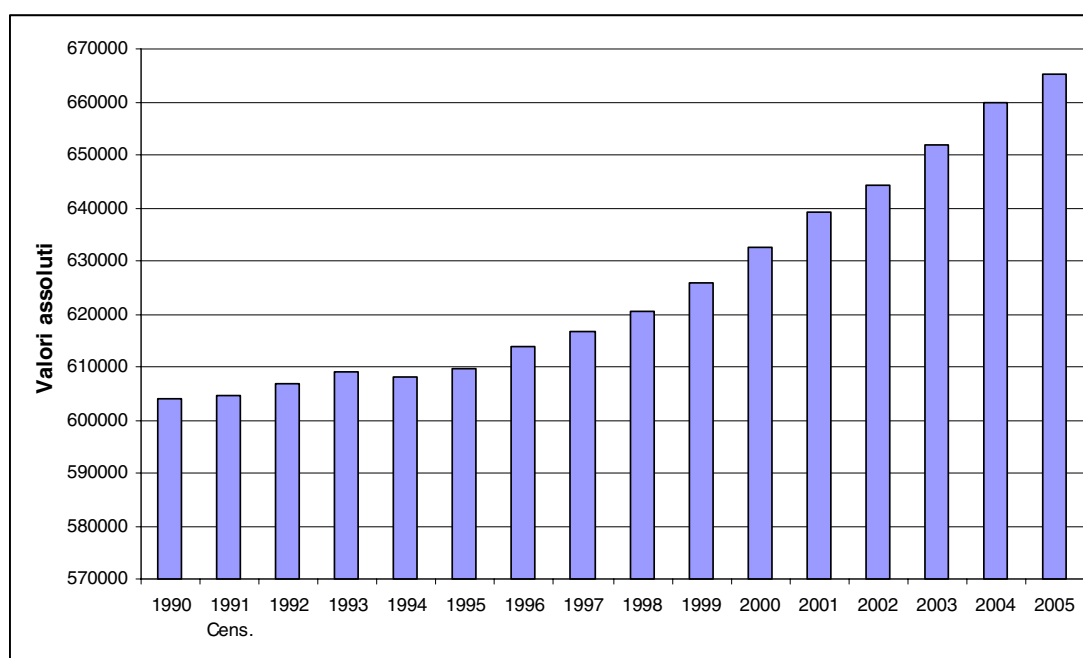


Fig. n° 5: Popolazione residente in Provincia di Modena - valori assoluti (Fonte: Provincia di Modena, Anagrafi Comunali)

Il 76,0% della popolazione modenese risiede nell'area metropolitana, nella quale troviamo quasi tutti i comuni della provincia che superano i 20.000 abitanti: Modena, Carpi, Sassuolo, Formigine, Castelfranco Emilia e Vignola. Nel complesso la popolazione residente nell'area metropolitana è cresciuta dello 0,9% (+4.356 unità) rispetto al 2004.

Oltre agli incrementi assoluti consistenti registrati nei centri maggiori (come a Modena, a Carpi, a Formigine e a Castelfranco Emilia), si possono notare variazioni positive significative in altri comuni, nei quali diversi fattori, tra cui il minore costo della vita, la maggiore accessibilità al mercato abitativo, la disponibilità di alloggi, la vicinanza ai centri urbani maggiori ed alle principali vie di comunicazione, contribuiscono ad attrarre nuova popolazione.

I residenti nei comuni della bassa pianura sono aumentati, in un anno, dello 0,7% (+628 unità), facendo registrare un incremento di otto punti percentuali rispetto al 1995 (+7.097 unità).

Nel corso del 2005, la zona collinare-montana ha visto aumentare la propria popolazione dello 0,7% (+430 unità), con un incremento di oltre dieci punti percentuali rispetto al 1995. A livello del singolo comune, la vicinanza all'area metropolitana sembra rappresentare il fattore discriminante che determina un andamento demografico positivo.

L'estensione del territorio provinciale è di 2.688,65 Km², con un numero medio di abitanti per Km² pari a 247 unità, densità che è cresciuta in modo rilevante rispetto al valore del 1995 (227 ab./Km²). La densità abitativa più elevata si registra a Sassuolo (1.076 ab./Km²), quella minore a Riolunato (16 ab./Km²), così come negli altri comuni delle zone montane.

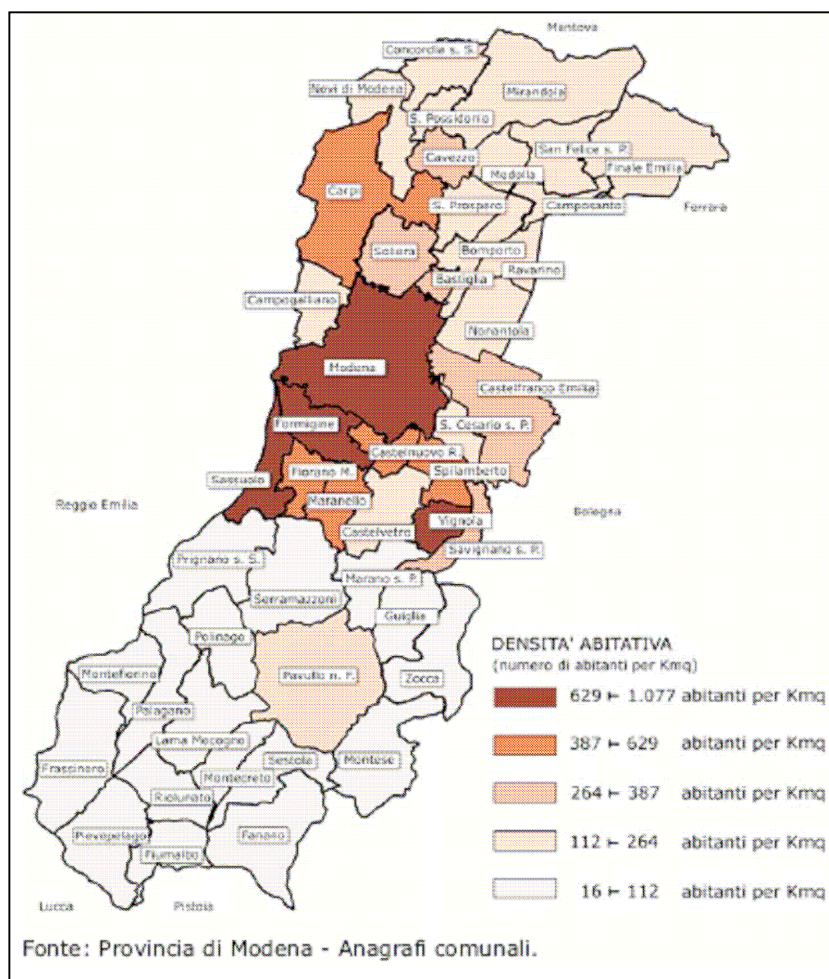


Fig. n° 6: Densità abitativa – Abitanti per km² nei comuni della Provincia di Modena al 31/12/2005 (Fonte: Indicatori statistici dell'economia e del lavoro ISSN 1591-5107 – Elle 2006 – a cura di Provincia di Modena e della Camera di Commercio di Modena)

Al 31/12/2005, le famiglie residenti hanno superato le 275.000 unità (+3.999 nuclei, +1,5% rispetto al 2004) ed hanno un'ampiezza media pari a 2,41 componenti. Prosegue la crescita del numero di famiglie e la simultanea contrazione della relativa ampiezza, dinamiche legate all'immigrazione, ai nuovi comportamenti sociali e agli effetti dell'invecchiamento della popolazione (con la conseguente polverizzazione della dimensione familiare media).

Il tessuto produttivo

Tratto da "Indicatori statistici dell'economia e del lavoro" ISSN 1591-5107 – Elle 2006 – a cura di Provincia di Modena e della Camera di Commercio di Modena

La provincia di Modena è caratterizzata da un tessuto produttivo formato da numerose piccole imprese che, lavorando in stretta simbiosi, hanno creato i distretti industriali in alcune zone della provincia. Infatti, la densità delle imprese sul territorio modenese è abbastanza elevata: si hanno 30 unità locali per Km², valore superiore sia al dato regionale (23), che a quello nazionale (20).

Tuttavia tali insediamenti produttivi non sono distribuiti omogeneamente nei vari comuni (Fig. n° 7).

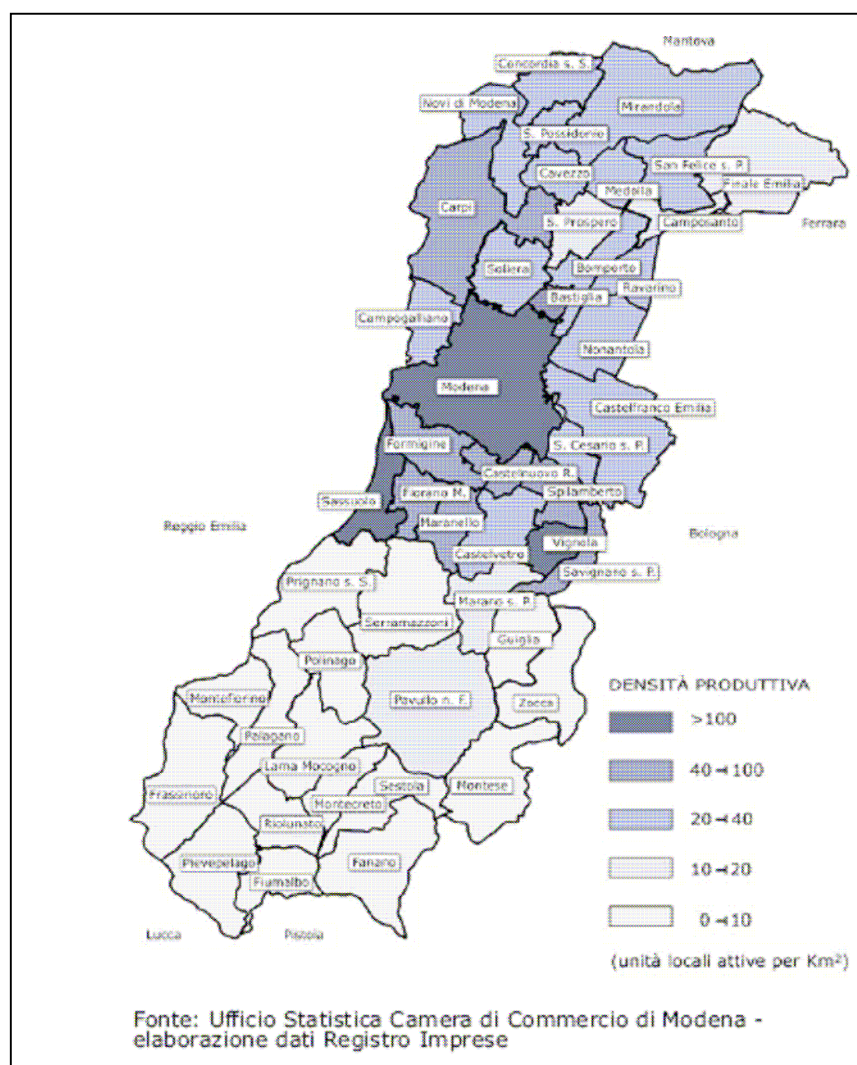


Fig. n° 7: Unità locali attive per chilometro quadrato al 31/12/2005 (Fonte: Indicatori statistici dell'economia e del lavoro ISSN 1591-5107 – Elle 2006 – a cura di Provincia di Modena e della Camera di Commercio di Modena)

Il comune con maggior densità è Sassuolo, con ben 140 unità locali per Km² seguito da Vignola (120) e Modena (109). Elevata anche la concentrazione di Fiorano (74), Formigine e Carpi (64). In generale tutta la fascia dei comuni limitrofi al comune capoluogo presenta valori abbastanza elevati.

Una densità inferiore si trova invece nella bassa modenese, in cui in media si hanno 20-25 unità locali per Km².

I comuni montani presentano la densità più bassa di insediamenti produttivi sul territorio, da 2 a 10 unità locali per Km². Pavullo fa eccezione rivelandosi il comune a più elevata densità imprenditoriale della montagna con 14 unità locali per Km².

Nel 2005 le imprese modenesi attive sono risultate 67.364 (+1,4%, rispetto al 31/12/2004); per numerosità troviamo al primo posto il settore del commercio all'ingrosso e al minuto (22,1% del totale); importante anche l'industria manifatturiera con 12.201 imprese (18%), in calo dell'1,1% rispetto al 2004. Anche l'agricoltura registra molte imprese attive (10.228), tuttavia il dato sulle imprese agricole è in calo ormai da molti anni (-2,6% nell'ultimo anno).

Le costruzioni invece presentano un incremento consistente: con il 5,0% raggiungono la quota di 10.896 imprese; esse risultano in aumento fin dal 1995 senza alcuna battuta d'arresto, per un incremento totale del 63,4%.

Anche il settore terziario è in aumento costante: conta 33.996 imprese (+2,1% rispetto al 2004) incluso il commercio, mentre i soli servizi alle persone e alle imprese sono 19.074 (+3,4%).

Di queste le imprese immobiliari, di informatica e ricerca rappresentano la maggior parte: 8.834 (46,3% del totale servizi) ed hanno registrato l'incremento maggiore (+ 5,7%).

| Settori | Imprese attive | | Var. % |
|--|----------------|---------------|-------------|
| | 31/12/04 | 31/12/05 | |
| Agricoltura e pesca | 10.499 | 10.228 | -2,6 |
| Manifatturiero | 12.332 | 12.201 | -1,1 |
| Costruzioni | 10.378 | 10.896 | +5,0 |
| Commercio | 14.834 | 14.922 | +0,6 |
| Alberghi e ristoranti | 2.486 | 2.598 | +4,5 |
| Trasporti | 3.177 | 3.182 | +0,2 |
| Intermediazione Monetaria e Finanziaria | 1.348 | 1.341 | -0,5 |
| Attività immobiliare, informatica, ricerca | 8.354 | 8.834 | +5,7 |
| Servizi alle persone | 3.090 | 3.119 | +0,9 |
| Altre imprese | 63 | 43 | -31,7 |
| TOTALE | 66.561 | 67.364 | +1,4 |

Fonte: Ufficio Statistica Camera di Commercio di Modena - elaborazione dati Registro Imprese

Fig. n° 8: Imprese attive in Provincia di Modena al 31/12/2005 (Fonte: Indicatori statistici dell'economia e del lavoro ISSN 1591-5107 – Elle 2006 – a cura di Provincia di Modena e della Camera di Commercio di Modena)

La numerosità delle imprese attive non riflette l'effettiva importanza economica dei diversi settori, infatti sono molto diversi sia il numero medio di addetti per unità locale, sia il fatturato totale prodotto, oltre che il volume dell'export. In termini di fatturato, il primo settore è il settore metalmeccanico, (9,8 miliardi), seguito dall'alimentare (4,5 miliardi di euro), dal ceramico (4,3 miliardi di euro), dal tessile abbigliamento con 2,9 miliardi e dal biomedicale con 956 milioni euro.

Questi si configurano come i settori trainanti della provincia di Modena.

Analizzando la loro distribuzione sul territorio si individuano le specializzazioni economiche di ciascuna zona della provincia in cui si sono formati i distretti industriali.

- il distretto dell'industria ceramica, ospita il 62,1% delle ceramiche di tutta la provincia, con fulcro nella conurbazione di Sassuolo e Fiorano, ma che interessa anche i comuni di Maranello e Formigine. Vi sono numerosi comuni in cui questo tipo di industria è totalmente assente, soprattutto nella bassa modenese, mentre la zona montana presenta concentrazioni discrete;
- il distretto del tessile-abbigliamento, ancora centrato su Carpi, in cui si concentrano il 41,5% delle unità locali tessili della provincia. I comuni con maggiore densità sono Carpi (1.359

- il polo produttivo gravitante intorno al contesto urbano del comune di Modena che ospita il 23,3% delle industrie metalmeccaniche;
- l'area Nord-Est di bassa pianura, in cui insiste il polo produttivo del biomedicale sviluppatosi prevalentemente tra Mirandola e Concordia;
- l'area della media valle del Panaro, dove si sono nel tempo consolidate attività di lavorazione di prodotti alimentari, come nella zona di Castelnuovo Rangone e Castelvetro dove si localizzano industrie e laboratori artigianali di lavorazione delle carni.

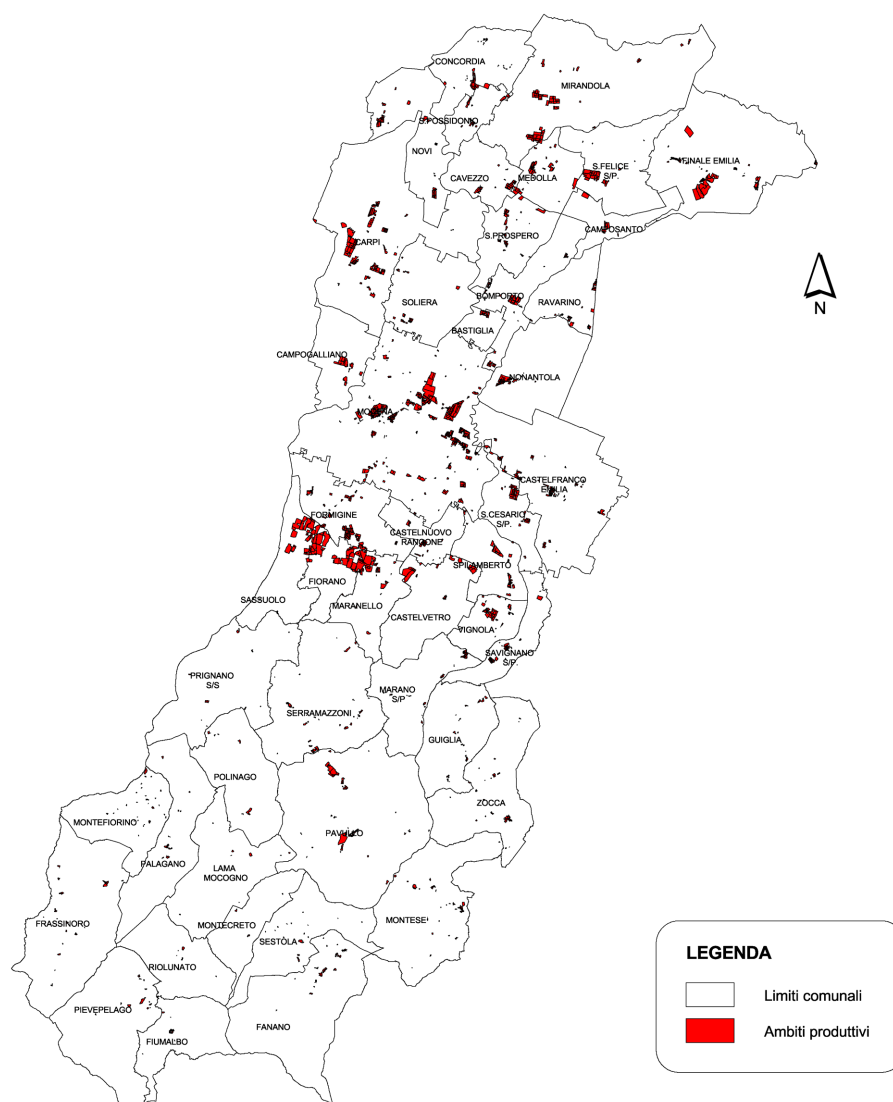


Fig. n° 9: Ambiti produttivi

Il settore agricoltura della provincia di Modena conta al 31/12/2005 10.228 imprese, il 15,2% del totale delle imprese iscritte al Registro imprese. L'attività agricola si divide principalmente in due settori: le imprese di coltivazione, orticoltura e floricoltura, pari a 7.241 unità (il 70,5% del totale), e le imprese di allevamento che risultano 1.913 (il 18,7%). L'allevamento del bovini e la produzione

di latte è praticato da 1.546 imprese, l'80,8% degli allevamenti totali. Sono 156 le imprese che allevano suini come attività principale.

Le stime sulla consistenza del bestiame in Provincia di Modena al 1° dicembre 2005 evidenziano, rispetto all'anno precedente, una riduzione di tutto il patrimonio zootecnico provinciale. Si ridimensionano notevolmente i bovini, che calano del 5,9%, e gli ovini e caprini (-5,7%). Più contenuto il calo del suini (-2,4%) e degli equini (-1,1%).

Nella Fig. n° 10 si riporta la localizzazione delle aziende con allevamenti (cartografia aggiornata al 1998).

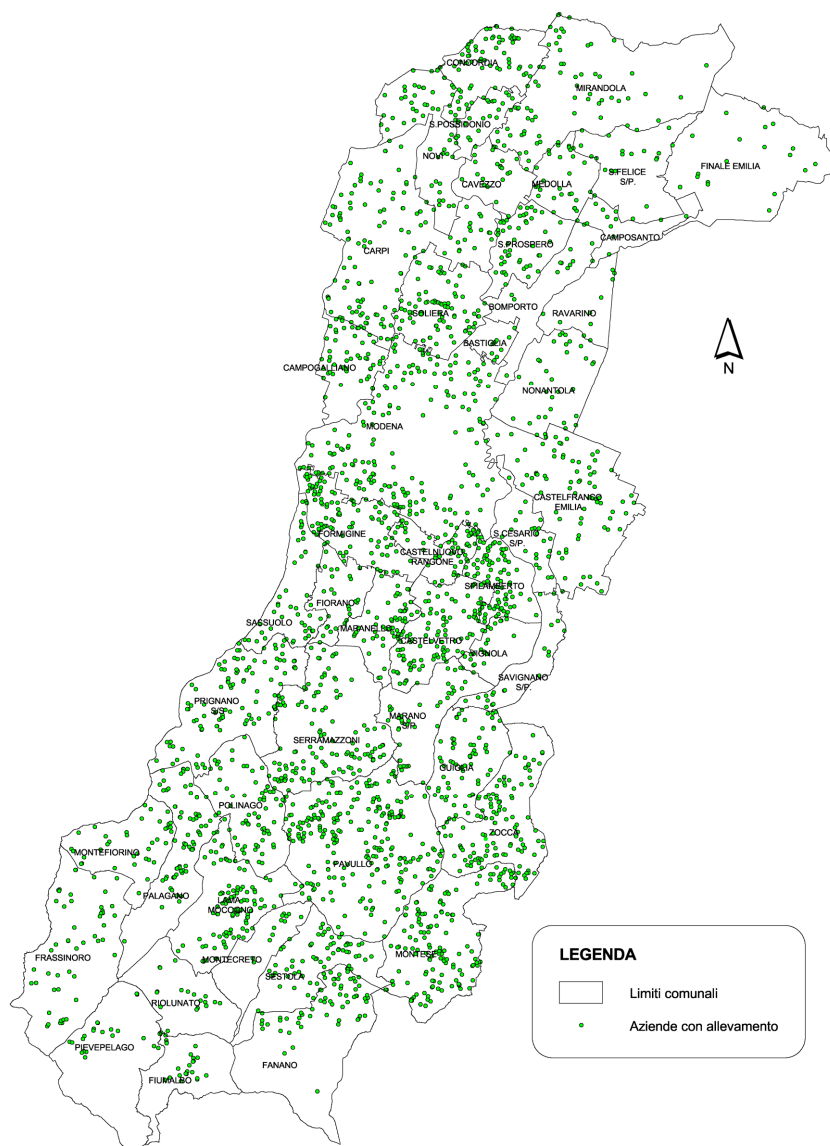


Fig. n° 10: Aziende con Allevamenti

Viabilità e trasporti

Tratto da "Modena in cifre" - Edizione 2006 - Pubblicazione informativa sulle caratteristiche istituzionali, socio-economiche ed ambientali della provincia di Modena

La rete stradale in provincia di Modena comprende 51 Km di autostrade, 1.020 Km di strade provinciali e 7.400 Km di strade comunali; sono altresì presenti 73 Km di rete ferroviaria e oltre 100 Km di piste ciclabili. Le principali strade del modenese sono per lo più attraversate da ingenti flussi di traffico, conseguenza sia della collocazione geografica del territorio provinciale, che dell'elevato tasso di mobilità delle persone e delle merci.

La distribuzione dei flussi di traffico risulta fortemente polarizzata intorno al capoluogo, anche per il sostenuto sistema di relazioni tra l'area metropolitana, i distretti produttivi ed i punti di accesso autostradali.

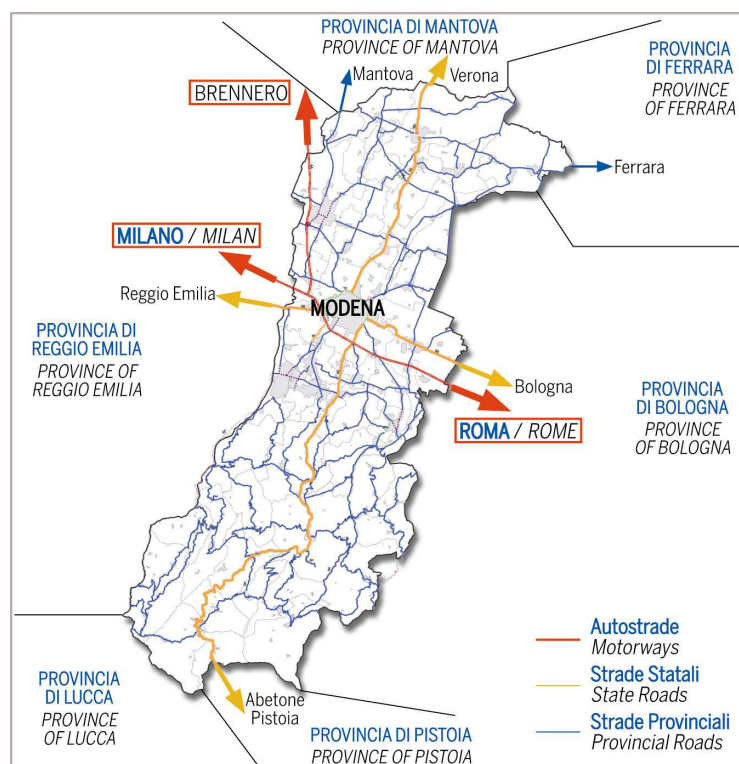


Fig. n° 11: Rete stradale in provincia di Modena: autostrade, strade statali e provinciali

Al Censimento del 2001, in provincia di Modena, si sono registrati mediamente oltre 346 mila spostamenti giornalieri per motivi di studio e di lavoro, 225 mila dei quali costituiti da movimenti intracomunali e quasi 100 mila da trasferimenti intercomunali, 20 mila diretti alle altre province dell'Emilia-Romagna (in particolare Bologna e Reggio Emilia) e circa 1.500 verso le altre province italiane.

I flussi registrati in entrata ammontano a oltre 22 mila spostamenti dalle altre province dell'Emilia-Romagna (in primis Reggio Emilia) e 3.800 dal resto dell'Italia.

Il più elevato numero di spostamenti si registra tra il comune capoluogo e i distretti produttivi di Fiorano, Sassuolo e Carpi.

I mezzi di trasporto utilizzati sono, nell'ordine, l'automobile (70% dei casi), la bicicletta (9%) e il mezzo pubblico (8,7%); il 9,5% dei trasferimenti avviene a piedi e il 3,6% in motorino o scooter.

Nel 2003, sul territorio modenese erano inoltre attivi 1.114 autobus circolanti, che costituiscono il servizio pubblico nella rete di trasporti provinciale.

La mole complessiva di veicoli abitualmente circolanti e di passaggio sulle strade della provincia, provocano inevitabili ricadute sulla viabilità complessiva e sulla qualità dell'ambiente.

Al 31/12/2004, i veicoli circolanti, risultano superiori alle 540 mila unità, di cui il 77% è costituito da autovetture (Fig. n° 12). Queste ultime, presenti in oltre 400 mila unità iscritte al Pubblico Registro Automobilistico, generano un tasso di motorizzazione pari a 74,6 autovetture ogni 100 abitanti maggiorenni, valore sensibilmente più elevato della media regionale e italiana, pari, rispettivamente, a 71,4 e a 70,5 unità (Fig. n° 13).

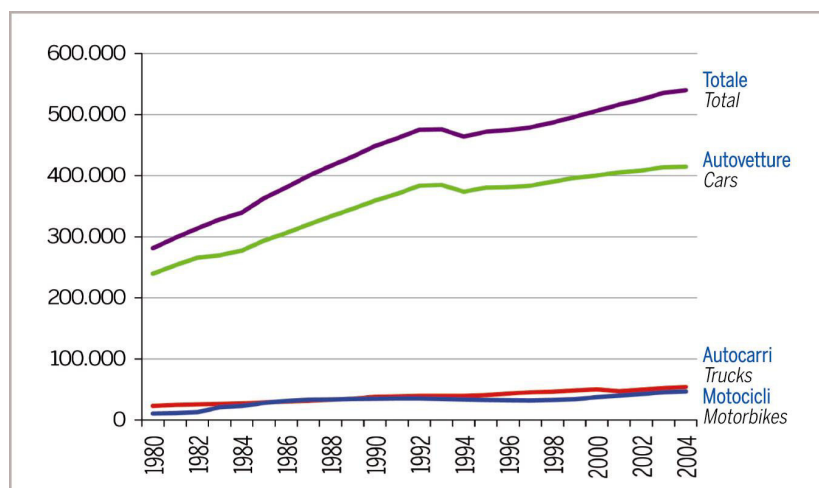


Fig. n° 12:veicoli circolanti in provincia di Modena: valori assoluti periodo 1980-2004.

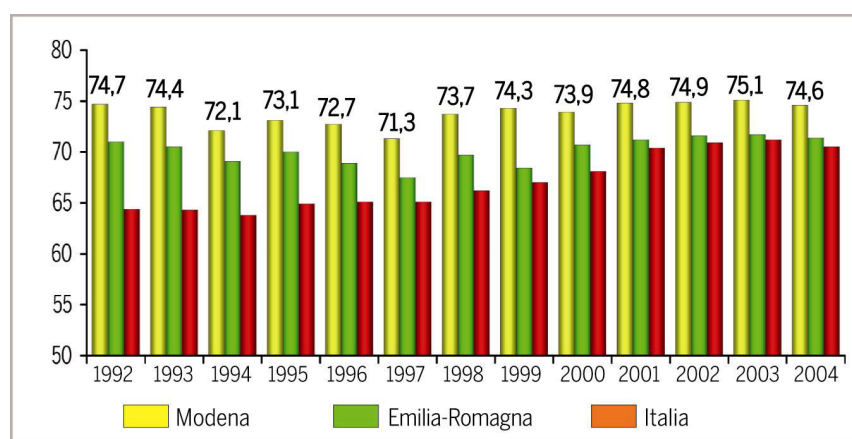


Fig. n° 13: autovetture ogni 100 abitanti maggiorenni in Provincia di Modena, in Emilia Romagna e in Italia. Valori assoluti. anni 1992-2004

Il Servizio di trasporto pubblico

La rete urbana

Tratto da "Carta della mobilità 2003" – A cura di Azienda Trasporti Collettivi e Mobilità S.p.A.(ATCM) della Provincia di Modena

Il Servizio Urbano di Modena è organizzato a rete con frequenze fisse. La struttura prevede una serie di linee radiali che dalle frazioni e dai quartieri convergono verso il centro della città; 3 linee filoviarie di penetrazione verso il centro e 8 linee di circuitazione sui viali. Il sistema ha i seguenti significativi punti di forza:

- 84% del territorio comunale con fermata ad una distanza massima di 300 metri

| | |
|---|-----------|
| Servizio feriale invernale | |
| Popolazione servita | 176.990 |
| Lunghezza rete in km | 221 |
| N. linee a frequenza 10 minuti | 8 |
| N. linee a frequenza 20 minuti | 1 |
| N. linee a frequenza 30 minuti | 5 |
| N. linee a frequenza 60 minuti | 3 |
| N. linee ad orario | 1 |
| N. linee taxi convenzionato | 5 |
| N. giorni di servizio | 365 |
| N. corse per giorno | 1.695 |
| N. corse taxi convenzionato notturno a chiamata | 19.998 |
| Produzione chilometrica/anno | 4.970.269 |
| Passeggeri trasportati nel 2002 | 7.869.412 |
| Ore di servizio rese al pubblico/anno | 271.077 |
| Velocità commerciale media km/h | 20,44 |

Quadro Conoscitivo

- tempo di accesso al centro storico della città non superiore a 20 minuti
- frequenza nell'area urbana: 10 minuti
- possibilità di raggiungere qualsiasi punto della città con un solo cambio di mezzo.

A questo servizio si aggiungono i servizi urbani di Carpi, con 56,76 km di rete e 176.249 passeggeri trasportati nel 2002, Sassuolo, con 23,5 km di rete e 11.051 passeggeri trasportati, e Pavullo con 23,5 km di rete e 11.000 passeggeri.

La rete extraurbana

Tratto da "Revisione del servizio extraurbano del Bacino provinciale di Modena" – Redatto da Polinomia s.r.l (luglio 2006) e "Analisi dei servizi ferroviari nel bacino modenese" – Redatto da Steer Davies Gleave per Agenzia per la Mobilità e il Trasporto Pubblico Locale di Modena S.p.A.(febbraio 2006)

La rete Extraurbana (stradale e ferroviaria) copre tutto il territorio provinciale e garantisce la mobilità tra i vari centri e gli insediamenti produttivi e socio economici più rilevanti.

La rete stradale, gestita dall'Azienda Trasporti Collettivi e Mobilità S.p.A. (ATCM) della Provincia di Modena, presenta diverse linee di autobus suddivisibili in tre grandi tipologie, a loro volta organizzate in direttrici:

- 1) linee da e verso Modena, su direttrici coperte anche dalla rete ferroviaria:
 - a) MO_Carpi: direttrice Carpi comprese le linee suburbane di Carpi e Campogalliano
 - b) MO_Castelfranco: direttrice Castelfranco/Rubiera comprese le linee suburbane di Castelfranco
 - c) MO_Sassuolo: direttrice Sassuolo
- 2) linee da e verso Modena, su direttrici non coperte dalla rete ferroviaria:
 - a) MO_Mirandola: direttrice Mirandola/Finale
 - b) MO_Vignola: direttrice Vignola
 - c) MO_Pavullo: direttrice Pavullo
- 3) altre linee, non convergenti su Modena:
 - a) MO_Nord: direttrice Nord, in particolare direttrice Finale-Mirandola-Carpi
 - b) MO_Pedemonte: direttrice Pedemonte o distretto delle ceramiche, in particolare la direttrice Vignola-Maranello-Fiorano-Sassuolo
 - c) MO_Montagna: direttrice montagna

Nella Fig. n° 14 è riportata la distribuzione dell'offerta tra le diverse classi individuate, espressa in termini percentuali sulle vetture*km e sul numero di corse all'anno (fonte Programma di esercizio 2005).

Si può notare che le direttrici che affiancano la rete ferroviaria sono mediamente più deboli come servizio rispetto alle altre direttrici su Modena; il servizio pubblico è in buona parte demandato al servizio ferroviario in particolare sulla direttrice di Sassuolo. Per la direttrice di Castelfranco (con una serie di corse che coprono gli itinerari Rubiera-Modena-Castelfranco e Rubiera-Modena-Castelfranco-Vignola, passanti per Modena) il peso in termini di percorrenze è maggiore del peso in termini di numero di corse.

Le altre tre direttrici su Modena (Mirandola, Vignola e Pavullo) presentano valori abbastanza omogenei, con un peso in termini di percorrenze sempre maggiore del peso in termini di numero di corse.

Per le altre direttrici i valori sono più disomogenei (comunque correlati con la superficie territoriale coperta) e la dispersione territoriale comporta che il peso in termini di percorrenze risulti sempre inferiore del peso in termini di numero di corse.

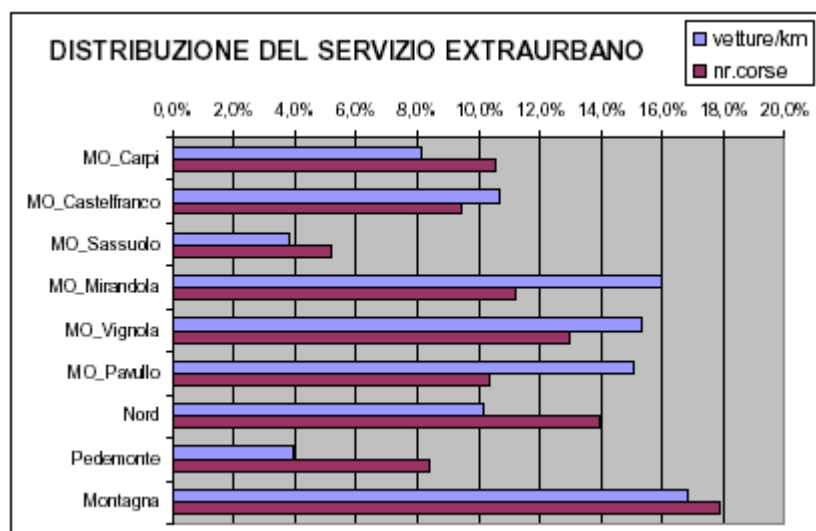


Fig. n° 14: distribuzione del servizio extraurbano

La lunghezza media delle corse (Fig. n° 15) varia dai 12 km delle corse del distretto delle ceramiche (con molte linee di tipo suburbano intorno a Sassuolo) fino ai quasi 40 km delle direttrici di Mirandola e Pavullo.

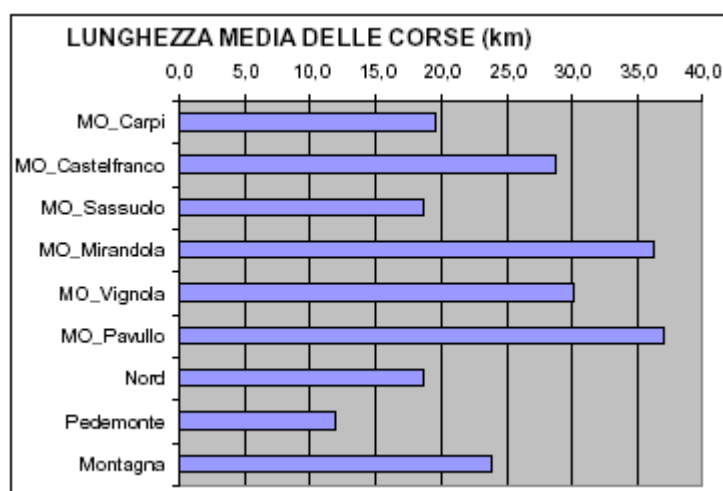


Fig. n° 15: lunghezza media delle corse

Per quanto riguarda la distribuzione oraria del servizio in un giorno feriale/scolastico (Fig. n° 16) si nota un'ovvia concentrazione delle corse nelle ore di inizio e fine delle lezioni scolastiche, con una concentrazione degli "arrivi" nell'intervallo 7.30-8.00 e delle "partenze" nell'intervallo 13.30-14.00. Molto meno significativa la punta serale con "partenze" distribuite fra le 17.30 e le 19.00. La Fig. n° 16 riporta per ciascuna mezz'ora della giornata feriale/scolastica tipo il numero di corse in partenza nella mezz'ora e il numero di corse in arrivo nella medesima mezz'ora.

Il numero di mezzi e di autisti contemporaneamente impiegati nel servizio extraurbano in un giorno feriale/scolastico presenta una punta di oltre 190 mezzi impiegati contemporaneamente alle 7.30 del mattino (Fig. n° 16). Leggermente inferiore l'impiego di risorse nel primo pomeriggio con oltre 160 mezzi contemporaneamente impiegati alle 13.30 e alle 14.00. Nelle fasce di morbida della mattina e del pomeriggio, l'impiego dei mezzi varia dai 20 ai 60 bus.

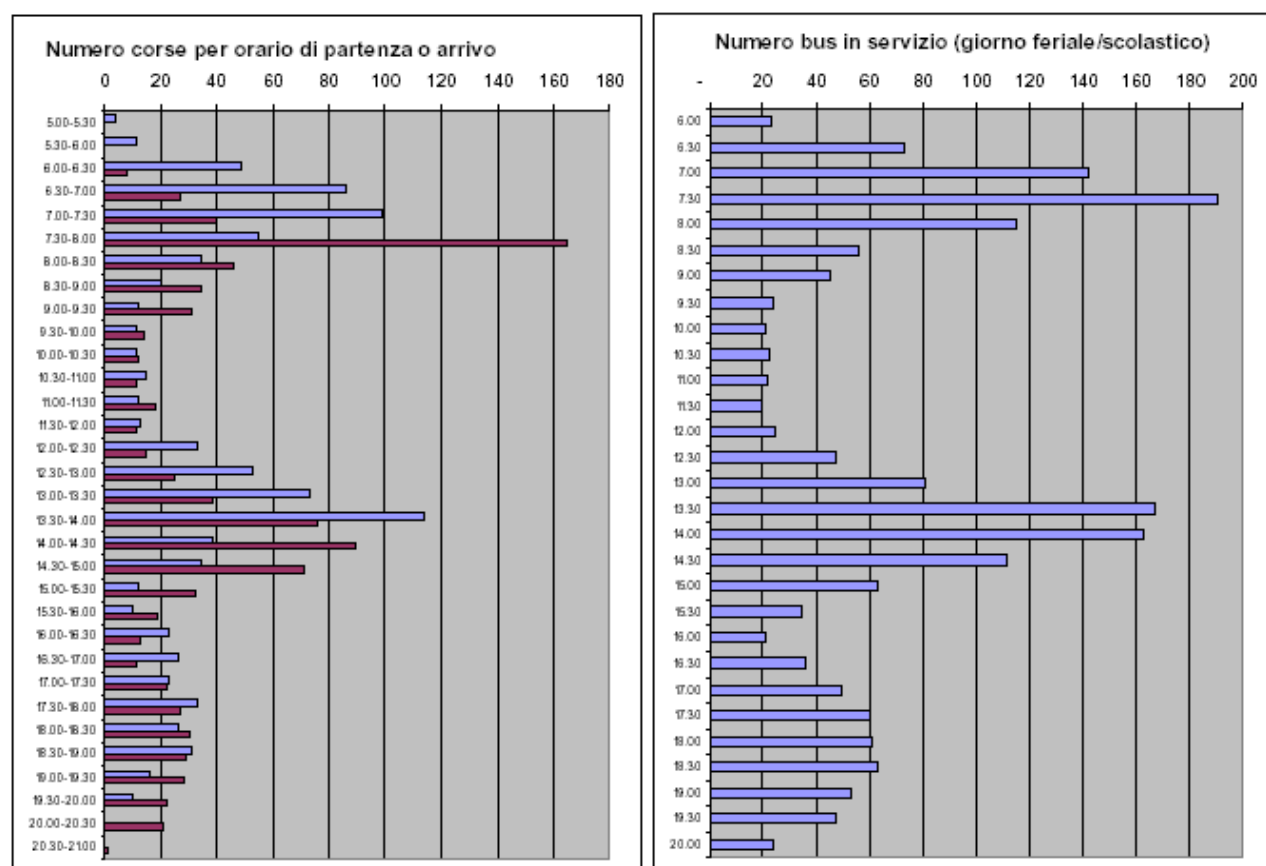


Fig. n° 16: numero di corse per orario di partenza o arrivo e numero di bus in servizio in un giorno feriale/scolastico

I numeri complessivi del servizio bus extraurbano in un giorno feriale/scolastico si possono riassumere in 55 linee, 940 corse e 20.000 passeggeri, con un carico medio di 20 passeggeri saliti per corsa. Nella Tab. n° 1, per ciascuna tipologia di linea, vengono riportati il numero medio di corse in un giorno feriale/scolastico, il numero di passeggeri saliti (dato estratto dal sistema di bigliettazione automatica STIMER in una settimana di maggio 2005) e il rapporto medio passeggeri saliti/posti offerti¹.

| | num.corse | pass/gg | rapp.medio pass/posti |
|-----------------|-----------|---------|-----------------------|
| MO_Carpi | 87 | 1.616 | 23,2% |
| MO_Castelfranco | 90 | 2.635 | 36,6% |
| MO_Sassuolo | 52 | 1.190 | 28,6% |
| MO_Mirandola | 108 | 2.693 | 31,2% |
| MO_Vignola | 118 | 2.802 | 29,6% |
| MO_Pavullo | 100 | 3.626 | 45,3% |
| Nord | 145 | 2.155 | 18,6% |
| Pedemonte | 85 | 1.798 | 26,5% |
| Montagna | 156 | 1.631 | 13,0% |

Tab. n° 1: numero di corse e numero di passeggeri al giorno delle linee extraurbane suddivise per direttrice

¹ Questo indicatore rappresenta un grado di utilizzo delle linee ma non indica il carico medio dei bus in termini di quota di posti occupati; la quota di posti occupati sarebbe pari al rapporto pass/posti solo se tutti i passeggeri salissero alla prima fermata e scendessero all'ultima fermata della corsa.

La rete ferroviaria è costituita da tre linee principali e portanti del sistema di trasporto ferroviario del bacino modenese, vale a dire:

- 1) Linea Reggio E. – Modena – Castelfranco – Bologna (attualmente gestita da Trenitalia)
- 2) Linea Modena – Carpi (attualmente gestita da Trenitalia)
- 3) Linea Modena – Sassuolo (attualmente gestita da ATCM)

Oltre queste linee portanti, esistono anche altre due direttrici che attraversano il bacino modenese, vale a dire la Linea Vignola – Bologna (attualmente gestita da FER e ATC) e la Linea Mirandola – Bologna (attualmente gestita da Trenitalia).

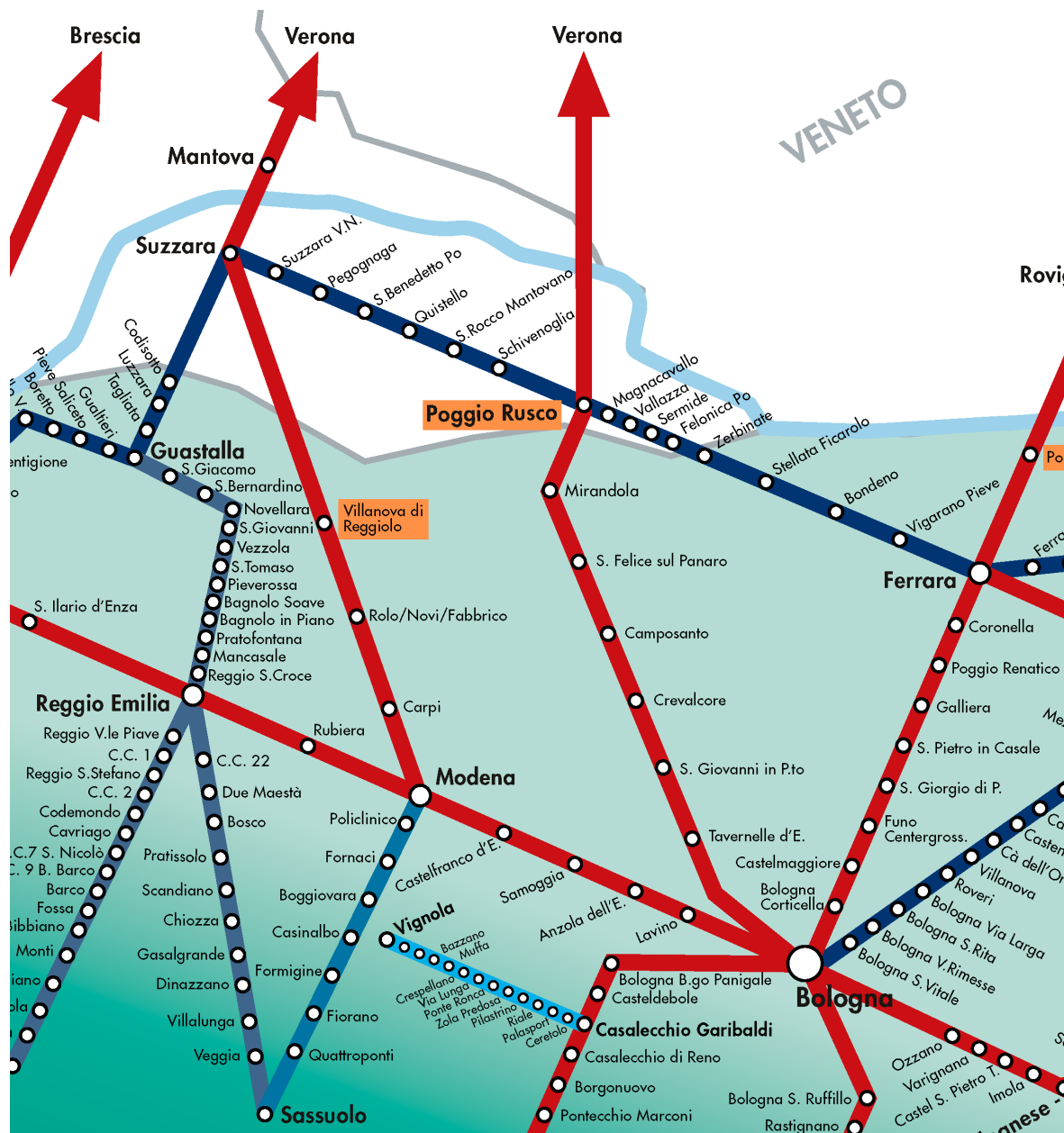


Fig. n° 17: schema delle linee nel bacino di Modena²

²Sulla linea Modena – Carpi è in fase di realizzazione il raddoppio dei binari fino a Soliera ed è prevista l'attivazione della stazione di Villanova e la possibile riapertura della stazione di Soliera. Con i lavori relativi alla costruzione della linea AV è prevista l'attivazione di una fermata "Modena Fiera" sulla linea per Reggio Emilia/Piacenza

Quadro Conoscitivo

La Tab. n° 2 riassume le principali caratteristiche delle linee ferroviarie presenti in Provincia, mentre la Tab. n° 3 riporta il numero giornaliero di passeggeri.

| | LINEA MODENA – CASTELFRANCO | LINEA MODENA – RUBIERA |
|---|--|--|
| <i>Lunghezza tratta</i> | 13 km | 15 km |
| <i>Direttrice</i> | Bologna Milano | Bologna - Milano |
| <i>Linea</i> | Doppio binario | Doppio binario |
| <i>Elettrificazione</i> | Completa | Completa |
| <i>Stazioni/fermate intermedie</i> | Nessuna | Nessuna |
| <i>Frequenza</i> | Varia | Varia |
| <i>Numero di corse giornaliere</i> | 110 per ogni direzione | 110 per ogni direzione |
| <i>Velocità commerciale</i> | Da 63 km/h (per i treni Regionali) | Da 63 km/h (per i treni Regionali) |
| <i>Di stanziamento medio tra convogli</i> | 3 minuti | 3 minuti |
| <i>Tipologia di treni circolanti</i> | Regionali, Interregionali, Espressi, Intercity, Eurocity, Eurostar, EN e Merci | Regionali, Interregionali, Espressi, Intercity, Eurocity, Eurostar, EN e Merci |
| | LINEA MODENA – CARPI - ROLO | LINEA MODENA – SASSUOLO |
| <i>Lunghezza tratta</i> | 27 km | 19 km |
| <i>Direttrice</i> | Modena – Mantova – Verona | Modena - Sassuolo |
| <i>Linea</i> | Binario Unico | Binario Unico |
| <i>Elettrificazione</i> | Completa | Completa |
| <i>Stazioni/fermate intermedie</i> | 3 (in fase di attivazione Soliera/Appalto e Villanova) | 7 |
| <i>Frequenza</i> | Varia | 40' (punta) |
| <i>Numero di corse giornaliere</i> | 27 direz. Nord e 31 direz. sud | 21 per ogni direzione |
| <i>Velocità commerciale</i> | Da 58 km/h (Reg) a 86 km/h (ES) | 38 km/h |
| <i>Di stanziamento medio tra convogli</i> | 7 minuti | 40 minuti |
| <i>Tipologia di treni circolanti</i> | Regionali, EN e IC, Merci | Regionali |
| | LINEA VIGNOLA – BOLOGNA | LINEA MIRANDOLA - BOLOGNA |
| <i>Lunghezza tratta</i> | 34 km | 50 km |
| <i>Direttrice</i> | Vignola – Bologna | Bologna – Verona |
| <i>Linea</i> | Binario Unico | Binario Unico, in fase di realizzazione il raddoppio |
| <i>Elettrificazione</i> | Completa | Completa |
| <i>Stazioni/fermate intermedie</i> | 3 | 2 |
| <i>Frequenza</i> | 60' | 30' |
| <i>Numero di corse giornaliere</i> | 15 per ogni direzione | 12 per ogni direzione |
| <i>Velocità commerciale</i> | 35 km/h | Da 60 km/h (Reg) a 67 km/h (IR) |
| <i>Di stanziamento medio tra convogli</i> | 60 minuti | 7 minuti |
| <i>Tipologia di treni circolanti</i> | Regionali | Regionali, Interregionali, Eurostar, EN e EC |

Tab. n° 2: principali caratteristiche delle linee ferroviarie in Provincia di Modena

| LINEA MODENA – CASTELFRANCO (dati gen 2006 – Trenitalia) | | | | LINEA MODENA – RUBIERA (dati gen 2006 – Trenitalia) | | | | LINEA MODENA – CARPI – ROLO (dati genn 2006 – Trenitalia) | | | | LINEA MODENA – SASSUOLO (dati nov 2005 – ATCM) | | |
|--|--------|-----------------|--------------|---|--------|---------|--------------|---|---------|-------|-----------------------|--|---------|--------------|
| | Modena | Castelfranco E. | intera linea | | Modena | Rubiera | intera linea | | Modoena | Carpi | Rolo-Nov- Fabbrico | intera linea | | intera linea |
| saliti | 3.553 | 604 | 4.157 | saliti | 902 | 106 | 1.008 | saliti | 2.143 | 991 | 175 | 3.309 | saliti | 2.250 |
| discesi | 2.789 | 615 | 3.404 | discesi | 478 | 104 | 582 | discesi | 1.635 | 1.198 | 304 | 3.137 | discesi | 2.250 |

| LINEA MIRANDOLA – BOLOGNA (dati genn 2006 – Trenitalia) | | | | | | | | | LINEA BOLOGNA – VIGNOLA (dati 2005 – Prov Bologna) | | TOTALE PROVINCIA | |
|---|-----------|-----------------------|------------|------------|-------------------|---------------|---------|--------------|--|--------------|---------------------|---------------|
| | Mirandola | San Felice sul panaro | Camposanto | Crevalcore | S. Giovanni in P. | Osteria nuova | Bologna | intera linea | | intera linea | | |
| saliti | 277 | 294 | 7 | 451 | 653 | 82 | 3.081 | 4.845 | saliti | 2.654 | saliti | 18.223 |
| discesi | 300 | 328 | 30 | 554 | 715 | 149 | 2.567 | 4.643 | discesi | 2.654 | discesi | 16.670 |

Tab. n° 3: numero giornaliero di passeggeri

Il Patrimonio forestale e agricoltura

I soprassuoli boschivi, o più comunemente i boschi, sono formazioni vegetali di origine naturale o artificiale caratterizzate dalla presenza di vegetazione arborea, associata, in varia misura, a vegetazione arbustiva ed erbacea, non soggette a lavorazioni di tipo agronomico, lasciate evolvere naturalmente o interessate solo da interventi selvicolturali.

Tali formazioni sono in grado di produrre legno o altri prodotti classificati usualmente come forestali, e di esercitare un'influenza sul clima, sul regime idrico, sulla flora e sulla fauna. Nel corso del tempo alle foreste sono state attribuite funzioni diverse. Da una iniziale prevalente funzione "produttiva" (legname ed energia), si è via via riconosciuta l'importanza delle foreste per la difesa del suolo (funzione protettiva). E' del 1923 infatti la "legge forestale" dello Stato italiano, che istituisce il "vincolo idrogeologico" e le Prescrizioni di massima e di polizia forestale. Solo negli ultimi decenni la funzione protettiva è stata ricondotta ad una più generale funzione ecologico-ambientale e paesaggistica a cui si associa infine una funzione ricreativa.

I boschi della provincia di Modena, stimati in circa 50.000 ha, di cui circa 8.000 governati a fustaia e 42.000 a ceduo, con una incidenza sul territorio provinciale del 18%, non possono certamente essere considerati di scarsa entità complessiva.

Ciò anche in considerazione che il dato non comprende i recenti impianti di arboricoltura specializzata per la produzione del legno ed i pioppeti, soprattutto localizzati in pianura.

Al dato quantitativo che si presenta di buona entità complessiva non sempre si affianca un dato qualitativo altrettanto buono.

La qualità tecnologica degli assortimenti legnosi ricavabili dai boschi della Provincia, sia di latifoglie che di resinose, si presenta in generale scarsa.

La mappa di Fig. n° 18 è stata tratta dal PTCP della Provincia di Modena.

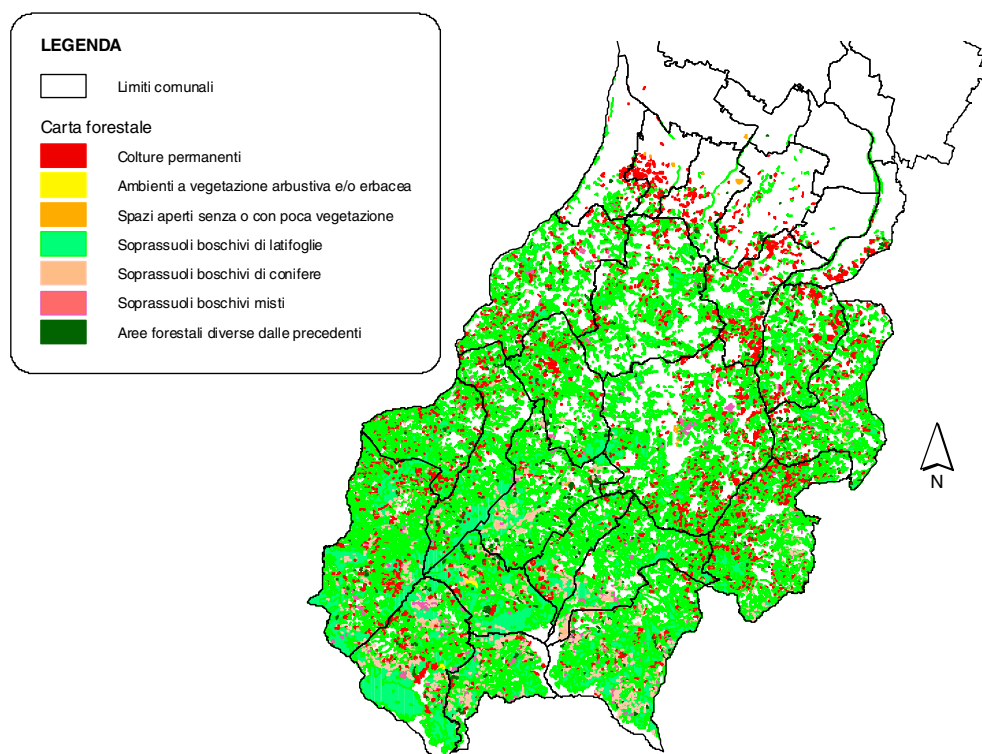


Fig. n° 18: Carta Forestale

Quadro normativo

Gli strumenti normativi in materia di qualità dell'aria e di inquinamento atmosferico sono complessi e articolati e sono strutturati su diversi livelli che vanno dalle direttive comunitarie, alle norme nazionali, per arrivare agli strumenti di governo locale. Un esame delle norme che a vario titolo influenzano le scelte del piano costituisce, in questa fase, un utile strumento di lavoro, nonché una indispensabile premessa. In questo capitolo, si riporta un breve riassunto dei principali provvedimenti.

Per schematizzare il quadro delle disposizioni vigenti in materia di qualità dell'aria e di inquinamento atmosferico le norme possono essere suddivise in due ambiti principali: le disposizioni relative alla tutela della *qualità dell'aria* e le disposizioni relative alle *emissioni inquinanti* in atmosfera.

Relativamente alla qualità dell'aria, il recepimento in Italia delle direttive comunitarie 96/62/CE e 99/30/CE e 2002/3/CE, rispettivamente con il DL 351 (1999), il DM 60 (2002) e il DL 183 del 2004, ha comportato notevoli modifiche al quadro normativo nazionale. Vengono modificati i principi di base per la valutazione delle qualità dell'aria, i limiti di riferimento, le modalità e le tempistiche per raggiungere questi limiti attraverso piani o programmi, le modalità di informazione al pubblico.

Sempre in attuazione del DL 351, è stato successivamente emanato il DM 261/2002 che fornisce le direttive tecniche per la valutazione preliminare della qualità dell'aria, i criteri per l'elaborazione dei piani o programmi per il raggiungimento dei valori limite nelle zone e negli agglomerati e le direttive sulla cui base vengono adottati i piani di mantenimento.

La predisposizione di questi interventi, così come la suddivisione del territorio in zone e agglomerati in base al rischio di superamento dei valori limite e delle soglie di allarme viene affidata alle regioni. In Emilia Romagna, a seguito della L.R. 3 del 21/4/99 che riforma il sistema regionale e locale, questo compito viene demandato alle Province, mentre la Regione mantiene il proprio ruolo in termini di indirizzi, obiettivi ed omogeneità degli strumenti tecnici.

Resta invece in capo ai comuni l'attuazione delle misure previste dal decreto "Criteri ambientali e sanitari in base ai quali i sindaci adottano misure di limitazione della circolazione" (DM 21-04-1999 163), che, anche se modificato in numerose parti dal DM 60, risulta attualmente in vigore.

Fino all'entrata in vigore dei nuovi limiti, restano altresì in vigore gli standard di qualità definiti dal DPR 203/88.

Relativamente alle emissioni di inquinanti in atmosfera da impianti industriali/civili il D.Lgs 152/06, entrato in vigore il 29 aprile 2006, ha modificato il regime autorizzatorio e ha incluso in un unico testo la normativa in materia abrogando i precedenti decreti che la regolavano; ricordiamo, tra le principali leggi abrogate: DPR 203/88, DPCM 21-07-89, il DM 12-07-1990, il DPR 25-07-1991 e DM n. 44 del 16-01-2004 per le emissioni industriali, Legge 615/1966 e DPR 1391/1970 per le emissioni civili.

La Parte V (Norme in materia di tutela dell'aria e di riduzione delle emissioni in atmosfera) Titolo I (Prevenzione e limitazione delle emissioni in atmosfera di impianti e attività) del nuovo Decreto Legislativo, prevede che tutti gli impianti industriali, i più potenti impianti termici civili e quelli civili che utilizzano particolari combustibili con potenza termica nominale > a 3MW, siano soggetti ad autorizzazione alle emissioni.

Per le emissioni industriali, tra le principali novità emerge un termine di scadenza per le nuove autorizzazioni rilasciate (da rinnovare ogni 15 anni) e una procedura di rinnovo anche per gli impianti già autorizzati all'entrata in vigore del decreto in oggetto, da eseguirsi secondo criteri e calendari predefiniti. Inoltre, il D.lgs 152/06 modifica l'iter autorizzativo per il rilascio di nuove au-

torizzazioni, prevedendo la convocazione, da parte dell'Autorità competente, di una Conferenza dei Servizi.

Nel settore industriale assume, inoltre, notevole importanza la direttiva IPCC 96/61, recepita in Italia con il D.Lgs 372/99, che prevede misure intese a evitare o ridurre le emissioni delle attività industriali nell'aria, nell'acqua e nel terreno, nonché la produzione di rifiuti, al fine di conseguire un elevato livello complessivo di protezione ambientale, anche in relazione alle caratteristiche del sito. In particolare, le aziende che rientrano nei parametri stabiliti dal decreto, devono dotarsi di una unica autorizzazione integrata ambientale (AIA) nella quale vengono autorizzate tutte le forme di scarico in ambiente e in cui i limiti sono stabiliti in base alle migliori tecnologie disponibili (MTD o BAT).

Nel campo delle emissioni autoveicolari, il quadro è sostanzialmente costituito da provvedimenti per la riduzione del contenuto di inquinanti nei carburanti e combustibili (piombo, zolfo...), da provvedimenti per l'introduzione di tecnologie di abbattimento delle emissioni, che nella maggior parte dei casi discendono da direttive o proposte emanate a livello europeo (direttive EURO III, EUROVI, Autoil II), e infine da strategie legate alla mobilità sostenibile.

Si colloca in quest'ultima classe di provvedimenti il PRIT 98 (Piano Regionale Integrato dei Trasporti) che rappresenta il principale strumento di pianificazione dei trasporti attraverso cui la Regione Emilia Romagna persegue gli obiettivi di un razionale e funzionale utilizzo del proprio territorio, assicurandone accessibilità e fruibilità. Il PRIT 98 ha pienamente recepito le indicazioni del Protocollo di Kyoto prevedendo delle azioni nel sistema di trasporto tali da produrre, se attuate sistematicamente e nella loro piena valenza, una significativa riduzione del consumo di energia e della emissione di inquinanti.

Per le emissioni inquinanti determinate dal riscaldamento civile, invece, oltre alla sostituzione dei combustibili tradizionali con il metano, gli orientamenti ormai consolidati a livello internazionale sono rivolti all'incremento dell'efficienza energetica (grazie allo sviluppo di tecnologie innovative), al risparmio energetico e all'impiego di fonti energetiche alternative ("pulite"). Gli impianti termici di più piccole dimensioni e non disciplinati dal Titolo I-Parte V del D.Lgs 152/06, se di potenza termica nominale pari o superiore a 0,035 MW, vengono ora regolamentati dal Titolo II (Impianti termici civili) del suddetto decreto, che prevede la trasmissione di denuncia di esistenza o di nuova installazione all'autorità competente, secondo un calendario prestabilito.

Di seguito si riporta l'elenco dei principali provvedimenti che a livello comunitario, statale e regionale risultano utile riferimento per la predisposizione del piano.

□ Normativa comunitaria

- ✓ Direttiva CEE 96/61 – Prevenzione e riduzione integrate dell'inquinamento.
- ✓ Direttiva CEE 96/62 – Valutazione e gestione della qualità dell'aria ambiente.
- ✓ Direttiva CE 98/69 – Inquinamento atmosferico da veicoli a motore.
- ✓ Direttiva 99/30 – Valori limite di qualità dell'aria per il biossido di zolfo, biossido d'azoto, gli ossidi di azoto, le particelle sospese ed il piombo.
- ✓ Direttiva 02/3/CE relativa all'ozono nell'aria
- ✓ Direttiva 2004/107/CE concernente l'arsenico, il cadmio, il mercurio, il nichel e gli idrocarburi policiclici aromatici nell'aria ambiente.

□ Normativa nazionale

- ✓ DPR 203/88 relativamente ai limiti sul biossido di azoto e gli ossidi di azoto, fino all'entrata in vigore dei limiti stabiliti dal DM 60/2002 (1° gennaio 2010)
- ✓ DM 25-11-1994 relativamente ai limiti e ai metodi di campionamento degli IPA (Idrocarburi Policiclici Aromatici) fino al recepimento della Direttiva 2004/107/CE
- ✓ D.Lgs 112/98 – Conferimento di funzioni e compiti amministrativi dello Stato alle regioni ed agli enti locali, in attuazione del capo I della legge 15 marzo 1997, n. 59
- ✓ DM 27-03-1998 - Mobilità sostenibile nelle aree urbane.
- ✓ DM 13-05-1999 – Recepimento della direttiva CE 98/77 che adegua al progresso tecnico la direttiva 70/220 relativa all'inquinamento atmosferico da emissioni dei veicoli a motore.
- ✓ DM 21-04-1999 n. 163 Criteri ambientali e sanitari in base ai quali i sindaci adottano misure di limitazione della circolazione così come modificato dal DM 60/02
- ✓ D.Lgs. 04-08-1999 n. 351 – Attuazione della direttiva 96/62 in materia di valutazione e gestione della qualità dell'aria ambiente.
- ✓ D.Lgs. 04.08.1999 n. 372 – Recepimento della direttiva 96/61 sulla prevenzione e riduzione integrate dell'inquinamento.
- ✓ DM 2 aprile 2002, n. 60 recante "Recepimento della direttiva 1999/30/CE del Consiglio del 22 aprile 1999 concernente i valori limite di qualità dell'aria ambiente per il biossido di zolfo, il biossido di azoto, gli ossidi di azoto, le particelle e il piombo e della direttiva 2000/69/CE relativa ai valori limite di qualità dell'aria ambiente per il benzene ed il monossido di carbonio.
- ✓ DM 1 ottobre 2002, n. 261 - Regolamento recante le direttive tecniche per la valutazione preliminare della qualità dell'aria ambiente, i criteri per l'elaborazione del piano e dei programmi di cui agli articoli 8 e 9 del decreto legislativo 4 agosto 1999, n. 351.
- ✓ DL 21 maggio 2004, n° 183 - Attuazione della direttiva 2002/3/CE relativa all'ozono nell'aria
- ✓ D.Lgs 152 del 03-04-2006 Parte V (Norme in materia di tutela dell'aria e di riduzione delle emissioni in atmosfera)

□ Normativa regionale

- ✓ L.R. 21 aprile 1999 n. 3 - "Riforma del sistema regionale e locale" Capo III Sezione IV "Inquinamento acustico e atmosferico" Artt. 121 – 123.
- ✓ DGR n° 960 del 16 giugno 1999 e succ. integrazioni (autorizzazioni).
- ✓ DGR 15 maggio 2001 n. 804 - "Approvazione linee di indirizzo per l'espletamento delle funzioni degli enti locali in materia di inquinamento atmosferico di cui agli artt. 121 e 122 della L.R. 21 aprile 1999 n. 3 'Riforma del sistema regionale e locale'.
- ✓ Delibera del Consiglio regionale n° 2615/2002 recante "Norme regionali di indirizzo programmatico per la razionalizzazione e l'ammodernamento della rete distributiva carburanti".
- ✓ Delibera della Giunta regionale n° 387/2002 recante "Prime disposizioni concernenti il coordinamento dei compiti attribuiti agli Enti locali in materia di contenimento dei consumi di energia negli edifici ai sensi del comma 5 art. 30 del D.Lgs. 112/98".

Quadro Conoscitivo

- ✓ Delibera della Giunta regionale n°43/2004 recante “Aggiornamento delle Linee di indirizzo per l'espletamento delle funzioni degli Enti Locali in materia di inquinamento atmosferico (artt. 121 e 122, L.R. 3/99) già emanate con atto di Giunta regionale 804/2001”.
- ✓ Delibera della Giunta Regionale n° 176 del 7/2/2005, “Indirizzi per l'approvazione dei piani di tutela e risanamento della qualita' dell'aria”
- ✓ PRIT 98 - Piano Regionale Integrato dei Trasporti – Regione Emilia Romagna

ELEMENTI DI SINTESI SULL'INQUINAMENTO ATMOSFERICO

L'inventario delle emissioni

Introduzione

L'inventario delle emissioni rappresenta una raccolta dinamica di informazioni su tutte le attività che danno luogo ad emissioni in atmosfera. Il suo obiettivo prioritario è quello di quantificare tramite misure dirette o, nella maggior parte dei casi, attraverso delle stime legate alle caratteristiche delle attività, i contributi alle emissioni delle diverse sorgenti inquinanti, valutandone la distribuzione spaziale e temporale.

Le informazioni raccolte, oltre a fornire uno strumento di conoscenza indispensabile per il governo del territorio, risultano essenziali anche per altre attività, tra cui l'utilizzo di modelli matematici di dispersione, l'elaborazione di diversi scenari di intervento, l'attività di monitoraggio.

Metodologia e struttura dell'inventario

Dal punto di vista metodologico, costituisce documento di riferimento la pubblicazione ANPA/CTN_ACE *"Linee guida agli inventari locali di emissioni in atmosfera"* (2001), in cui vengono trattati tutti gli aspetti metodologici e operativi utili per la costruzione di un inventario a livello locale.

Esistono diversi livelli di utilizzo degli inventari locali che ne determinano una differente complessità a seconda del numero di inquinanti considerati, delle attività esaminate, della distribuzione spaziale e temporale che si vuole ottenere.

Nel caso specifico, si è scelto di realizzare un inventario "base", in cui sono stati considerati i principali inquinanti e le sorgenti più significative in ambito provinciale, così da ottenere una stima delle emissioni totali annue. Nella selezione delle sorgenti da considerare ai fini dell'inventario, oltre alla significatività, è stata valutata anche la disponibilità degli indicatori di attività utili per il processo di stima delle emissioni.

La classificazione utilizzata per l'inventario è quella definita nell'ambito del progetto europeo CORINAIR e prende il nome di SNAP (Selected Nomenclature for Air Pollution) che, giunta alla sua ultima versione nel 1997, viene denominata SNAP97. Tale classificazione si basa sulla ripartizione delle attività antropiche e naturali responsabili di emissioni in atmosfera, in undici macrosettori che sono:

- 1) Combustione – Energia e industria di trasformazione (caldaie, turbine a gas e motori stazionari per produzione di energia su ampia scala; ad esempio centrali pubbliche di cogenerazione, teleriscaldamento, caldaie industriali);
- 2) Combustione – Non Industriale (impianti commerciali ed istituzionali, residenziali e domestici, agricoli stazionari);
- 3) Combustione – Industria (processi che necessitano di energia in loco come caldaie, fornaci, prima fusione di metalli, produzione di gesso, asfalto, cemento...);
- 4) Processi Produttivi (emissioni non legate alla combustione, ma legate al processo produttivo);
- 5) Estrazione, distribuzione combustibili fossili/geotermico;
- 6) Uso di solventi;
- 7) Trasporti stradali;
- 8) Altre sorgenti mobili (ad esempio trasporto ferroviario, ecc.);

Quadro Conoscitivo

- 9) Trattamento e smaltimento rifiuti (incenerimento, spargimento, interrimento rifiuti, ma anche compostaggio, produzione di biogas ecc.);
- 10) Agricoltura (fertilizzanti, antiparassitari, pesticidi diserbanti, incenerimento residui, allevamenti, ecc.);
- 11) Altre sorgenti di emissione ed assorbenti ("Natura").

Le fonti di emissione considerate

L'inventario delle emissioni predisposto per l'elaborazione del piano di risanamento della qualità dell'aria, è stato strutturato sia per tipologia che per fonte di emissione.

Le attività prese in considerazione sono:

- Attività industriali (macrosettori 3, 4, 6, 9)
- Riscaldamento civile (macrosettore 2)
- Allevamenti (macrosettore 10)
- Traffico veicolare (macrosettore 7)
- Distribuzione gas metano (macrosettore 5)

Le sorgenti di emissioni sono state poi suddivise nelle seguenti tipologie:

- Sorgenti puntuali
- Sorgenti diffuse
- Sorgenti lineari

Sorgenti puntuali

Si tratta di sorgenti di cui è nota la localizzazione sul territorio e che vengono ritenute di particolare importanza per lo studio modellistico dei fenomeni di diffusione; a tale scopo occorre conoscere, oltre alla posizione, le caratteristiche sia geometriche che dinamiche dell'emissione. La stima del quantitativo annuo di inquinante emesso è stata eseguita per ogni singola sorgente.

Sono state incluse in questa categoria le sorgenti industriali più significative (almeno una emissione superiore ad una soglia predefinita che è stata scelta pari a 30 t/anno).

Sorgenti lineari

Sono composte da tutti gli archi stradali la cui stima delle emissioni è stata effettuata direttamente arco per arco e localizzata sul territorio lungo le arterie del grafo stradale. Il traffico veicolare, a parte una quota stimabile come sorgente diffusa, appartiene a questa tipologia di sorgenti.

Sorgenti diffuse

Sono costituite da tutte le sorgenti che non rientrano nelle precedenti categorie in quanto non sono associabili ad una posizione definita del territorio e hanno geometrie non riconducibili alla sorgente lineare.

La stima di queste emissioni generalmente necessita di un trattamento statistico, in quanto deve essere ricondotta ad un dettaglio territoriale omogeneo.

Il dettaglio territoriale utilizzato per presentare i risultati delle emissioni provinciali è quello comunale; la successiva applicazione modellistica richiederà invece una disaggregazione ulteriore del dato su un reticolo omogeneo di maglie di 1 km x 1 km.

La stima delle emissioni da sorgenti diffuse sul dettaglio territoriale richiesto, è stata svolta mediante un approccio top – down che prevede l'utilizzo di variabili proxy o surrogate (*"Linee guida agli inventari locali di emissioni in atmosfera"* – RTI_CN_ACE 3/2001 - ANPA).

Si è trattato, in particolare, di riportare una grandezza nota a livello provinciale su di un dettaglio spaziale più piccolo; a tal fine è necessario individuare una variabile surrogato che risulti ben correlata con la grandezza da disaggregare.

Ad esempio se VP è la grandezza nota a livello provinciale ed S la variabile surrogato, nota sia a livello provinciale (SP) che a livello comunale (SC), si ottiene che la grandezza disaggregata a livello comunale VC è uguale a:

$$V_C = V_P \cdot \frac{S_C}{S_P}$$

L'ulteriore disaggregazione delle emissioni diffuse sul reticolo di 1 km², sarà trattata nel capitolo dedicato allo sviluppo modellistico della diffusione degli inquinanti.

Sono state incluse in questa categoria di emissioni le sorgenti industriali non considerate come puntuali, il riscaldamento civile, gli allevamenti e una parte delle emissioni da traffico stradale.

Inquinanti trattati

Per le fonti di emissione inserite nell'inventario, sono stati presi in considerazione i seguenti inquinanti:

- Monossido di carbonio: CO
- Ammoniaca: NH₃
- Ossidi di azoto: NO_x
- Particelle con diametro inferiore o uguale a 10 µm (PM₁₀) e, per il settore industriale, le polveri totali sospese (PTS), da cui è stata dedotta la frazione di PM₁₀
- Composti organici volatili, escluso il metano: NMVOC
- Ossidi di zolfo: SO_x

Nella tabella sottostante vengono riassunti gli inquinanti emessi per ogni attività considerata.

| Settori | CO | NH ₃ | NO _x | PM ₁₀ | NMVOC | SO _x |
|--------------------------|----|-----------------|-----------------|------------------|-------|-----------------|
| Allevamenti | | | | | | |
| Civile | | | | | | |
| Industria | | | | | | |
| Traffico | | | | | | |
| Distribuzione gas metano | | | | | | |

Tab. n° 4 - Inquinanti emessi dai singoli settori considerati

Rappresentazione dei risultati

La pressione esercitata da ogni macrosettore sul territorio è stata rappresentata, relativamente ad ogni singolo inquinante, attraverso mappe tematiche. In particolare, sono state rappresentate per ogni macrosettore e per gli inquinanti più significativi, sia le emissioni annuali relative ad ogni Comune in t/anno, sia le stesse emissioni normalizzate sulla superficie comunale espresse quindi in t/kmq*anno: ad ogni inquinante è stato assegnato un colore ed attraverso la sua gradazione, dal più chiaro al più scuro, sono state evidenziate le diverse classi emissive.

Queste sono state valutate con un criterio uniforme in modo da rendere i tematismi rappresentati confrontabili e facilmente riproducibili.

In particolare, le cinque classi utilizzate per la rappresentazione sono state così valutate:

| Indicatore | Variabile utilizzata per la classificazione | Criterio per la definizione delle classi |
|---|--|---|
| Emissioni comunali (t/anno) Calcolate per ogni macrosettore e per ogni inquinante | Per ogni macrosettore e per gli inquinanti più significativi è stato valutato il contributo percentuale delle emissioni di ogni Comune al totale provinciale | classe I: Comuni con emissioni tra 0 e 1% del totale provinciale classe II: Comuni con emissioni tra 1 e 2% del totale provinciale classe III: Comuni con emissioni tra 2 e 4% del totale provinciale classe IV: Comuni con emissioni tra 4 e 10% del totale provinciale classe V: Comuni con emissioni superiori al 10% del totale provinciale |
| Emissioni comunali normalizzate alla superficie territoriale (t/kmq*anno) Calcolate per ogni macrosettore e per ogni inquinante | Per ogni macrosettore e per gli inquinanti più significativi, è stata valutata un'emissione media provinciale , ottenuta dividendo il totale emesso in t/anno per la superficie della provincia. E' stato poi effettuato il rapporto tra il dato comunale e il dato medio provinciale . Il valore di questo rapporto è stato utilizzato per la suddivisione in classi. | classe I: Comuni con emissioni normalizzate tra 0 e 0,5 volte la media provinciale classe II: Comuni con emissioni normalizzate tra 0,5 e 1 volte la media provinciale classe III: Comuni con emissioni normalizzate tra 1 e 2 volte la media provinciale classe IV: Comuni con emissioni normalizzate tra 2 e 4 volte la media provinciale classe V: Comuni con emissioni normalizzate superiori a 4 volte la media provinciale |

I due indicatori forniscono una diversa chiave di lettura delle pressioni sul territorio, in quanto nel primo caso l'indicatore espresso in t/anno consente una valutazione del peso emissivo di un Comune al totale provinciale, mentre nel secondo il dato (t/kmq*anno) risulta più significativo per valutare la pressione esercitata da ogni macrosettore sul territorio comunale.

Per ottenere poi un riepilogo della pressione relativa ad ogni macrosettore indipendentemente dall'inquinante considerato, si sono costruite delle mappe di sintesi valutando le classi attribuite ad ogni Comune per gli inquinanti tipici di quel macrosettore. La classe, che sintetizza la posizione del Comune, è stata assegnata mediando le classi precedentemente calcolate.

Procedura analoga è stata seguita per valutare la criticità di ogni singolo Comune relativamente a tutti i macrosettori. Si ottiene così un'unica carta riepilogativa di tutte le pressioni, a supporto del processo di zonizzazione.

Le emissioni industriali (macrosettore 3, 4, 6 e 9)

La stima del quantitativo annuo per inquinante relativo alle sorgenti industriali è stata effettuata utilizzando i dati delle autorizzazioni alle emissioni in atmosfera ai sensi del DPR 203/88, art. 6 art. 15a e 15b. Non sono state prese in considerazione le ditte autorizzate in forma tacita ai sensi dell'art. 12, in quanto spesso i dati contenuti in tali atti risultano incompleti o non coerenti con quelli delle altre autorizzazioni, e le ditte autorizzate in forma tacita con procedura semplificata (attività a ridotto inquinamento atmosferico). L'anno di riferimento dei dati elaborati è il **2004**.

Poiché i dati delle autorizzazioni riguardano emissioni rientranti almeno in 4 macrosettori Corinair (3, 4, 6 e 9) e non per tutti risulta immediata la loro suddivisione, si è scelto di non scorporare tali dati e di includerli all'interno delle emissioni industriali.

La base dati utilizzata, se da un lato sovrastima i quantitativi emessi in quanto nella maggior parte dei casi le ditte emettono quantitativi inferiori, dall'altro comporta in alcuni casi una sottostima delle emissioni derivanti da un dato macrosettore, in quanto non tutte le attività Corinair risultano comprese nelle autorizzazioni ai sensi del DPR 203. E' il caso delle emissioni di NMVOC, i cui limiti vengono fissati solo per le attività con consumo di prodotti vernicianti superiori a 50 kg/giorno, e che risultano quindi sottostimate in quanto non contemplano le emissioni delle imprese medio-piccole del settore metalmeccanico e del legno, che sono invece numerose nella nostra Provincia.

Stima dei quantitativi reali di inquinanti emessi dal settore industriale

La stima delle emissioni in t/anno per ogni inquinante viene effettuata conoscendo le ore giorno (*ore_g*) e i giorni anno (*Giorni_a*) di funzionamento, la portata e il limite autorizzato, tutte informazioni presenti sull'autorizzazione. Per un dato inquinante si ottiene:

$$t / anno_{inquinante} = Portata \cdot Ore_g \cdot Giorni_a \cdot Limite$$

Questo calcolo conduce ad una sovrastima dei quantitativi emessi in quanto il limite autorizzato rappresenta la quantità massima consentita in emissione e nella realtà la maggior parte delle ditte, grazie anche alle tecnologie in uso, emette valori ampiamente inferiori a quelli autorizzati.

Per valutare i quantitativi reali emessi dal settore industriale, è stata effettuata una analisi sui dati relativi ai controlli effettuati da Arpa sulle emissioni industriali. Noto infatti il valore autorizzato, è possibile valutare il rapporto "misurato/autorizzato" e stimare quindi un coefficiente di correzione per ogni inquinante e per ogni settore produttivo (il dato misurato si riferisce alla concentrazione di inquinante al camino).

In Tab. n° 5 è riportato un riepilogo sul numero di controlli disponibili.

| Settori | NO _x | PTS | SOV |
|--|--------------------------|-----|-----|
| | n° emissioni controllate | | |
| ALIMENTARE | 14 | 60 | 8 |
| ALTRE INDUSTRIE MANUFATTURIERE | 2 | 8 | 7 |
| APPARECCHIATURE ELETTRICHE ED ELETTRONICHE | 2 | 21 | 8 |
| ATTIVITA' DI SERVIZIO | 12 | 21 | 13 |
| BIOMEDICALE | | | 13 |
| CARTARIO | 3 | 2 | 6 |
| CERAMICO | 12 | 414 | 132 |
| CHIMICO, FARMACEUTICO | | 57 | 17 |
| ESTRATTIVO | 2 | 2 | 2 |
| GRAFICO | 4 | 9 | 39 |
| LEGNO, MOBILE | 5 | 18 | 6 |
| METALLURGICO | 13 | 67 | 20 |
| METALMECCANICO | 34 | 192 | 58 |
| PETROLIFERO | 1 | 2 | 1 |
| PRODOTTI EDILIZIA, COSTRUZIONI | 6 | 35 | 11 |
| TERZIARIO | | | 2 |
| TESSILE, ABBIGLIAMENTO | | 4 | 3 |
| TRASF. GOMMA, MAT PLASTICHE | | 24 | 51 |

Tab. n° 5 - Numero di emissioni controllate

Raggruppate le ditte in settori produttivi (Tab. n° 5), se il numero di emissioni controllate per settore è risultato abbastanza numeroso (celle evidenziate in giallo nella tabella), è stata calcolata la percentuale di misure con un valore rispetto all'autorizzato compreso tra 0 e 0.1, 0.1 e 0.2 e così via fino al rapporto massimo rilevato. Al valore 1 corrisponde quindi un quantitativo misurato pari all'autorizzato, valori inferiori testimoniano emissioni più contenute, mentre valori superiori a 1 rappresentano i casi di superamento del quantitativo massimo autorizzato.

Sulla base di questa distribuzione, è stato scelto come coefficiente di correzione, il valore corrispondente all'85° percentile.

Per i settori produttivi per i quali, a parità di inquinante, non si disponeva di un numero di controlli sufficienti alla stima di tale coefficiente, si è scelto di applicare quello massimo ricavato per l'inquinante medesimo; questo equivale all'ipotesi più cautelativa in quanto corrisponde alla riduzione più piccola del quantitativo autorizzato. Per gli SO_x, non disponendo di misure, sono stati considerati gli stessi fattori ricavati per gli NO_x.

Per quanto riguarda la portata, con un procedimento analogo, si è rilevato che la maggior parte delle misure ricadeva tra il 50 e il 100% dell'autorizzato, con rari casi di superamenti; si è allora ritenuto plausibile non utilizzare alcun fattore di correzione.

Di seguito vengono riportati i grafici (Fig. n° 19) dell'andamento degli ossidi di azoto, delle polveri totali e delle sostanze organiche volatili in termini di percentuale di ditte per cui il rapporto tra quantitativi misurati e quantitativi autorizzati rientra in un range compreso tra 0 e 0.1, tra 0.1 e 0.2 etc. per i settori produttivi con una maggior numerosità di controlli.

Si osserva come la percentuale diminuisca al crescere del rapporto tra concentrazione misurata/concentrazione autorizzata e come siano rari i casi di superamenti.

Andamento nettamente diverso è invece quello relativo alla portata (Fig. n° 20); in tal caso la funzione non si presenta decrescente, ma mostra un picco intorno a valori di 0.7 – 1.0 con percentuali evidenti di ditte che operano con portate molto prossime al valore limite.

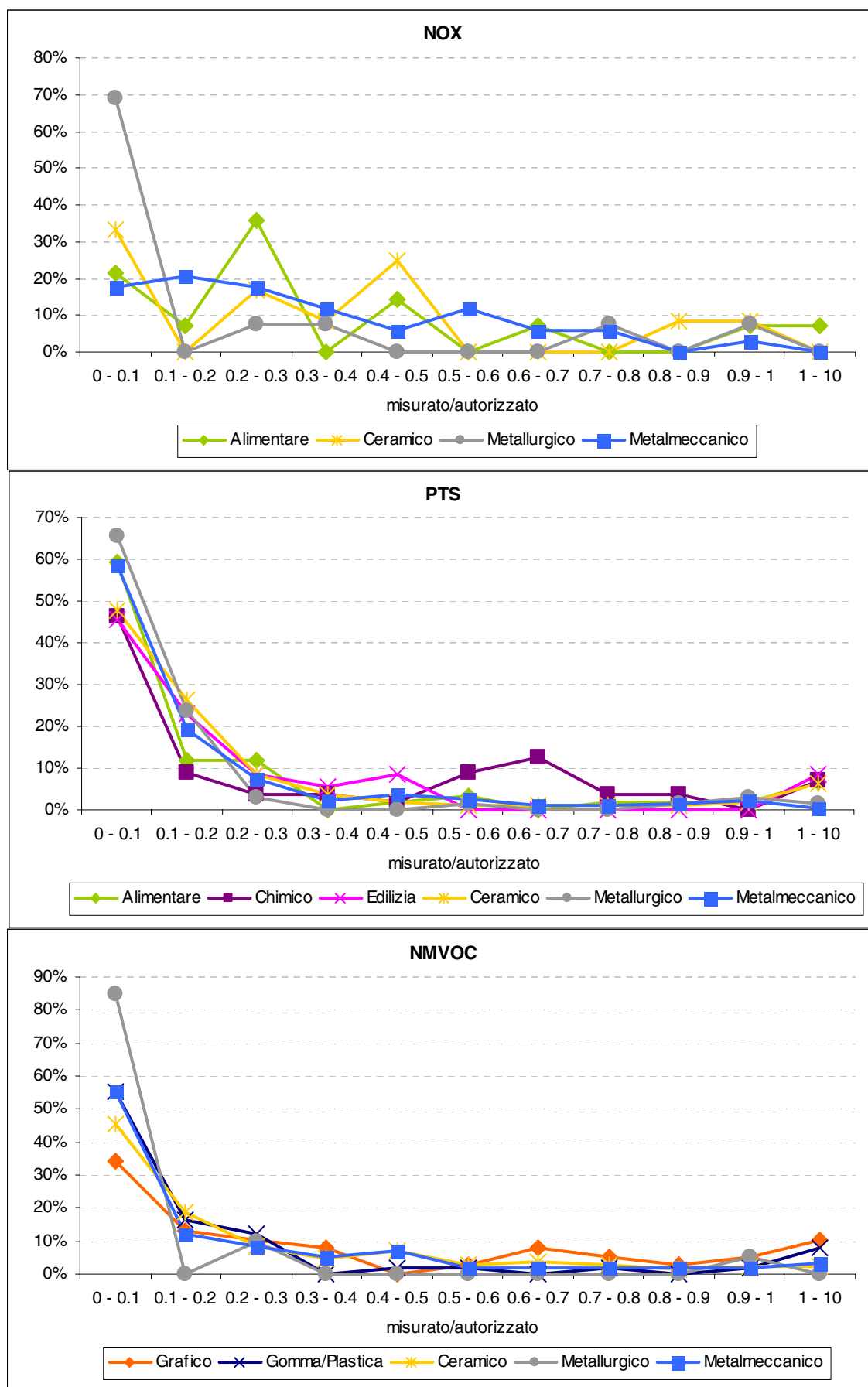


Fig. n° 19 – Andamento della percentuale di controlli in funzione del rapporto concentrazione misurata/concentrazione autorizzata per i diversi settori produttivi

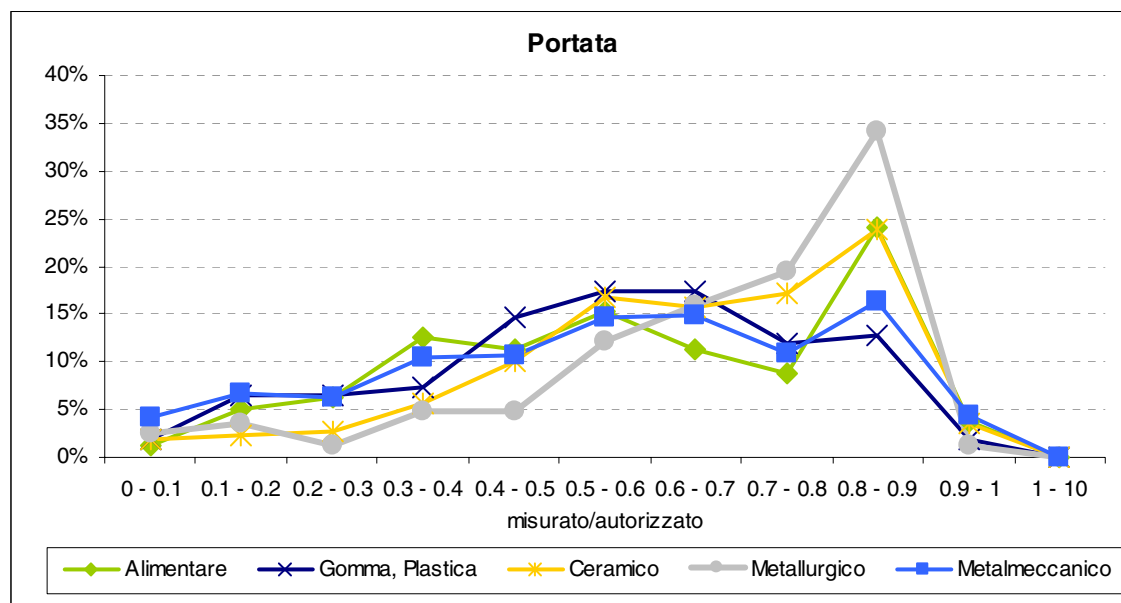


Fig. n° 20 - Andamento della percentuale di controlli in funzione del rapporto portata misurata/portata autorizzata per i diversi settori produttivi

In Tab. n° 6 sono riportati i valori dei coefficienti di correzione applicati al quantitativo annuo calcolato utilizzando il limite autorizzato, suddivisi per settore produttivo ed inquinante. Per la portata, come già descritto in precedenza, è stato utilizzato il dato riportato sull'autorizzazione, per l'ammoniaca e il monossido di carbonio non è stato calcolato alcun coefficiente per la mancanza di controlli al camino.

| Settori | NO _x | PTS | NM _{VOC} | SO _x |
|--|-----------------|-----|-------------------|-----------------|
| AGRICOLO | 0,7 | 0,7 | 1 | 0,7 |
| ALIMENTARE | 0,7 | 0,5 | 0,2 | 0,7 |
| ALTRE INDUSTRIE MANUFATTURIERE | 0,7 | 0,7 | 1 | 0,7 |
| APPARECCHIATURE ELETTRICHE ED ELETTRONICHE | 0,7 | 0,2 | 1 | 0,7 |
| ATTIVITA' DI SERVIZIO | 0,5 | 0,2 | 0,2 | 0,5 |
| BIOMEDICALE | 0,7 | 0,7 | 1 | 0,7 |
| CARTARIO | 0,7 | 0,7 | 1 | 0,7 |
| CERAMICO | 0,6 | 0,4 | 0,5 | 0,6 |
| CHIMICO, FARMACEUTICO | 0,7 | 0,7 | 1 | 0,7 |
| CONCIARIO | 0,7 | 0,7 | 1 | 0,7 |
| ENERGETICO | 0,7 | 0,7 | 1 | 0,7 |
| ESTRATTIVO | 0,7 | 0,7 | 1 | 0,7 |
| GRAFICO | 0,7 | 0,7 | 0,9 | 0,7 |
| LEGNO, MOBILE | 0,7 | 0,6 | 1 | 0,7 |
| METALLURGICO | 0,4 | 0,2 | 0,1 | 0,4 |
| METALMECCANICO | 0,6 | 0,3 | 0,4 | 0,6 |
| PETROLIFERO | 0,7 | 0,7 | 1 | 0,7 |
| PRODOTTI EDILIZIA, COSTRUZIONI | 0,7 | 0,4 | 1 | 0,7 |
| SERVIZI PUBBLICI E SANITARI | 0,7 | 0,7 | 1 | 0,7 |
| TERZIARIO | 0,7 | 0,7 | 1 | 0,7 |
| TESSILE, ABBIGLIAMENTO | 0,7 | 0,7 | 1 | 0,7 |
| TRASF. GOMMA, MAT PLASTICHE | 0,7 | 0,1 | 0,4 | 0,7 |
| VETRARIO | 0,7 | 0,7 | 1 | 0,7 |

Tab. n° 6 - Coefficienti di correzione ai limiti autorizzati, in funzione dell'inquinante e del settore produttivo. I valori evidenziati sono quelli calcolati in base al dato misurato.

Una volta calcolato il quantitativo annuo per ogni sorgente industriale, tali sorgenti sono state suddivise in puntuali e diffuse.

Il criterio adottato è stato quello di considerare puntuali tutte le industrie che avevano almeno una emissione superiore a 30 t/anno, secondo le linee guida suggerite dal DM 261/02.

La Tab. n° 7 mostra l'elenco di queste ditte.

| Comune | Ragione Sociale | Emissione | t/anno | | | |
|-----------------|--|--------------------------------------|-----------------|-----|-----------------|-----------------|
| | | | NH ₃ | CO | NO _x | SO _x |
| BOMPORTO | SEAN S.R.L. | 3 forni + 5 banchi per colate | | | | 38 |
| CASTELNUOVO R. | S.A.P.I. S.P.A. | nuovo distroterm | | | 66 | |
| CASTELVETRO | CASTELVETRO CERAMICHE S.P.A. | atomizzatore | | 53 | 63 | |
| | EMILCERAMICA S.P.A. | atomizzatore OMS SD 600 | | 34 | 40 | |
| | EMILCERAMICA S.P.A. | atomizzatore SACMI ATM 41 mod. | | | 34 | |
| | PIEMME S.P.A. | atomizzatore+cogeneratore | | 59 | 71 | |
| FINALE EMILIA | EMILMEDICA S.R.L. | essiccatoio | | | 56 | |
| FIORANO | CERAMICHE ATLAS CONCORDE S.P.A. | atomizzatore ATM1 - cogeneratore | | 41 | 49 | |
| | FORNACE SAN LORENZO S.P.A. | forno di cottura | | | 72 | 125 |
| | MARAZZI GRUPPO CERAMICHE S.P.A. | ATM 140 + cogenerazione | | 37 | 30 | |
| | META S.R.L. | atomizzatore | | 50 | 60 | |
| | RI-WAL CERAMICHE S.R.L. | Atomizzatore (140 ql/h) | | | 33 | |
| FORMIGINE | FRATELLI COTTAFAVA S.A.S | essiccatoio inerti | | | | 47 |
| MARANELLO | GRUPPO CERAMICHE RICCHETTI S.P.A. | atomizzatore | | 31 | | |
| | GRUPPO CERAMICHE RICCHETTI S.P.A. | atomizzatore | | 44 | 39 | |
| | RI-WAL CERAMICHE S.R.L. | atomizzatore + cogeneratore | | 41 | 49 | |
| | RI-WAL CERAMICHE S.R.L. | atomizzatore Sacmi + cogeneratore | | 41 | 49 | |
| MARANO S.P. | FRANTOIO FONDOVALLE S.R.L. | tamburo essiccatore +mescolatore | | | | 51 |
| MODENA | SCAM S.R.L. | essiccamento (+ fraz.raffreddamento) | 47 | | | |
| PAVULLO | MIRAGE GRANITO CERAMICO S.P.A. | ATM 51 coogeneratore | | 34 | 41 | |
| S. CESARIO S.P. | CARTIERA DI MODENA S.P.A. | centrale termoelettrica (turbogas) | | 31 | 43 | |
| SAN FELICE | FONDERIA SCACCHETTI LEGHE LEGGERE S.R.L. | fusione magnesio+alluminio | | | | 45 |
| SAN POSSIDONIO | FONDERIA S. POSSIDONIO S.R.L. | Macchina Pressofusione | | | | 68 |
| | FONDERIA S. POSSIDONIO S.R.L. | Macchina Pressofusione | | | | 68 |
| | FONDERIA S. POSSIDONIO S.R.L. | Macchina Pressofusione | | | | 68 |
| | FONDERIA S. POSSIDONIO S.R.L. | Macchina Pressofusione | | | | 68 |
| | FONDERIA S. POSSIDONIO S.R.L. | pressofusione (1 macchina) | | | | 64 |
| SASSUOLO | CERAMICHE RAGNO S.P.A. | atm 600 + coogenerazione | | 39 | 47 | |
| | FINCIBEC S.P.A. | atomizzatore Sacmi | | 45 | 54 | |
| | SICHENIA GRUPPO CERAMICHE S.P.A. | atomizzatore 51 pasta bianca | | | 31 | |
| | SPRAY DRY S.R.L. | atomizzatore n.1 | | 206 | 144 | |
| | SPRAY DRY S.R.L. | atomizzatore n.2 | | 206 | 144 | |
| SAVIGNANO S.P. | PASTORELLI CERAMICHE S.P.A. | atomizzatore N.51 e cogenerazione | | 39 | 47 | |
| | PASTORELLI CERAMICHE S.P.A. | emergenza turbina | | | 51 | 42 |
| | TOSCHI S.P.A. | caldaia grande | | | | 31 |
| SOLIERA | CENTAURO S.P.A. | tunnel raffreddamento | | 37 | | |
| | S.E.I.M.E.C. S.P.A. | pressa alluminio | | | | 39 |
| SPILAMBERTO | CERAMICA LA GUGLIA S.P.A | atomizzatore atm60 | | 37 | 45 | |

Tab. n° 7 - Elenco delle emissioni puntuali superiori a 30 t/anno

L'impianto di incenerimento dei rifiuti, invece, come richiesto durante i lavori della conferenza di pianificazione, è stato trattato come sorgente puntuale, indipendentemente dal dato al camino. In Tab. n° 8 vengono riportati i dati reali (media delle concentrazioni misurate negli anni 2004 - 2005) e autorizzati di tale impianto.

| | CO (t/a) | | NO _x (t/a) | | PTS (t/a) | | NMVOC (t/a) | | SO _x (t/a) | |
|---------------|-------------|-------------|-----------------------|--------------|-------------|-----------|-------------|-----------|-----------------------|--------------|
| | Reale | Autoriz | Reale | Autoriz | Reale | Autoriz | Reale | Autoriz | Reale | Autoriz |
| Linea 1 | 1,44 | 14,2 | 39,59 | 57 | 0,23 | 2,8 | 0,59 | 2,8 | 0,38 | 28,5 |
| Linea 2 | 1,66 | 14,2 | 41,61 | 57 | 0,29 | 2,8 | 0,67 | 2,8 | 0,34 | 28,5 |
| Linea 3 | 1,66 | 21,9 | 56,79 | 87,6 | 0,35 | 4,4 | 0,64 | 4,4 | 0,68 | 43,8 |
| Totale | 4,76 | 50,3 | 137,99 | 201,6 | 0,87 | 10 | 1,9 | 10 | 1,4 | 100,8 |

Tab. n° 8 – Riepilogo delle emissioni reali e autorizzate dell'impianto di incenerimento rifiuti (2004-2005)

Tutte le emissioni non comprese nella Tab. n° 7, sono state trattate come sorgenti diffuse, ovvero il corrispondente quantitativo annuo è stato sommato a quello di tutte le altre emissioni relative a ditte aventi medesimo Comune di appartenenza.

La Tab. n° 10 mostra il riepilogo dei quantitativi totali annui per le emissioni industriali, mentre nella Tab. n° 9 e nel grafico di Fig. n° 21 sono riportate le emissioni industriali suddivise per i più importanti settori produttivi.

| Settore | N° Emis- sioni | NH ₃ | CO | NO _x | PTS | NMVOC | SO _x |
|--|-------------------|-----------------|--------------|-----------------|--------------|--------------|-----------------|
| METALMECCANICO | 3.573 | 57,1 | 103,8 | 112,9 | 110,9 | 280,6 | 26,3 |
| CERAMICO | 2.500 | 0 | 1.231,3 | 1.365,6 | 1.027,9 | 807,9 | 263,5 |
| ALIMENTARE | 428 | 1,8 | 39,4 | 318,6 | 58,5 | 0,3 | 137,5 |
| LEGNO, MOBILE | 337 | 1,8 | 10,5 | 49,6 | 26,7 | 24,0 | 33,0 |
| TRASF. GOMMA, MAT PLASTICHE | 321 | 1,4 | 14,0 | 8,9 | 2,4 | 102,7 | 0,9 |
| GRAFICO | 256 | 0,0 | - | 89,1 | 10,5 | 36,0 | 72,5 |
| APPAR. ELETTRICHE ED ELETTRON. | 240 | 0,2 | 19,2 | 10,8 | 5,4 | 97,4 | 58,9 |
| TESSILE, ABBIGLIAMENTO | 206 | 1,1 | - | 12,7 | 13,5 | 44,0 | 1,3 |
| METALLURGICO | 205 | 1,6 | 214,5 | 135,9 | 26,3 | 5,7 | 618,9 |
| PRODOTTI EDILIZIA, COSTRUZIONI | 151 | 0 | - | 106,3 | 22,2 | 27,8 | 159,1 |
| CHIMICO, FARMACEUTICO | 140 | 77,8 | - | 10,1 | 36,3 | 56,1 | 1,6 |
| CARTARIO | 113 | 3,2 | 41,3 | 58,9 | 10,0 | 111,9 | 7,8 |
| BIOMEDICALE | 111 | - | - | 0,3 | 0,5 | 13,9 | - |
| AGRICOLO | 53 | - | - | 96,2 | 76,5 | - | 16,7 |
| ALTRE INDUSTRIE MANUFATTURIERE | 45 | - | 0,3 | 0,1 | 1,3 | 2,0 | - |
| TERZIARIO | 43 | 0,8 | - | 0,1 | 1,3 | 0,9 | - |
| ATTIVITA' DI SERVIZIO (ESCLUSO INCENERITORE) | 24 | - | - | - | 2,7 | 1,9 | -0 |
| INCENERITORE | 3 | - | 4,8 | 138,0 | 0,9 | 1,9 | 1,4 |
| VETRARIO | 27 | - | - | - | 1,0 | 10,1 | - |
| ENERGETICO | 21 | - | 73,2 | 46,9 | 1,5 | 23,1 | 5,0 |
| ESTRATTIVO | 3 | - | - | 11,7 | 1,8 | 14,0 | 46,9 |
| PETROLIFERO | 2 | - | - | 12,7 | 1,9 | 13,6 | 51,0 |
| SERVIZI PUBBLICI E SANITARI | 9 | - | - | - | - | - | - |
| CONCIARIO | 1 | - | - | - | - | - | - |
| Totale Provincia | 8.812 | 147 | 1.752 | 2.585 | 1.440 | 1.676 | 1.502 |

Tab. n° 9 - Riepilogo delle emissioni industriali per settore produttivo

| t/anno emesse dalle sorgenti industriali in Provincia | | | | | |
|---|--------------|-----------------|--------------|--------------|-----------------|
| NH ₃ | CO | NO _x | PTS | NMVOC | SO _x |
| 147 | 1.752 | 2.585 | 1.440 | 1.676 | 1.502 |

Tab. n° 10 - t/anno emesse a livello provinciale dalle sorgenti industriali

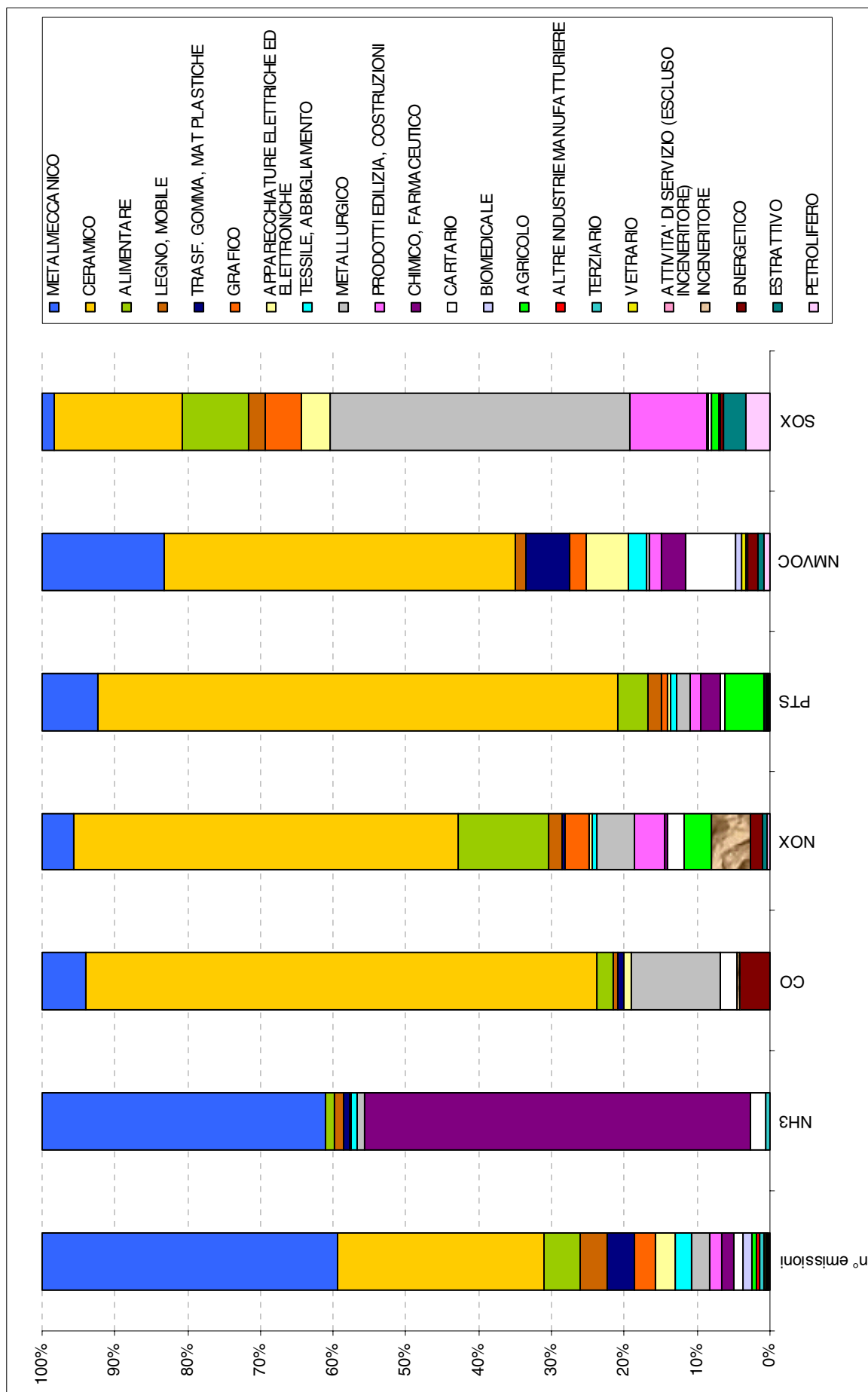


Fig. n° 21 - Riepilogo delle emissioni industriali per settore produttivo

Stima dei quantitativi di PM₁₀ emessi dal settore industriale

I valori autorizzati ai sensi del DPR 203/88 riguardano le polveri totali sospese (PTS) e la maggior parte degli studi sino ad ora effettuati, in particolare sulle emissioni nel settore ceramico, si riferiscono alle polveri più grossolane.

Per valutare i quantitativi di PM₁₀ emessi dal settore industriale con particolare riferimento a quello ceramico, si è quindi avviato uno studio volto in una prima fase all'individuazione della metodologia da applicare e nella seconda alla realizzazione di misure sulle aziende.

L'alternativa metodologica esaminata riguardava la possibilità di acquistare una sonda per la misura diretta del PM₁₀ a camino, oppure di utilizzare un metodo di determinazione indiretto che prevede, per un tempo predeterminato, un prelievo a camino di polveri totali e una successiva valutazione del campione al microscopio elettronico per la determinazione granulometrica.

Il primo metodo, prelevando direttamente le polveri più fini, avrebbe garantito un risultato di maggior affidabilità, ma sarebbe stato necessario un adeguamento delle prese a camino impiegate per i campionamenti a causa delle dimensioni della sonda di prelievo, troppo elevata per i bocchettone esistenti. Ciò avrebbe richiesto un impegnativo e gravoso coinvolgimento delle aziende per l'esecuzione dei lavori.

Si è quindi scelto di adottare la seconda metodologia, sebbene la determinazione della frazione fine comportasse una maggiore incertezza.

Le fasi seguite per tale determinazione possono essere così riassunte:

- prelievo a camino di PTS su filtri di polycarbonato; il tempo di campionamento deve essere ottimizzato così da ottenere un numero di particelle sul filtro significativo ma non eccessivo, perché in caso contrario risulta difficile valutare la dimensione delle particelle stesse;
- analisi dei campioni al microscopio elettronico a scansione per la determinazione della distribuzione granulometrica delle polveri prelevate attraverso un esame dimensionale che ne determina il diametro geometrico (% di particelle appartenenti alle diverse classi granulometriche). Da tale diametro è poi possibile, attraverso la densità, risalire al diametro aerodinamico con cui vengono definite le frazioni fini;
- determinazione della percentuale in peso delle polveri con diametro aerodinamico inferiore a 10 µm.

Nel corso del 2003 e nei primi mesi del 2004 è stata quindi pianificata una campagna di misura che ha visto coinvolte un numero di aziende complessivamente limitato, ma che ha permesso di testare la metodologia arrivando ad alcuni risultati al momento solo preliminari.

La scelta delle emissioni su cui è stato effettuato il campionamento è stata determinata da diversi fattori:

- si è scelto di indagare ditte appartenenti al settore ceramico perché questo rappresenta il settore industriale che, anche a livello provinciale, contribuisce in modo prioritario alle emissioni di polveri;
- si è scelta la stessa tipologia di emissione per ottenere un campione più significativo;
- l'utilizzo del filtro di polycarbonato, necessario per l'analisi successiva, limita la scelta delle emissioni da indagare alle sole emissioni fredde. Questi filtri infatti non sopportano temperature superiori a 130 °C, temperature prossime a quelle riscontrabili sulle emissioni dei forni ceramici;
- i prelievi sono stati effettuati presso camini dotati di impianti di abbattimento (filtri a maniche) e appartenenti ai reparti di pressatura. Sono state coinvolte 8 aziende per un totale di

23 campionamenti effettuati con tempi di volta in volta diversi al fine di ottimizzare il quantitativo di polvere raccolta (Tab. n° 11).

| N° | Descrizione punto di prelievo | Tempo campionamento (min) | Idoneo alla lettura al microscopio elettronico a scansione | Data analisi |
|----|---------------------------------------|---------------------------|--|--------------|
| 1 | reparto pressatura | 1 | No | 18/02/03 |
| 2 | reparto pressatura | 3 | No | 18/02/03 |
| 3 | reparto pressatura | 5 | No | 18/02/03 |
| 4 | reparto pressatura | 7 | No | 18/02/03 |
| 5 | reparto pressatura | 10 | Si | 18/02/03 |
| 6 | stoccaggio atomizzato e 2 presse | 5 | No | 22/04/03 |
| 7 | stoccaggio atomizzato e 2 presse | 7 | No | 22/04/03 |
| 8 | stoccaggio atomizzato e 2 presse | 10 | Si | 22/04/03 |
| 9 | stoccaggio atomizzato e 2 presse | 20 | Si | 22/04/03 |
| 10 | reparto pressatura (5 presse) | 10 | No | 02/09/03 |
| 11 | reparto pressatura (5 presse) | 20 | Si | 02/09/03 |
| 12 | 2 presse e loro alimentazione | 10 | No | 02/09/03 |
| 13 | 2 presse e loro alimentazione | 20 | Si | 02/09/03 |
| 14 | reparto pressatura (4 presse) | 7 | Si | 07/11/03 |
| 15 | reparto pressatura (4 presse) | 15 | No | 07/11/03 |
| 16 | dosaggio stoccaggio presse atomizzato | 10 | No | 07/11/03 |
| 17 | dosaggio stoccaggio presse atomizzato | 20 | Si | 07/11/03 |
| 18 | 2 mulini e 6 presse | 10 | No | 07/11/03 |
| 19 | 2 mulini e 6 presse | 20 | Si | 07/11/03 |
| 20 | reparto pressatura (2 presse) | 20 | Si | 06/07/04 |
| 21 | reparto pressatura (2 presse) | 30 | Si | 06/07/04 |
| 22 | reparto pressatura (6 presse) | 20 | No | 06/07/04 |
| 23 | reparto pressatura (6 presse) | 30 | Si | |

Tab. n° 11 - Campionamenti effettuati

I filtri provenienti da tali prelievi sono stati successivamente sottoposti ad un'analisi al microscopio elettronico a scansione (SEM) finalizzata ad indagare le dimensioni granulometriche delle singole particelle.

Su ciascun filtro sono stati esaminati un certo numero di campi, scelti casualmente, operando a 5000 ingrandimenti (tale condizione permette di osservare anche le particelle di dimensioni inferiori a 1 μm). Il conteggio è stato svolto suddividendo le particelle in quattro classi: diametro geometrico compreso tra 0-2 μm , 2-4 μm , 4-10 μm , 10-20 μm . Su alcune particelle è stata svolta anche l'analisi della composizione attraverso sonda EDX (fluorescenza di raggi X).

Dal diametro geometrico osservato e tenendo conto che la densità del caolino e dei silicati naturali (principali componenti delle polveri campionate, come emerso dalle analisi con sonda EDX) è pari a circa 2,5 g/cm³, si è poi determinato il diametro aerodinamico: la frazione di particelle con diametro geometrico compreso tra 0 e 4 μm può essere considerata PM₁₀ aerodisperso.

I risultati delle analisi sono riassunti in Tab. n° 12.

| | Diametro geometrico (μm) | | | | N° particelle |
|----|---|------|-------|-------|------------------|
| | 0-2 | 2-4 | 4-10 | 10-20 | |
| N° | % particelle | | | | |
| 5 | 65,3 | 29,8 | 4,56 | 0,33 | 1513 |
| 8 | 81 | 13 | 6,3 | | 444 |
| 9 | 83 | 12 | 4,6 | | 637 |
| 11 | 47 | 42 | 11 | | 19 |
| 13 | 64 | 24 | 12 | | 58 |
| 14 | 73 | 18 | 8 | 1 | 289 |
| 17 | 68 | 23 | 10 | | 71 |
| 19 | 74 | 12 | 11 | 2,4 | 127 |
| 20 | 55 | 26 | 15 | 4,6 | 131 |
| 21 | 40 | 41 | 14 | 4,7 | 150 |
| 23 | 22,7 | 46 | 15 | 15 | 13 |
| | Diametro aerodinamico (μm) | | | | |
| | 0-5 | 5-10 | 10-25 | 25-50 | |

Tab. n° 12 - Risultati delle analisi al microscopio elettronico

I dati riportati mostrano percentuali di polveri fini quasi sempre superiori all' 80% in termini di numerosità, il che non corrisponde ad una analoga percentuale in peso. Per calcolare tale percentuale, si sono valutati i volumi totali occupati dalle particelle conteggiate, considerando il diametro geometrico medio di ciascuna delle quattro classi in cui è stato eseguito il conteggio, e si è valutata la percentuale occupata dalle particelle con diametro aerodinamico inferiore a 10 μm , considerando il dato di volume ricavato per le prime due classi (diametro geometrico inferiore a 4 μm).

Il rapporto tra i volumi è stato poi considerato uguale a quello relativo al peso, supponendo la densità delle particelle costante.

La percentuale così ottenuta è riportata nella Tab. n° 13.

| N° campione | N° particelle | % PM ₁₀ |
|-------------|---------------|--------------------|
| 5 | 1513 | 25% |
| 8 | 444 | 17% |
| 9 | 637 | 21% |
| 11 | 19 | 24% |
| 13 | 58 | 15% |
| 14 | 289 | 8% |
| 17 | 71 | 17% |
| 19 | 127 | 3% |
| 20 | 131 | 4% |
| 21 | 150 | 5% |
| 23 | 13 | 2% |

Tab. n° 13 - % in peso della frazione fine sul totale delle polveri emesse

Come si nota dai dati riportati, pur trattandosi di prelievi svolti sempre presso camini di reparti pressatura di industrie ceramiche dotati della stessa tipologia di impianto di abbattimento, la variabilità del dato ottenuto è abbastanza elevata. Questa variabilità può essere determinata sia dalla diversa efficienza dell'impianto di depurazione, sia dal differente numero di particelle raccolte sul filtro (variabile, ad esempio, a seconda del regime del processo produttivo).

Le condizioni del filtro a maniche al momento del campionamento condizionano infatti il diametro delle particelle che il filtro è in grado di trattenere, mentre un numero di particelle troppo scarso rende il conteggio statisticamente meno attendibile.

Per questo motivo, la percentuale in peso da applicare ai carichi inquinanti di PTS da emissioni ceramiche, è stata ricavata calcolando la media pesata delle percentuali sopra riportate relative ad ogni campionamento, utilizzando come coefficiente di pesatura il numero di particelle presenti in ogni lettura; tale scelta ha avuto come presupposto quello di utilizzare tutte le rilevazioni svolte, ma nello stesso tempo di dare maggiore "attendibilità" ai valori misurati sui filtri più impolverati.

In base a questo calcolo, i dati ad oggi disponibili, portano a stimare una percentuale in peso di PM_{10} nelle emissioni delle industrie ceramiche relative ai reparti di pressatura pari al 19% delle polveri totali emesse.

Questo deve essere considerato un risultato preliminare sia per il limitato numero di campioni effettuati, sia per la necessità di confrontarlo con altre tecniche di stima/misura.

Una stima più accurata potrà essere possibile solo programmando una campagna di misura più estesa che coinvolga anche altre tipologie di emissioni e che eventualmente utilizzi in aggiunta misure dirette di PM_{10} ai camini.

Il quantitativo totale di PM_{10} nelle emissioni industriali, calcolato relativamente al solo contributo dell'industria ceramica e ottenuto applicando la percentuale stimata in precedenza (19%), risulta:

| t/anno | | |
|-----------------|--------------|--------------------|
| PTS industriale | PTS ceramico | PM_{10} ceramico |
| 1.440 | 1.028 | 195 |

Relativamente agli altri settori industriali, si sono cercati in letteratura dei fattori di emissione sia per le PTS che per i PM_{10} (dai quali si è dedotta la percentuale di polveri fini sul totale di polveri emesse) relativi ai principali processi produttivi che caratterizzano tali settori. Nel caso in cui non sono stati trovati fattori di trasformazione per ricondurre i dati emissivi di PTS al valore di PM_{10} , è stato utilizzato il coefficiente massimo riportato in letteratura. La Tab. n° 14 mostra questi fattori di conversione e il quantitativo di PM_{10} risultante associato ai differenti settori produttivi.

| Settore | PTS (t/a) | %PM ₁₀ | Fonte | PM ₁₀ (t/a) |
|--|-------------|-------------------|----------------------|------------------------|
| AGRICOLO | 76,5 | 0,90 | - | 68,8 |
| ALIMENTARE | 58,5 | 0,90 | - | 52,6 |
| ALTRE INDUSTRIE MANUFATTURIERE | 1,3 | 0,90 | - | 1,2 |
| APPARECCHIATURE ELETTRICHE ED ELETTRONICHE | 5,4 | 0,90 | - | 4,9 |
| ATTIVITA' DI SERVIZIO (ESCLUSO INCENERITORE) | 2,7 | 0,90 | - | 2,5 |
| INCENERITORE | 0,9 | 1 | - | 0,9 |
| BIOMEDICALE | 0,5 | 0,90 | - | 0,4 |
| CARTARIO | 10,0 | 0,90 | - | 9,0 |
| CERAMICO | 1.027,9 | 0,19 | ARPA | 195,3 |
| CHIMICO, FARMACEUTICO | 36,3 | 0,90 | - | 32,6 |
| ENERGETICO | 1,5 | 0,90 | - | 1,4 |
| ESTRATTIVO | 1,8 | 0,90 | - | 1,6 |
| GRAFICO | 10,5 | 0,90 | - | 9,5 |
| LEGNO, MOBILE | 26,7 | 0,90 | - | 24,0 |
| METALLURGICO | 26,3 | 0,90 | IAASA ³ | 23,6 |
| METALMECCANICO | 110,9 | 0,90 | - | 99,8 |
| PETROLIFERO | 1,9 | 0,90 | - | 1,7 |
| PRODOTTI EDILIZIA, COSTRUZIONI | 22,2 | 0,45 | IAASA ⁴ | 10,0 |
| TERZIARIO | 1,3 | 0,90 | - | 1,2 |
| TESSILE, ABBIGLIAMENTO | 13,5 | 0,90 | - | 12,1 |
| TRASF. GOMMA, MAT PLASTICHE | 2,4 | 0,38 | CEPMEIP ⁵ | 0,9 |
| VETRARIO | 1,0 | 0,90 | IAASA ⁶ | 0,9 |
| Totale | 1440 | | | 555 |

Tab. n° 14 – Fattori di conversione PTS – PM₁₀ e quantitativi di PM₁₀ risultanti.

| t/anno | |
|-----------------|------------------------------|
| PTS industriale | PM ₁₀ industriale |
| 1.440 | 555 |

Riepilogo delle emissioni di origine industriale

Nella Tab. n° 15 è riportato il riepilogo delle emissioni industriali a livello Provinciale, in cui si è riportato anche il valore stimato per le polveri fini.

| t/anno emesse dalle sorgenti industriali in Provincia di Modena | | | | | | |
|---|-------|-----------------|------------------|-------|-------|-----------------|
| NH ₃ | CO | NO _x | PM ₁₀ | PTS | NMVOC | SO _x |
| 147 | 1.752 | 2.585 | 555 | 1.440 | 1.676 | 1.502 |

Tab. n° 15 - Riepilogo delle emissioni industriali

³ “Modelling Particulate Emissions in Europe” – Interim Report IR-02-076 – Unabates emission factors in RAINS for iron foundries

⁴ “Modelling Particulate Emissions in Europe” – Interim Report IR-02-076 – Emission factors used in the RAINS model for cement production – Emission factors used in the RAINS model for construction sector

⁵ CEPMEIP, 2002 - PVC production, controlled

⁶ “Modelling Particulate Emissions in Europe” – Interim Report IR-02-076 – Emission factors used in the RAINS model for glass production

In Tab. n° 16, si riporta infine il dettaglio delle emissioni per ogni singolo Comune.

| t/anno emesse dalle sorgenti industriali nei singoli Comuni | | | | | | | | |
|---|--------------|-----------------|--------|-----------------|--------|-------|--------|-----------------|
| Comune | n° emissioni | NH ₃ | CO | NO _x | PTS | PM10 | NMVOC | SO _x |
| Bastiglia | 43 | 1,62 | 0,47 | 0,44 | 1,25 | 1,09 | 0,13 | 0,03 |
| Bomporto | 201 | 2,86 | 8,85 | 17,59 | 13,42 | 12,08 | 21,82 | 43,78 |
| Campogalliano | 151 | - | 9,35 | 2,82 | 9,74 | 4,41 | 17,69 | 0,02 |
| Camposanto | 81 | - | 0,32 | 0,40 | 25,72 | 13,08 | 64,11 | 0,04 |
| Carpi | 513 | - | 26,22 | 13,68 | 8,44 | 7,43 | 37,26 | 34,61 |
| Castelfranco Emilia | 153 | - | 11,80 | 18,40 | 3,30 | 2,97 | 8,70 | 0,31 |
| Castelnuovo Rangone | 82 | 1,71 | 0,01 | 80,56 | 3,48 | 2,74 | 2,16 | 8,06 |
| Castelvetro di Modena | 470 | 3,50 | 215,99 | 326,55 | 119,19 | 32,13 | 141,11 | 67,16 |
| Cavezzo | 83 | - | 3,37 | 3,19 | 3,01 | 2,71 | 33,03 | - |
| Concordia sulla Secchia | 66 | 6,80 | 0,48 | 1,23 | 2,74 | 2,47 | 17,40 | 0,40 |
| Fanano | 25 | - | 0,22 | 2,85 | 1,87 | 1,60 | 8,00 | 3,57 |
| Finale Emilia | 270 | - | 14,64 | 74,06 | 102,62 | 45,16 | 74,48 | 7,67 |
| Fiorano Modenese | 1270 | 0,02 | 178,49 | 270,29 | 333,69 | 73,34 | 297,07 | 159,29 |
| Fiumalbo | 2 | - | - | - | 0,24 | 0,22 | - | - |
| Formigine | 485 | 0,02 | 4,19 | 41,90 | 16,30 | 12,30 | 77,64 | 55,31 |
| Frassinoro | 45 | - | - | - | 8,66 | 2,23 | 10,60 | - |
| Guiglia | 1 | - | - | - | - | - | - | - |
| Lama Mocogno | 9 | - | - | - | 0,33 | 0,30 | - | - |
| Maranello | 560 | 6,66 | 189,91 | 216,84 | 101,59 | 30,77 | 172,01 | 41,80 |
| Marano sul Panaro | 75 | - | 1,31 | 14,95 | 7,36 | 4,07 | 23,85 | 51,39 |
| Medolla | 110 | - | 29,48 | 29,31 | 9,25 | 8,31 | 20,22 | 3,08 |
| Mirandola | 281 | - | 36,12 | 28,17 | 16,30 | 14,25 | 31,88 | 16,03 |
| Modena | 1323 | 98,94 | 69,57 | 306,23 | 83,03 | 73,48 | 142,4 | 140,86 |
| Montecreto | 1 | - | - | - | - | - | - | - |
| Montefiorino | 19 | - | 6,45 | 20,52 | 4,92 | 0,96 | - | 2,92 |
| Montese | 17 | - | 0,20 | 0,07 | 0,20 | 0,18 | 11,51 | - |
| Nonantola | 130 | 6,46 | 19,02 | 24,08 | 6,00 | 5,32 | 39,71 | 105,89 |
| Novi di Modena | 126 | 0,28 | 3,30 | 4,35 | 3,20 | 2,51 | 6,23 | 0,32 |
| Palagano | 11 | - | - | 0,76 | 0,29 | 0,19 | 0,23 | 2,58 |
| Pavullo nel Frignano | 193 | - | 36,05 | 66,20 | 74,79 | 17,29 | 17,88 | 19,91 |
| Pievepelago | 26 | - | 1,40 | 0,42 | 0,59 | 0,53 | 6,52 | - |
| Polinago | 40 | - | 0,94 | 2,19 | 1,97 | 0,96 | 7,47 | 4,34 |
| Prignano sulla Secchia | 29 | - | 0,04 | 0,50 | 13,43 | 2,67 | 0,30 | 3,20 |
| Ravarino | 41 | 0,42 | 1,61 | 28,95 | 1,16 | 1,02 | 2,01 | 2,86 |
| Riolunato | - | - | - | - | - | - | - | - |
| San Cesario sul Panaro | 152 | 0 | 32,09 | 47,76 | 4,20 | 3,48 | 34,84 | 7,99 |
| San Felice sul Panaro | 130 | 16,19 | 6,88 | 30,19 | 73,61 | 66,03 | 26,38 | 47,79 |
| San Possidonio | 56 | 0,52 | 106,47 | 85,93 | 6,95 | 6,25 | 0,39 | 345,79 |
| San Prospero | 41 | 0 | 1,26 | 0,43 | 1,24 | 1,09 | 1,92 | 0 |
| Sassuolo | 751 | 0,17 | 537,84 | 455,70 | 291,00 | 65,86 | 205,96 | 82,15 |
| Savignano sul Panaro | 101 | 0,02 | 76,46 | 154,17 | 29,62 | 7,93 | 26,01 | 103,71 |
| Serramazzone | 67 | - | 0,19 | 7,16 | 19,98 | 4,22 | 20,03 | 1,09 |
| Sestola | 7 | - | 0,01 | - | - | 0,00 | - | - |
| Soliera | 282 | 0,17 | 63,59 | 123,26 | 14,91 | 13,20 | 34,75 | 124,13 |
| Spilamberto | 154 | 0,51 | 56,59 | 81,12 | 16,83 | 5,45 | 25,27 | 14,08 |
| Vignola | 128 | - | 1,16 | 2,07 | 2,91 | 2,16 | 6,92 | 0,03 |
| Zocca | 11 | - | - | - | 0,47 | 0,42 | 0,23 | - |

Tab. n° 16 - Riepilogo delle emissioni industriali per ogni singolo Comune

La Fig. n° 22 e la Fig. n° 23 mostrano le t/anno e le t/kmq*anno per NO_x e PM₁₀. La dimensione crescente delle sorgenti puntuali, riportate solo nella mappa relativa alle t/anno, testimonia un quantitativo maggiore di inquinanti emessi.

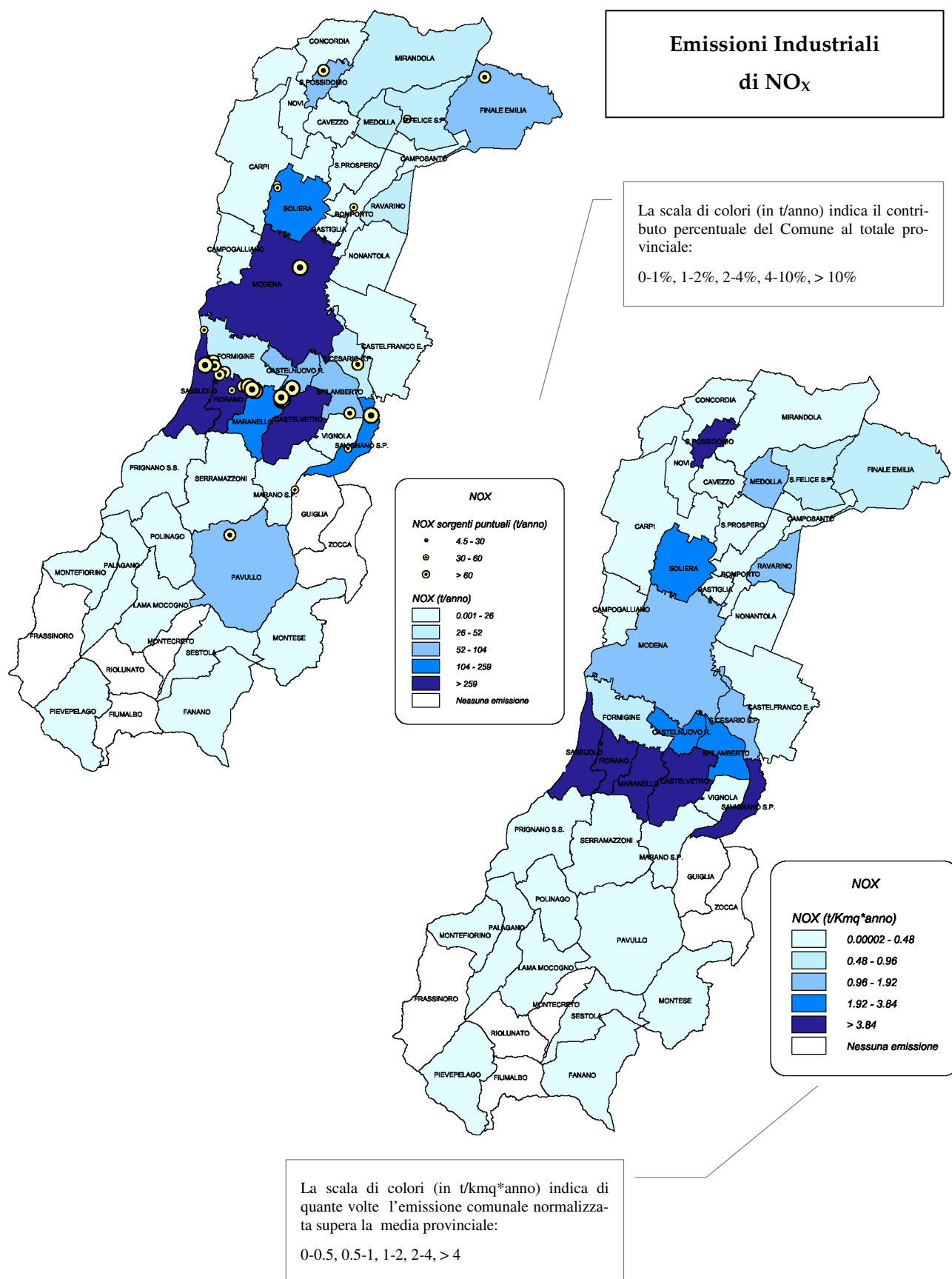
In entrambi i casi, si notano le aree più critiche individuabili nel Distretto Ceramico, nel Comune di Modena e nella bassa pianura, in particolare nei Comuni di San Felice, Finale Emilia e Campossanto per il PM₁₀ e nel Comune di San Possidonio per gli NO_x. Sempre per il PM₁₀, emerge il Comune di Pavullo, unico Comune dell'area montana.

Se si confrontano però le mappe relative alle tonnellate complessive emesse, con quelle dei quantitativi normalizzati, si notano Comuni, come ad esempio Modena e Pavullo, che sebbene contribuiscano al totale provinciale con percentuali superiori al 2% (classe V e III) sono caratterizzati da classi inferiori per quanto riguarda la pressione sul territorio comunale, grazie alla loro estensione. Infatti, nella mappa in cui vengono rappresentati i quantitativi normalizzati, i Comuni con il territorio più vasto scendono a classi emissive inferiori, mentre gli altri assumono ovviamente maggior peso. In pratica, quindi, se il primo indicatore rende conto del contributo di ogni Comune ai quantitativi totali emessi in atmosfera, il secondo meglio rappresenta la criticità determinata da queste emissioni in ogni specifico Comune.

In Fig. n° 24, infine, vengono rappresentate le carte che sintetizzano la pressione esercitata dal settore industriale sul territorio provinciale; anche in questo caso vengono riportate le mappe relative ai due indicatori utilizzati. Queste sono state costruite tenendo conto dei risultati dell'analisi precedente effettuata per tutti gli inquinanti del settore.

L'analisi complessiva conferma quanto già evidenziato per i due inquinanti presi ad esempio: emerge l'area centrale delle Provincia, con il Comune di Modena e i Comuni del Distretto Ceramico, ad eccezione di Formigine che è prevalentemente interessato dal traffico indotto più che da insediamenti produttivi veri e propri.

In entrambe le carte, risultano inoltre in classe III o IV i Comuni di San Felice, Soliera, Nonantola, San Possidonio e Savignano S.P., mentre altri passano dalla seconda alla terza o viceversa in base alla loro estensione territoriale.


 Fig. n° 22 – Emissioni di NO_x in t/anno e in t/anno*Kmq

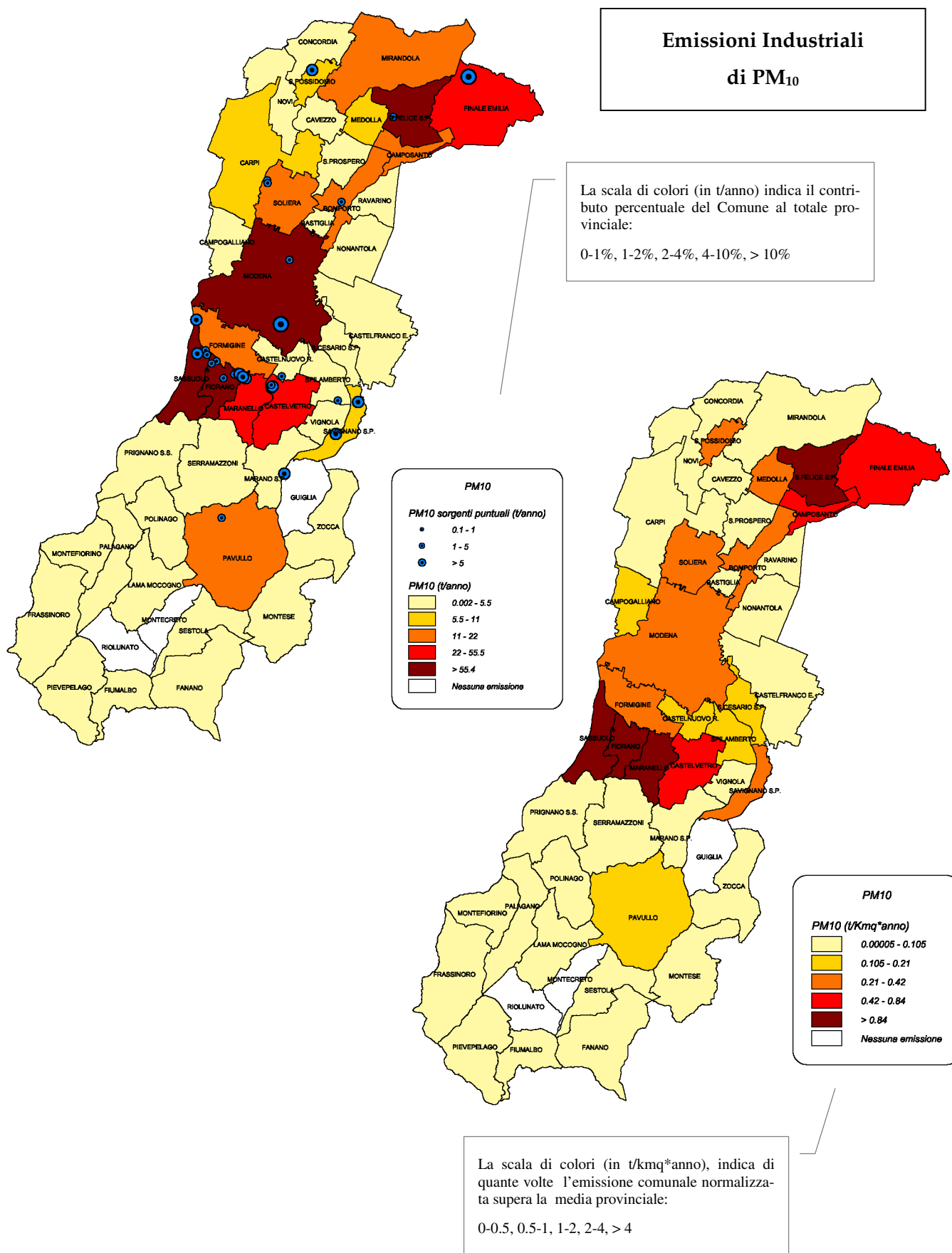
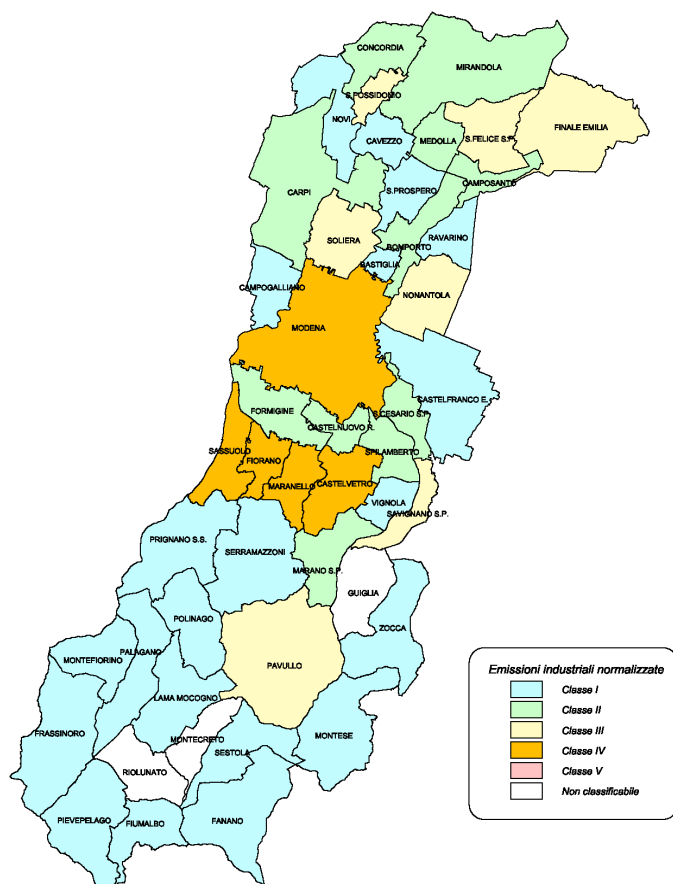


Fig. n° 23 - Emissioni di PM₁₀ in t/anno e in t/anno*Km

Settore Industriale

Classi di criticità relative al contributo emissivo di ogni Comune al totale provinciale, costruite a partire dalle emissioni in t/anno



Settore Industriale

*Classi di criticità relative alla pressione territoriale esercitata dalle sorgenti industriali, costruite a partire dalle emissioni comunali in t/kmq*anno*

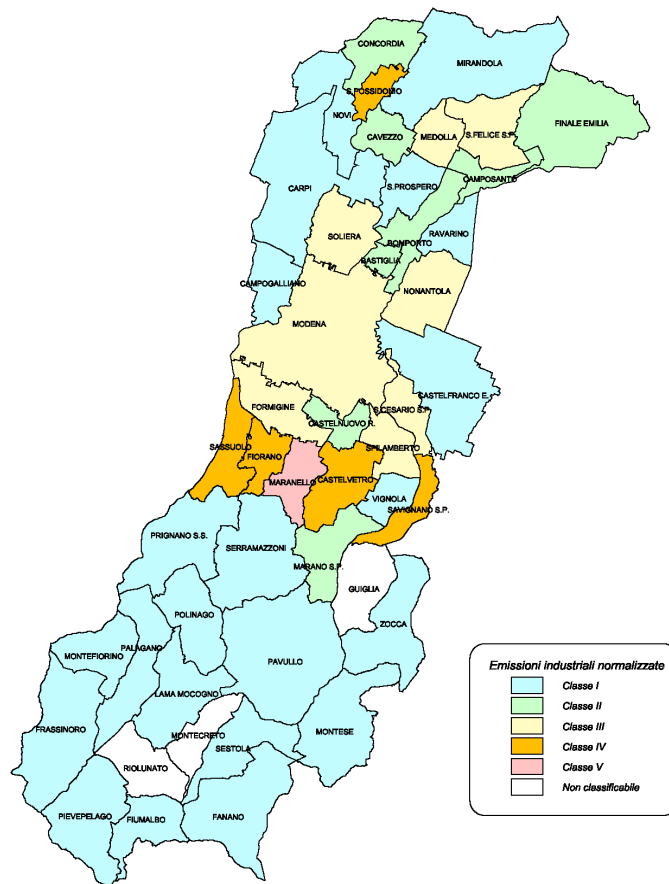


Fig. n° 24 – Classi di criticità

Andamento temporale del carico inquinante da emissioni del settore ceramico nel Distretto

A seguito del Protocollo d'Intesa sottoscritto tra le Province di Modena e di Reggio Emilia e 9 Comuni del Distretto Ceramico di Sassuolo-Scandiano, nella zona comprendente tali Comuni dal giugno 1996 è vietato ogni aumento del carico inquinante autorizzato da emissioni ceramiche ed è vietato ogni nuovo insediamento ceramico, eccezion fatta nel caso venga sostituito un insediamento esistente con uno dotato di migliori prestazioni o di migliore ubicazione.

Pertanto nella zona comprendente tali Comuni (Sassuolo, Fiorano, Maranello, Formigine e Castelvetro per la Provincia di Modena) è possibile stimare che il carico inquinante autorizzato per emissioni ceramiche non sia aumentato dal giugno 1996 ad oggi.

Poichè dal 1996 ad oggi i fattori di emissione sono rimasti pressoché invariati, è possibile stimare che da allora in quell'area l'andamento del carico inquinante reale per emissioni ceramiche sia approssimativamente proporzionale alla produzione ceramica, il cui andamento è riportato in Fig. 24a.

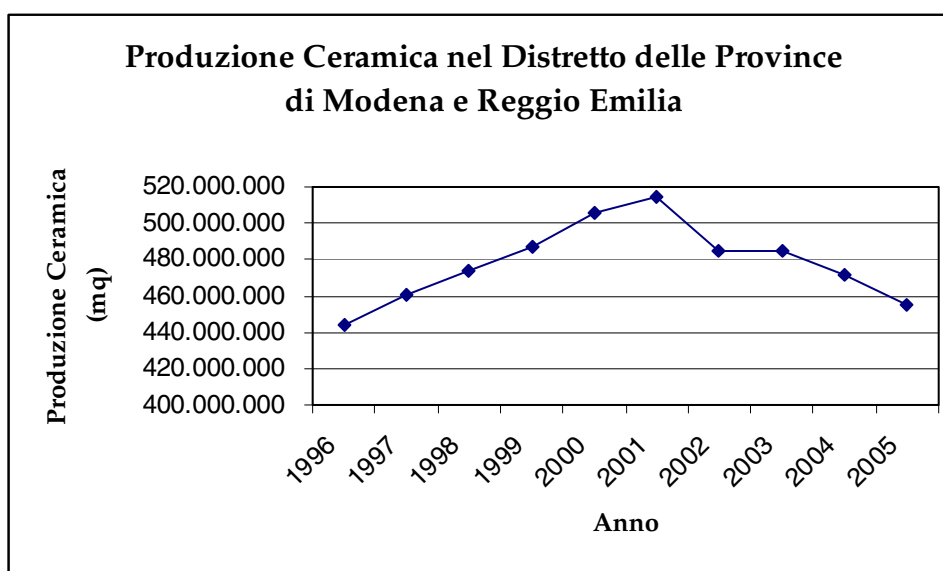


Fig. n° 24a – Produzione Ceramica nel Distretto delle Province di Modena e Reggio Emilia (fonte: Assopiastrelle)

Le emissioni da distribuzione di gas metano (macrosettore 5)

L'attività di distribuzione di gas metano attraverso le reti di condotte sotterranee comporta, a causa delle fughe che si verificano in punti critici, il rilascio di una certa quantità di gas direttamente in atmosfera.

L'inventario regionale redatto dalla struttura tematica di Arpa – Ingegneria Ambientale⁷ ha stimato le perdite di NMVOC nelle reti di distribuzione a partire dal dato nazionale (2003) del quantitativo di gas trasportato (rapporto "Salute Sicurezza Ambiente, 2003" della SNAM).

Dal quantitativo nazionale è stato ricavato il dato regionale in base ai chilometri della rete di trasporto regionale, mentre per risalire al dettaglio provinciale è stato utilizzato, come variabile surrogata, il quantitativo di gas naturale distribuito per uso civile e agricolo.

Dal quantitativo di gas distribuito nella Provincia di Modena, l'emissione di NMVOC dovuta alle perdite è stata stimata attraverso il fattore di emissione pubblicato da APAT pari a 997,1 g per tonnellata di gas trasportato; questo dato è stato poi disaggregato a livello comunale utilizzando come variabile surrogata la popolazione.

Nella tabella seguente è riportato il quantitativo annuo di NMVOC stimato nei Comuni della Provincia di Modena.

| t/anno emissioni da distribuzione di gas metano nei Comuni | | | |
|--|-------|-------------------------|------------|
| Comune | NMVOC | Comune | NMVOC |
| Bastiglia | 2,9 | Montefiorino | 2,0 |
| Bomporto | 6,8 | Montese | 2,7 |
| Campogalliano | 6,7 | Nonantola | 11,2 |
| Camposanto | 2,6 | Novi di Modena | 9,0 |
| Carpi | 53,5 | Palagano | 2,1 |
| Castelfranco Emilia | 22,4 | Pavullo nel Frignano | 13,3 |
| Castelnuovo Rangone | 10,6 | Pievepelago | 1,8 |
| Castelvetro di Modena | 8,5 | Polinago | 1,6 |
| Cavezzo | 5,9 | Prignano sulla Secchia | 3,0 |
| Concordia sulla Secchia | 7,3 | Ravarino | 4,8 |
| Fanano | 2,5 | Riolunato | 0,6 |
| Finale Emilia | 12,8 | San Cesario sul Panaro | 4,7 |
| Fiorano Modenese | 13,8 | San Felice sul Panaro | 8,7 |
| Fiumalbo | 1,1 | San Possidonio | 3,1 |
| Formigine | 25,9 | San Prospero | 4,1 |
| Frassinoro | 1,8 | Sassuolo | 35,0 |
| Guiglia | 3,4 | Savignano sul Panaro | 7,2 |
| Lama Mocogno | 2,5 | Serramazzoni | 6,2 |
| Maranello | 13,6 | Sestola | 2,2 |
| Marano sul Panaro | 3,2 | Soliera | 11,6 |
| Medolla | 4,9 | Spilamberto | 9,5 |
| Mirandola | 19,1 | Vignola | 18,7 |
| Modena | 151,2 | Zocca | 4,0 |
| Montecreto | 0,8 | Totale Provincia | 551 |

Tab. n° 17 – Emissioni di NMVOC da perdite nella distribuzione di gas metano

Il macrosettore 5 comprende anche le emissioni dovute alla evaporazione di NMVOC nell'ambito dell'attività di distribuzione delle benzine nelle stazioni di servizio. Nel medesimo studio, Ingegneria Ambientale ha stimato che tale emissione nella Provincia di Modena è di 27 t/a.

⁷ Creazione ed integrazione di inventari e censimenti delle emissioni a livello regionale per lo sviluppo di modellistica della qualità dell'aria – Rapporto finale – Novembre 2004 – Arpa Emilia Romagna – Ingegneria Ambientale

Le emissioni da riscaldamento civile (macrosettore 2)

Le emissioni prodotte dal riscaldamento civile sono state considerate come sorgenti diffuse sul dettaglio comunale. La stima è avvenuta tramite un approccio top-down, come già descritto nella sezione riguardante le sorgenti diffuse. A partire dal consumo annuo provinciale di combustibile per uso civile, la disaggregazione del dato è stata eseguita utilizzando come variabile surrogato la popolazione comunale.

La fonte dei dati relativamente ai consumi di combustibile provinciale (Tab. n° 18) è l'aggiornamento al 2002 del P.A.E.S.S. (Piano di Azione per l'Energia e lo Sviluppo Sostenibile della Provincia di Modena).

I dati di consumo sottostimano il contributo degli impianti di riscaldamento del settore terziario; conseguentemente le emissioni risultanti sono principalmente associate al riscaldamento degli impianti domestici.

| Combustibile | Consumo (KTEP) |
|---------------------|----------------|
| Gasolio | 8,7 |
| gas naturale/metano | 394,6 |
| GPL | 24,1 |
| Olio combustibile | 10,9 |

Tab. n° 18 - Consumi annui di combustibile per il riscaldamento civile, anno 2002

Il dato di popolazione comunale relativo al 2003 è, invece, riportato in dettaglio nell'Allegato 1.

Partendo quindi dal consumo di combustibile, si calcola il quantitativo annuo di inquinante a livello provinciale utilizzando i fattori di emissione (FE), tratti dalla banca dati on line dei fattori di emissione a cura di APAT e riportati nell'Allegato 2, applicando la formula seguente:

$$t / anno_{inquinante} = Consumo \cdot FE$$

Dal quantitativo provinciale si risale al valore comunale attraverso il dato della popolazione.

La Fig. n° 25 mostra la distribuzione percentuale delle emissioni e dei consumi a seconda del combustibile utilizzato: si osserva come il metano, rappresentando il combustibile più utilizzato, sia il principale responsabile delle emissioni; emerge comunque come, in particolare per i PM₁₀, il suo contributo emissivo sia inferiore al consumo, indice di una minore emissione rispetto agli altri combustibili (gasolio in particolare).

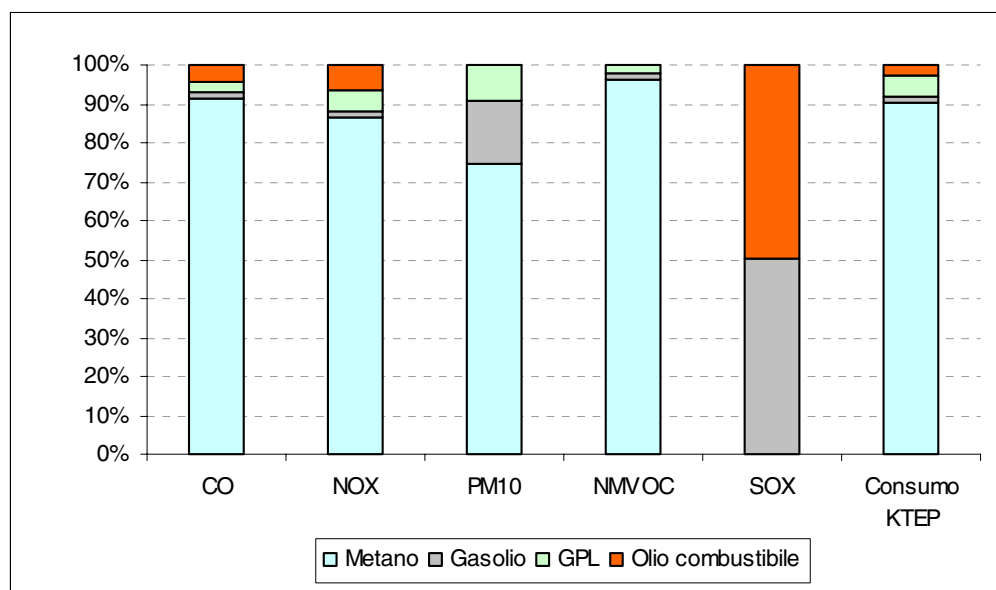


Fig. n° 25 – Distribuzione percentuale delle emissioni e dei consumi in base al combustibile utilizzato

In Tab. n° 19 si riporta il riepilogo dei quantitativi annui (t/anno) per le emissioni civili relative alla Provincia e in Tab. n° 20 il dato relativo ai singoli Comuni.

| t/anno emesse dalle sorgenti civili in Provincia di Modena | | | | |
|---|-----------------------|------------------------|--------------|-----------------------|
| CO | NO_x | PM₁₀ | NMVOC | SO_x |
| 451 | 957 | 2 | 86 | 68 |

Tab. n° 19 - t/anno emesse a livello provinciale dalle sorgenti civili

La Fig. n° 26 e la Fig. n° 27 mostrano le emissioni in t/anno e t/kmq*anno di NO_x e PM₁₀ disaggregate a livello comunale.

Le aree con emissioni più elevate sono quelle più popolate: tra queste emerge il Comune di Modena, che contribuisce con più del 10% al totale provinciale, seguono Sassuolo, Formigine, Carpi e Castelfranco con più del 4%; vi sono poi diversi Comuni il cui contributo supera il 2% come Soliera e Nonantola, nell'area centrale, Mirandola e Finale Emilia, nella bassa pianura, Maranello, Fiorano e Vignola, nella pedecollina, Pavullo in area montana.

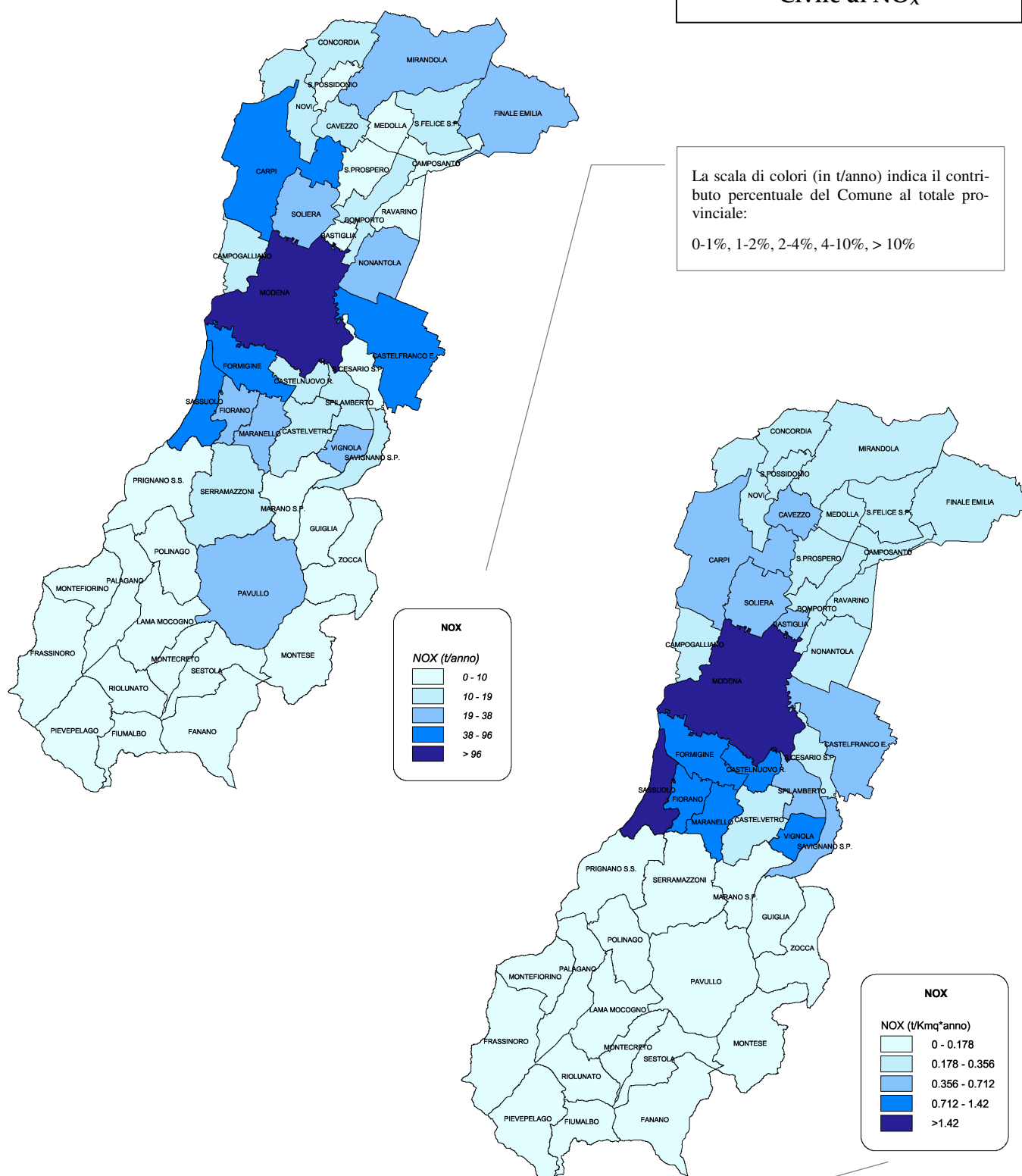
La mappa dei quantitativi normalizzati evidenzia Sassuolo e Modena nella classe più alta; emergono poi, oltre a Castelnuovo, gli altri Comuni del Distretto Ceramico e Vignola, che proprio in ragione delle loro dimensioni territoriali, sono caratterizzati da una pressione più elevata sul territorio. Tutta l'area montana si colloca, invece, nella prima classe.

In Fig. n° 28, infine, vengono rappresentate le carte che sintetizzano la pressione esercitata dal settore civile sul territorio provinciale; anche in questo caso vengono riportate le mappe relative ai due indicatori utilizzati. Queste sono state costruite tenendo conto dei risultati dell'analisi precedente effettuata per tutti gli inquinanti del settore.

| t/anno emesse dalle sorgenti civili nei singoli Comuni | | | | | |
|---|------------|-----------------------|------------------------|--------------|-----------------------|
| Comune | CO | NO_x | PM₁₀ | NMVOC | SO_x |
| Bastiglia | 2,38 | 5,05 | 0,01 | 0,45 | 0,36 |
| Bomporto | 5,53 | 11,74 | 0,03 | 1,05 | 0,83 |
| Campogalliano | 5,49 | 11,65 | 0,03 | 1,04 | 0,83 |
| Camposanto | 2,10 | 4,47 | 0,01 | 0,40 | 0,32 |
| Carpi | 43,80 | 93,00 | 0,22 | 8,32 | 6,61 |
| Castelfranco Emilia | 18,36 | 38,97 | 0,09 | 3,49 | 2,77 |
| Castelnuovo Rangone | 8,67 | 18,41 | 0,04 | 1,65 | 1,31 |
| Castelvetro di Modena | 6,94 | 14,73 | 0,03 | 1,32 | 1,05 |
| Cavezzo | 4,80 | 10,19 | 0,02 | 0,91 | 0,72 |
| Concordia sulla Secchia | 5,95 | 12,63 | 0,03 | 1,13 | 0,90 |
| Fanano | 2,03 | 4,30 | 0,01 | 0,39 | 0,31 |
| Finale Emilia | 10,51 | 22,32 | 0,05 | 2,00 | 1,59 |
| Fiorano Modenese | 11,32 | 24,02 | 0,06 | 2,15 | 1,71 |
| Fiumalbo | 0,93 | 1,97 | 0,00 | 0,18 | 0,14 |
| Formigine | 21,21 | 45,03 | 0,10 | 4,03 | 3,20 |
| Frassinoro | 1,49 | 3,17 | 0,01 | 0,28 | 0,22 |
| Guiglia | 2,76 | 5,86 | 0,01 | 0,52 | 0,42 |
| Lama Mocogno | 2,09 | 4,43 | 0,01 | 0,40 | 0,31 |
| Maranello | 11,15 | 23,67 | 0,05 | 2,12 | 1,68 |
| Marano sul Panaro | 2,63 | 5,58 | 0,01 | 0,50 | 0,40 |
| Medolla | 4,02 | 8,52 | 0,02 | 0,76 | 0,61 |
| Mirandola | 15,62 | 33,17 | 0,08 | 2,97 | 2,36 |
| Modena | 123,75 | 262,73 | 0,61 | 23,52 | 18,67 |
| Montecreto | 0,64 | 1,37 | 0,00 | 0,12 | 0,10 |
| Montefiorino | 1,62 | 3,44 | 0,01 | 0,31 | 0,24 |
| Montese | 2,23 | 4,73 | 0,01 | 0,42 | 0,34 |
| Nonantola | 9,15 | 19,42 | 0,04 | 1,74 | 1,38 |
| Novi di Modena | 7,40 | 15,71 | 0,04 | 1,41 | 1,12 |
| Palagano | 1,69 | 3,60 | 0,01 | 0,32 | 0,26 |
| Pavullo nel Frignano | 10,85 | 23,04 | 0,05 | 2,06 | 1,64 |
| Pievepelago | 1,50 | 3,18 | 0,01 | 0,29 | 0,23 |
| Polinago | 1,28 | 2,72 | 0,01 | 0,24 | 0,19 |
| Prignano sulla Secchia | 2,44 | 5,19 | 0,01 | 0,46 | 0,37 |
| Ravarino | 3,96 | 8,40 | 0,02 | 0,75 | 0,60 |
| Riolunato | 0,52 | 1,10 | 0,00 | 0,10 | 0,08 |
| San Cesario sul Panaro | 3,87 | 8,22 | 0,02 | 0,74 | 0,58 |
| San Felice sul Panaro | 7,09 | 15,05 | 0,03 | 1,35 | 1,07 |
| San Possidonio | 2,57 | 5,45 | 0,01 | 0,49 | 0,39 |
| San Prospero | 3,38 | 7,17 | 0,02 | 0,64 | 0,51 |
| Sassuolo | 28,64 | 60,80 | 0,14 | 5,44 | 4,32 |
| Savignano sul Panaro | 5,90 | 12,52 | 0,03 | 1,12 | 0,89 |
| Serramazzoni | 5,11 | 10,86 | 0,03 | 0,97 | 0,77 |
| Sestola | 1,84 | 3,91 | 0,01 | 0,35 | 0,28 |
| Soliera | 9,53 | 20,23 | 0,05 | 1,81 | 1,44 |
| Spilamberto | 7,77 | 16,49 | 0,04 | 1,48 | 1,17 |
| Vignola | 15,29 | 32,45 | 0,08 | 2,90 | 2,31 |
| Zocca | 3,25 | 6,90 | 0,02 | 0,62 | 0,49 |
| Totale Provincia | 451 | 957 | 2 | 86 | 68 |

Tab. n° 20 - Riepilogo delle emissioni civili per ogni singolo Comune

**Emissioni da Riscaldamento
Civile di NO_x**



La scala di colori (in t/kmq*anno) indica di quante volte l'emissione comunale normalizzata supera il dato medio provinciale: 0-0.5, 0.5-1, 1-2, 2-4, > 4

Fig. n° 26 - Emissioni di NO_x in t/anno e in t/anno*Kmq

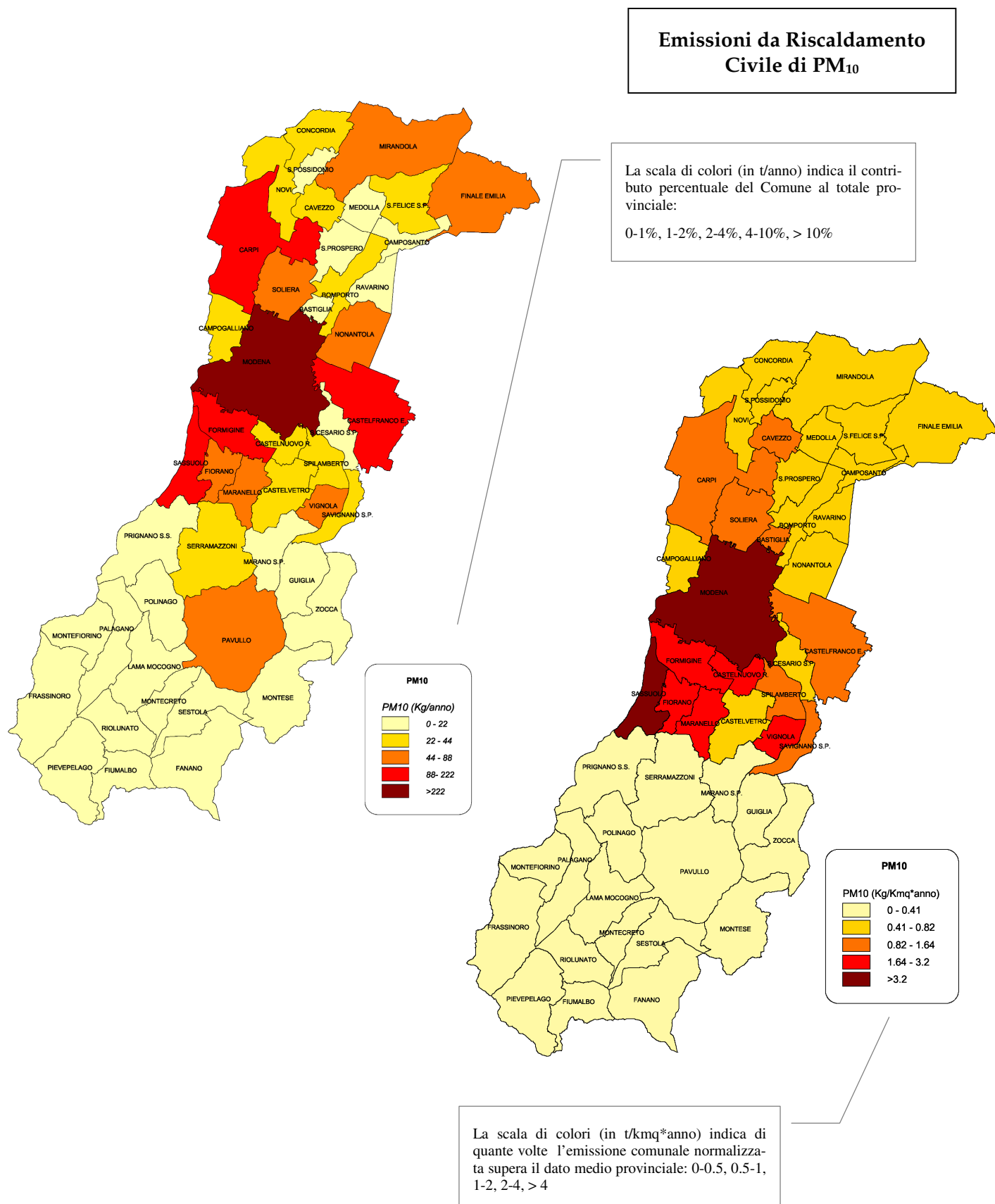


Fig. n° 27 - Emissioni di PM₁₀ in t/anno e in t/anno*Kmq

Settore Civile

Classi di criticità relative al contributo emissivo di ogni Comune al totale provinciale, costruite a partire dalle emissioni in t/anno

Settore Civile

*Classi di criticità relative alla pressione territoriale esercitata dalle sorgenti civili, costruite a partire dalle emissioni comunali in t/kmq*anno*

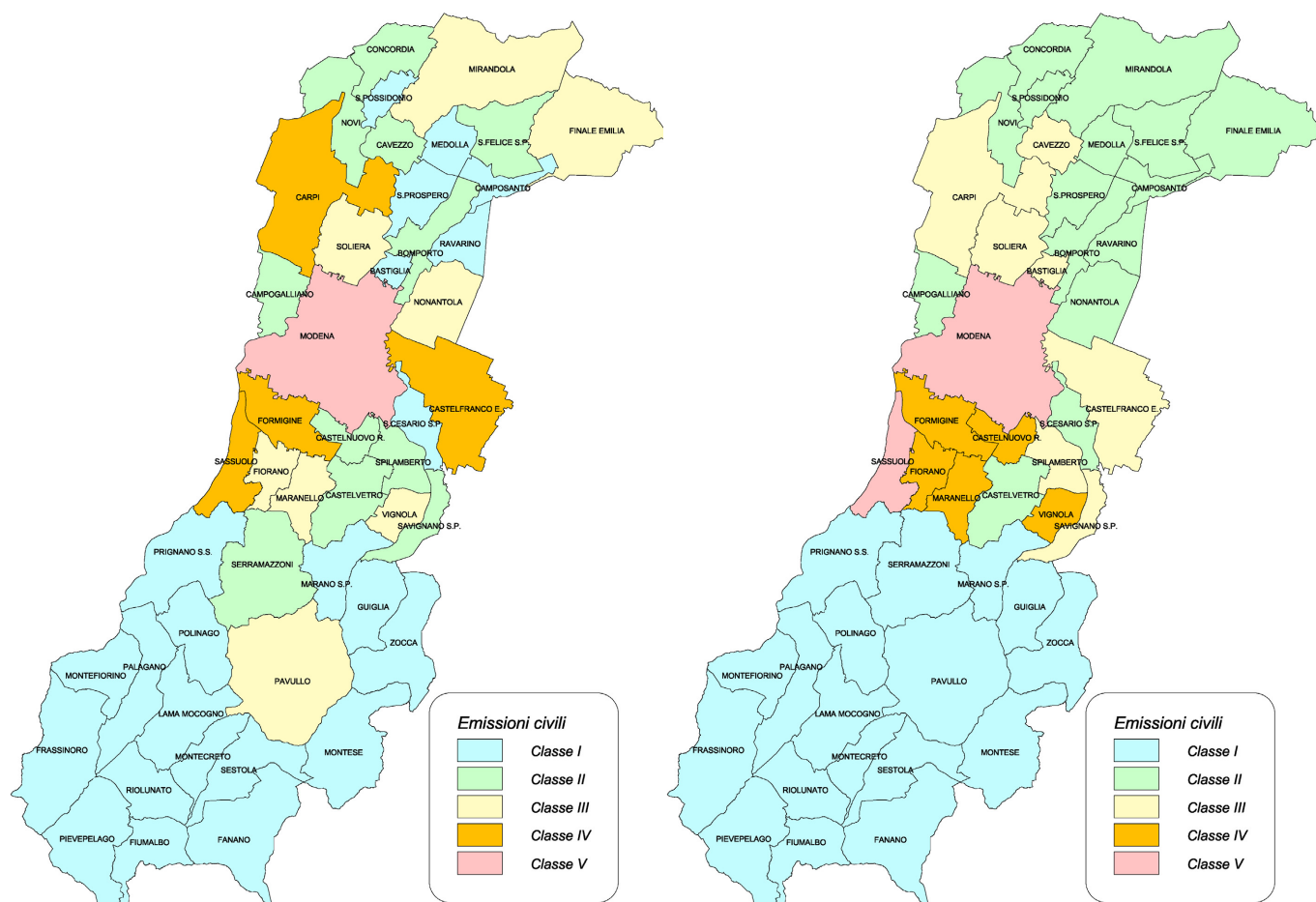


Fig. n° 28- Classi di criticità

L'analisi complessiva conferma quanto già evidenziato per i due inquinanti presi ad esempio: l'area centrale delle Provincia, con il Comune di Modena, e l'area del Distretto Ceramico risultano anche in questo caso quelle collocate nelle classi più elevate.

In entrambe le carte, risulta inoltre in classe III il Comune di Soliera, mentre i Comuni di Carpi, di Finale Emilia, Mirandola, Castelfranco, Nonantola, Serramazzoni risultano in una classe inferiore quando i dati di emissione vengono rapportati alla superficie comunale. Ancora più evidente è il cambiamento di classe del Comune di Pavullo che nella prima carta risulta in classe III, mentre normalizzando le emissioni scende alla classe I, come tutta l'area montana.

Le emissioni da allevamenti (macrosettore 10)

Le emissioni da allevamenti sono state considerate come sorgenti diffuse sul dettaglio comunale; a differenza delle sorgenti da riscaldamento civile, il dato comunale è stato calcolato direttamente, senza applicare l'approccio top-down per la disaggregazione, in quanto è noto il numero di capi a livello comunale.

Il calcolo dei quantitativi annui è stato effettuato, quindi, considerando il numero di capi e i fattori di emissione (FE) che si differenziano in base al tipo di specie animale (suini, bovini, ecc....).

Per un dato inquinante, il quantitativo annuo per Comune si ottiene facilmente da:

$$t / anno_{inquinante} = \sum_{i=1}^n \text{Numero_capi}_i \cdot FE_i$$

dove n è il numero di differenti specie di animali allevate nel Comune.

I fattori di emissione utilizzati, pubblicati da APAT (banca dati on line dei fattori di emissione) sono riportati nell'allegato 2, mentre il numero di capi è stato dedotto dal censimento ISTAT 2000 ed è riportato nell'allegato 1.

In Tab. n° 22 viene riportato il riepilogo dei quantitativi totali annui dovuti agli allevamenti nella Provincia e in Tab. n° 23 quello dei singoli Comuni e il numero di abitanti equivalenti comunali calcolati, applicando i coefficienti moltiplicativi di Tab. n° 21, al numero di capi allevati nel Comune (CNR – IRSA, Quaderno 90 – 1991):

| Tipologia degli animali allevati | Coefficiente |
|----------------------------------|--------------|
| Bovini | 8,16 |
| Equini | 8,08 |
| Ovocaprini | 1,78 |
| Suini | 1,95 |
| Pollame | 0,2 |

Tab. n° 21 – Coefficienti moltiplicativi per il calcolo degli abitanti equivalenti

| t/anno emissioni allevamenti in Provincia di Modena | | |
|---|-----------|------------------|
| NH ₃ | NMVOC | PM ₁₀ |
| 6.471 | 14 | 54 |

Tab. n° 22 - t/anno emesse a livello provinciale dagli allevamenti

| t/anno emissioni allevamenti nei singoli Comuni | | | | |
|--|-----------------------------|-----------------------|--------------|------------------------|
| Comune | Abitanti equivalenti | NH₃ | NMVOC | PM₁₀ |
| Bastiglia | 47.902 | 73,7 | 0,1 | 1,9 |
| Bomporto | 38.368 | 114,8 | 0,3 | 0,5 |
| Campogalliano | 45.720 | 148,1 | 0,4 | 0,9 |
| Camposanto | 18.088 | 53,9 | 0,2 | 0,4 |
| Carpi | 55.523 | 212,9 | 0,4 | 1,6 |
| Castelfranco Emilia | 79.405 | 235,9 | 0,5 | 1,5 |
| Castelnuovo Rangone | 15.620 | 100,6 | 0,2 | 0,4 |
| Castelvetro di Modena | 58.101 | 223,1 | 0,5 | 1,6 |
| Cavezzo | 6.477 | 36,7 | 0,1 | 0,2 |
| Concordia sulla Secchia | 29.394 | 113,8 | 0,2 | 2,0 |
| Fanano | 10.546 | 65,5 | 0,1 | 0,3 |
| Finale Emilia | 29.478 | 83,4 | 0,2 | 0,5 |
| Fiorano Modenese | 8.683 | 37,4 | 0,1 | 0,2 |
| Fiumalbo | 1.940 | 16,9 | 0,0 | 0,2 |
| Formigine | 214.002 | 616,4 | 1,5 | 4,1 |
| Frassinoro | 6.591 | 40,0 | 0,1 | 0,2 |
| Guiglia | 24.620 | 96,5 | 0,2 | 0,9 |
| Lama Mocogno | 11.581 | 72,3 | 0,1 | 0,4 |
| Maranello | 32.467 | 119,9 | 0,2 | 3,1 |
| Marano sul Panaro | 20.610 | 95,9 | 0,2 | 0,4 |
| Medolla | 21.969 | 82,4 | 0,2 | 0,4 |
| Mirandola | 130.653 | 351,1 | 0,8 | 4,9 |
| Modena | 153.042 | 537,1 | 1,3 | 2,9 |
| Montecreto | 3.786 | 22,8 | 0,0 | 0,1 |
| Montefiorino | 5.949 | 48,4 | 0,1 | 0,2 |
| Montese | 26.076 | 163,2 | 0,3 | 0,9 |
| Nonantola | 44.992 | 132,1 | 0,3 | 3,1 |
| Novi di Modena | 48.581 | 150,0 | 0,3 | 1,1 |
| Palagano | 19.947 | 97,4 | 0,2 | 0,4 |
| Pavullo nel Frignano | 89.767 | 511,6 | 1,1 | 2,3 |
| Pievepelago | 2.733 | 14,8 | 0,0 | 0,1 |
| Polinago | 16.583 | 108,1 | 0,2 | 0,5 |
| Prignano sulla Secchia | 44.915 | 194,9 | 0,5 | 1,0 |
| Ravarino | 36.484 | 102,9 | 0,3 | 0,7 |
| Riolunato | 1.551 | 8,6 | 0,0 | 0,1 |
| San Cesario sul Panaro | 4.882 | 35,4 | 0,1 | 0,2 |
| San Felice sul Panaro | 6.827 | 36,4 | 0,1 | 0,2 |
| San Possidonio | 7.099 | 35,5 | 0,1 | 0,2 |
| San Prospero | 28.656 | 110,2 | 0,3 | 0,5 |
| Sassuolo | 13.223 | 83,7 | 0,2 | 0,5 |
| Savignano sul Panaro | 3.736 | 22,7 | 0,0 | 0,2 |
| Serramazzoni | 36.665 | 163,0 | 0,3 | 2,0 |
| Sestola | 8.756 | 51,3 | 0,1 | 0,3 |
| Soliera | 154.054 | 459,2 | 1,0 | 4,9 |
| Spilamberto | 76.827 | 267,4 | 0,6 | 4,3 |
| Vignola | 7.227 | 31,8 | 0,1 | 0,2 |
| Zocca | 15.311 | 91,7 | 0,2 | 0,4 |
| Totale Provincia | 1.765.407 | 6.471 | 14 | 54 |

Tab. n° 23 - Riepilogo delle emissioni da allevamenti per ogni singolo Comune

La Fig. n° 29 e la Fig. n° 30 riportano le emissioni in t/anno e in t/kmq*anno per alcuni inquinanti prodotti dagli allevamenti, disaggregate a livello comunale.

Le mappe mostrano come le criticità dovute a questa sorgente risultino diffuse su tutto il territorio provinciale. Ciò comporta, ad esempio, che per le emissioni in t/a di NH_3 e di PM_{10} non vi siano territori collocati nell'ultima classe, mentre numerosi sono i Comuni collocati nelle classi intermedie. Per quanto riguarda la pressione territoriale, emergono maggiori differenze: per l' NH_3 Formigine rappresenta l'unico Comune in ultima classe, mentre per il PM_{10} , oltre a Formigine, presentano forti pressioni territoriali anche i Comuni di Soliera, Bastiglia, Maranello e Spilamberto.

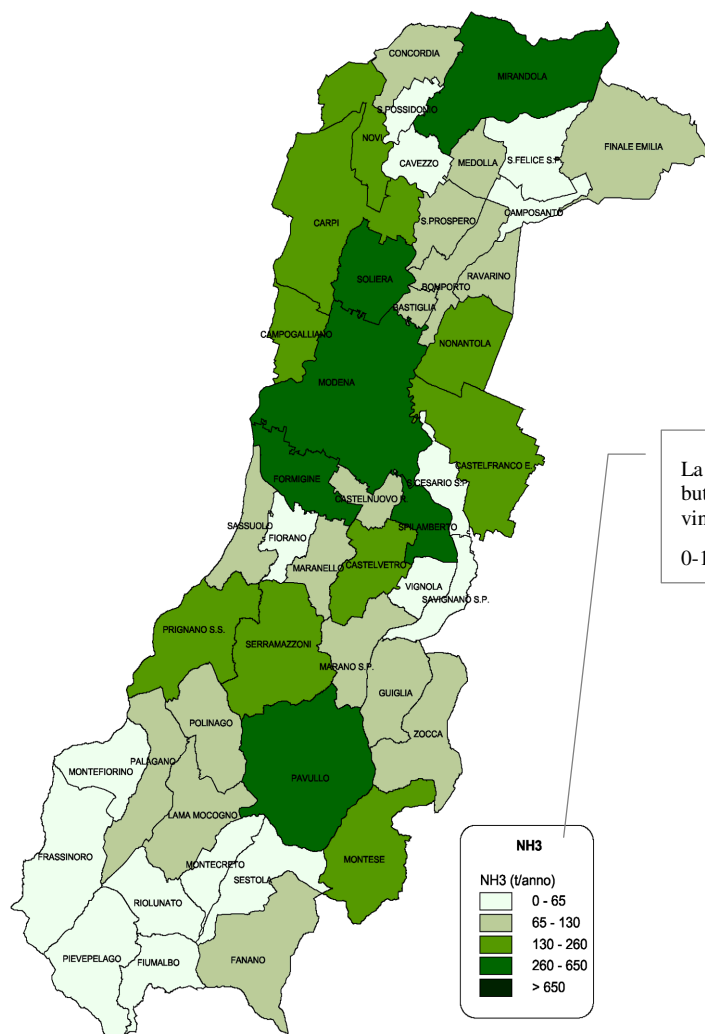
Si osserva infine come, per questa fonte di emissione, abbiano un discreto contributo anche i Comuni dell'area montana.

In Fig. n° 31 vengono rappresentate le carte che sintetizzano la pressione esercitata dal settore allevamenti sul territorio provinciale; anche in questo caso vengono riportate le mappe relative ai due indicatori utilizzati. Queste sono state costruite tenendo conto dei risultati dell'analisi precedente effettuata per tutti gli inquinanti del settore.

Viene confermata una certa uniformità su tutto il territorio provinciale, soprattutto per quanto riguarda le classi calcolate in base all'emissione comunale rapportata a quella provinciale: si osserva infatti come molti Comuni si collocano nelle classi intermedie (III e IV) e nessuno in V classe.

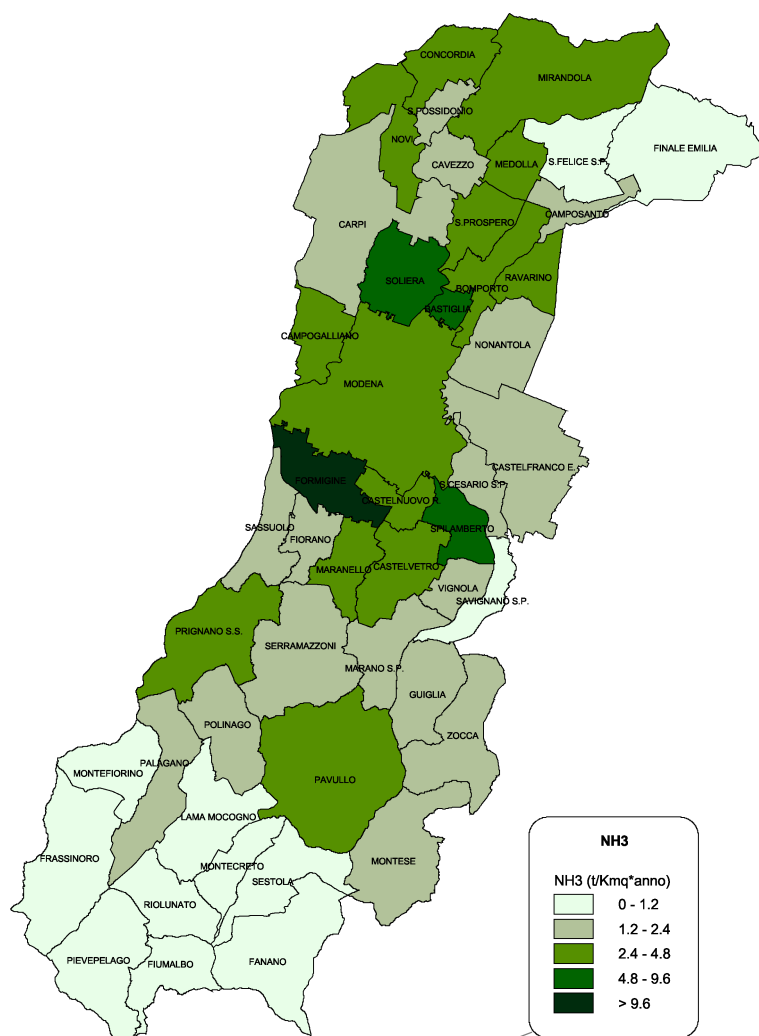
Per quanto riguarda, invece, le criticità riferite all'emissione comunale normalizzata alla superficie territoriale si osserva Formigine come unico Comune in V classe, mentre Soliera, Bastiglia, Maranello e Spilamberto si collocano in IV; i restanti Comuni sono per la maggior parte distribuiti tra la III e la II classe.

**Emissioni da Allevamenti
di NH₃**



La scala di colori (in t/anno) indica il contributo percentuale del Comune al totale provinciale:

0-1%, 1-2%, 2-4%, 4-10%, >10%



La scala di colori (in t/kmq*anno) indica di quante volte l'emissione comunale normalizzata supera il dato medio provinciale:

0-0.5, 0.5-1, 1-2, 2-4, > 4

Fig. n° 29 - Emissioni di NH₃ in t/anno e in t/anno*Kmq

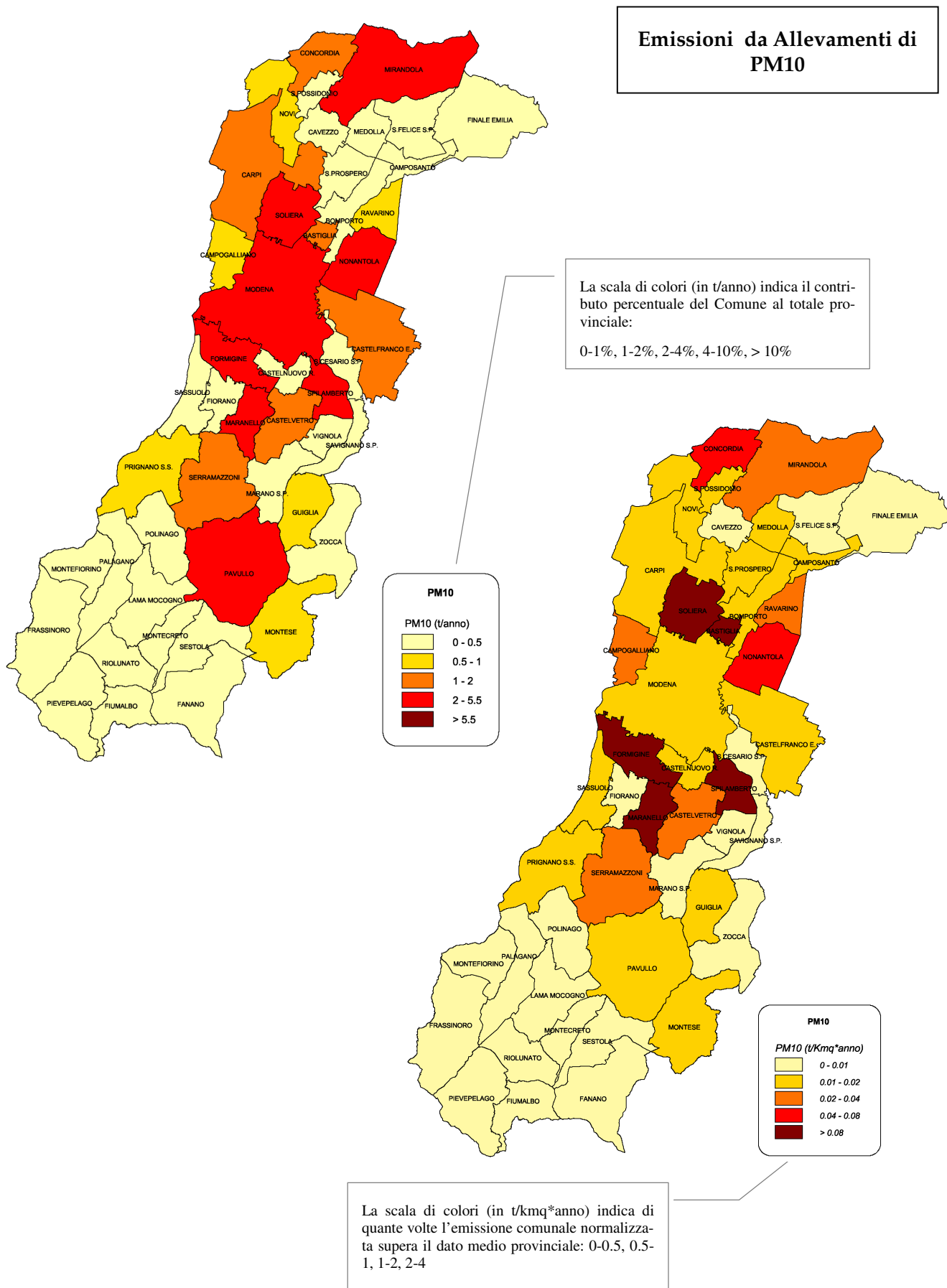


Fig. n° 30 - Emissioni di PM₁₀ in t/anno e in t/anno*Kmq

Settore Allevamenti

Classi di criticità relative al contributo emissivo di ogni Comune al totale provinciale, costruite a partire dalle emissioni in t/anno

Settore Allevamenti

*Classi di criticità relative alla pressione territoriale esercitata dagli allevamenti, costruite a partire dalle emissioni comunali in t/kmq*anno*

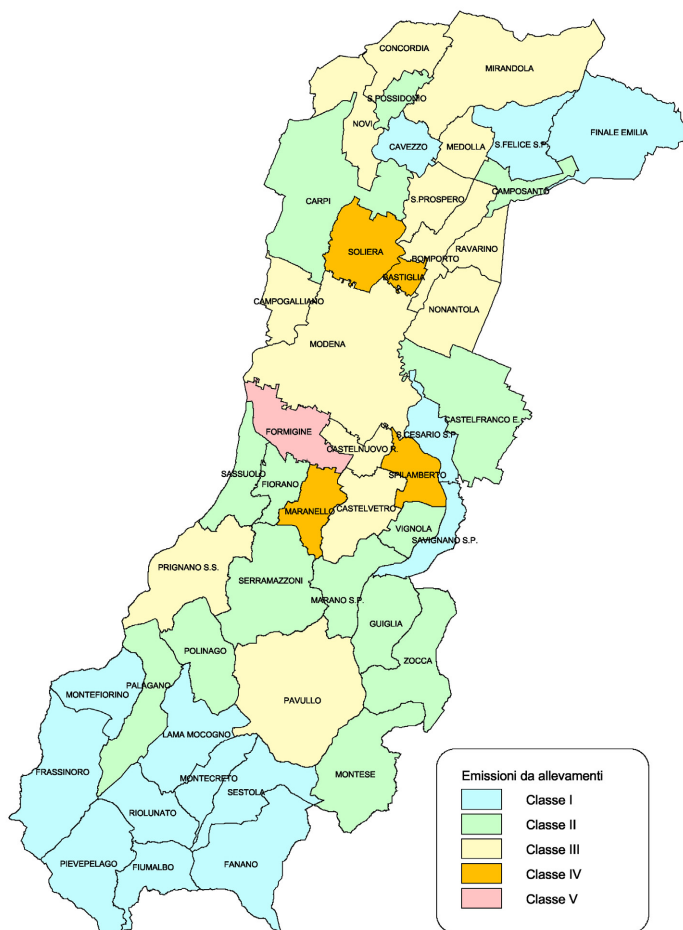
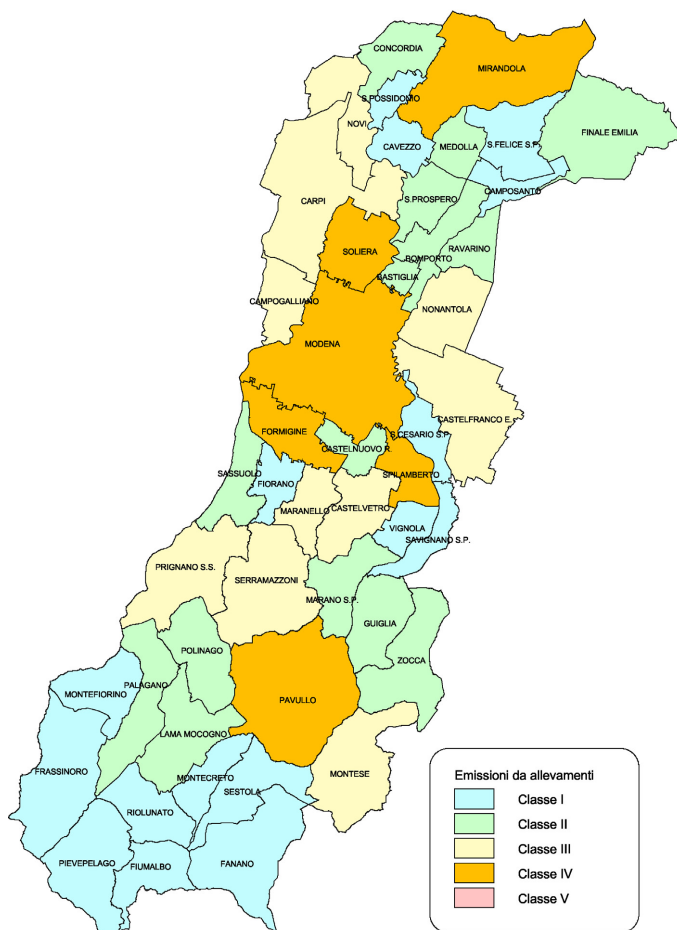


Fig. n° 31- Classi di criticità

Le emissioni da traffico (macrosettore 7)

Le emissioni da traffico sono state inizialmente calcolate in tre modi differenti, al fine di validare un metodo tramite il confronto dei risultati:

- 1) stima del quantitativo annuo totale provinciale a partire dal consumo di carburanti e dal parco immatricolato (dati ACI): successivamente il dato è stato disaggregato sul Comune utilizzando come variabile surrogato la popolazione;
- 2) stima del quantitativo annuo totale provinciale a partire dalla percorrenza media annuale per tipologia di veicolo e dal parco immatricolato (dati ACI): successivamente il dato è stato disaggregato sul Comune utilizzando come variabile surrogato la popolazione;
- 3) stima del quantitativo annuo per arco stradale utilizzando i flussi di traffico del grafo stradale provinciale.

Il contributo del tratto autostradale è stato stimato utilizzando soltanto il terzo metodo, ovvero gli archi autostradali presenti sul grafo provinciale.

Per tutte le stime sono stati utilizzati i fattori di emissione pubblicati da APAT (banca dati on line dei fattori di emissione) i quali si riferiscono alle emissioni totali al tubo di scappamento dei veicoli (a caldo e a freddo dette anche emissioni "exhaust").

Per emissioni a caldo si intendono le emissioni dei veicoli i cui motori hanno raggiunto la temperatura di esercizio; le emissioni a freddo sono quelle che avvengono durante il riscaldamento del veicolo (acqua di raffreddamento < 70°C). Per il PM₁₀ questi fattori di emissione sono già comprensivi delle emissioni dovute alla abrasione dei freni, delle gomme e dell'asfalto, dette anche emissioni "non exhaust".

In Tab. n° 24 si riporta il parco auto provinciale (tratto da "ACI – Autoritratto 2003 – classificazione COPERT"), con il dettaglio dei dati utilizzati nelle stime, relativi alle percorrenze medie annuali e alle percentuali di percorrenza per ciascun ciclo di guida (entrambi dati medi italiani pubblicati da APAT).

| Veicolo | Categoria | Cilindrata | Numero veicoli | Percorrenza media annua (Km) | % Urbano | % Extra urbano | % Auto stradale |
|---------------------|-------------------------|------------------|----------------|------------------------------|----------|----------------|-----------------|
| Auto a benzina | PRE-ECE | <1400 | 6.717 | 2.500 | 60 | 39 | 1 |
| | ECE 15/00/01 | <1400 | 4.065 | 3.000 | 60 | 39 | 1 |
| | ECE 1502 | <1400 | 3.149 | 3.500 | 60 | 39 | 1 |
| | ECE 1503 | <1400 | 3.591 | 4.000 | 50 | 40 | 10 |
| | ECE 1504 | <1400 | 48.158 | 6.600 | 40 | 45 | 15 |
| | 91/441/EEC - EURO I | <1400 | 44.541 | 10.000 | 25 | 55 | 20 |
| | 94/12/EEC - EURO II | <1400 | 63.653 | 12.500 | 25 | 55 | 20 |
| | EURO III | <1400 | 39.365 | 12.500 | 25 | 55 | 20 |
| | PRE-ECE | 1400-2000 | 1.045 | 4.000 | 30 | 60 | 10 |
| | ECE 15/00/01 | 1400-2000 | 1.037 | 5.500 | 30 | 60 | 10 |
| | ECE 1502 | 1400-2000 | 1.124 | 7.000 | 20 | 60 | 20 |
| | ECE 1503 | 1400-2000 | 1.031 | 8.000 | 20 | 55 | 25 |
| | ECE 1504 | 1400-2000 | 18.924 | 10.000 | 15 | 55 | 30 |
| | 91/441/EEC - EURO I | 1400-2000 | 25.754 | 14.500 | 15 | 50 | 35 |
| | 94/12/EEC - EURO II | 1400-2000 | 25.754 | 16.500 | 15 | 50 | 35 |
| | EURO III | 1400-2000 | 10.897 | 16.500 | 15 | 50 | 35 |
| | PRE-ECE | >2000 | 441 | 5.000 | 35 | 60 | 5 |
| | ECE 15/00/01 | >2000 | 228 | 7.000 | 35 | 60 | 5 |
| | ECE 1502 | >2000 | 252 | 9.000 | 35 | 60 | 5 |
| | ECE 1503 | >2000 | 169 | 11.000 | 30 | 55 | 15 |
| | ECE 1504 | >2000 | 1.112 | 13.500 | 20 | 55 | 25 |
| | 91/441/EEC - EURO I | >2000 | 737 | 18.000 | 20 | 50 | 30 |
| | 94/12/EEC - EURO II | >2000 | 2.246 | 19.500 | 15 | 50 | 35 |
| | EURO III | >2000 | 1.986 | 19.500 | 15 | 50 | 35 |
| | Totale Provincia | | 305.976 | | | | |
| Auto Diesel | Convenzionali | <2000 | 7.050 | 17.000 | 15 | 55 | 30 |
| | 91/441/EEC - EURO I | <2000 | 3.353 | 19.000 | 15 | 55 | 30 |
| | 94/12/EEC - EURO II | <2000 | 24.902 | 20.000 | 15 | 55 | 30 |
| | EURO III | <2000 | 30.064 | 20.000 | 15 | 55 | 30 |
| | Convenzionali | >2000 | 4.914 | 18.000 | 10 | 50 | 40 |
| | 91/441/EEC - EURO I | >2000 | 1.970 | 20.000 | 10 | 50 | 40 |
| | 94/12/EEC - EURO II | >2000 | 8.699 | 21.500 | 10 | 50 | 40 |
| | EURO III | >2000 | 8.020 | 21.500 | 10 | 50 | 40 |
| | Totale Provincia | | 88.972 | | | | |
| Auto GPL | Convenzionali | Non identificato | 5.562 | 18.100 | 30 | 40 | 30 |
| | 91/441/EEC - EURO I | Non identificato | 2.943 | 20.800 | 30 | 40 | 30 |
| | 94/12/EEC - EURO II | Non identificato | 1.343 | 21.900 | 30 | 40 | 30 |
| | EURO III | Non identificato | 300 | 21.900 | 30 | 40 | 30 |
| | Totale Provincia | | 10.148 | | | | |
| Autocarri a benzina | Convenzionali | <35q | 2.160 | 11.000 | 25 | 55 | 20 |
| | EURO I (93/59/EEC) | <35q | 820 | 14.000 | 25 | 55 | 20 |
| | EURO II (96/69/EEC) | <35q | 503 | 15.000 | 25 | 55 | 20 |
| | EURO III | <35q | 582 | 15.000 | 25 | 55 | 20 |
| | Convenzionali | >35q | 61 | 5.000 | 25 | 55 | 20 |
| | Totale Provincia | | 4.126 | | | | |

| Veicolo | Categoria | Cilindrata | Numero veicoli | Percorrenza media annua (Km) | % Urbano | % Extra urbano | % Auto stradale |
|------------------|-------------------------|---------------------------------|----------------|------------------------------|----------|----------------|-----------------|
| Autocarri diesel | Convenzionali | <35q | 15.660 | 16.000 | 25 | 55 | 20 |
| | EURO I (93/59/EEC) | <35q | 9.528 | 19.000 | 25 | 55 | 20 |
| | EURO II (96/69/EEC) | <35q | 9.051 | 22.000 | 25 | 55 | 20 |
| | EURO III | <35q | 9.558 | 22.000 | 25 | 55 | 20 |
| | Convenzionali | 35-75q | 1.434 | 31.000 | 15 | 50 | 35 |
| | 91/542/EEC Stage I | 35-75q | 210 | 31.000 | 15 | 50 | 35 |
| | 91/542/EEC Stage II | 35-75q | 416 | 31.000 | 15 | 50 | 35 |
| | EURO III | 35-75q | 127 | 31.000 | 15 | 50 | 35 |
| | Convenzionali | 75-160q | 1.645 | 33.000 | 15 | 45 | 40 |
| | 91/542/EEC Stage I | 75-160q | 304 | 33.000 | 15 | 45 | 40 |
| | 91/542/EEC Stage II | 75-160q | 560 | 33.000 | 15 | 45 | 40 |
| | EURO III | 75-160q | 189 | 33.000 | 15 | 45 | 40 |
| | Convenzionali | 160-320q | 1.783 | 56.500 | 10 | 35 | 55 |
| | 91/542/EEC Stage I | 160-320q | 442 | 56.500 | 10 | 35 | 55 |
| | 91/542/EEC Stage II | 160-320q | 1.082 | 56.500 | 10 | 35 | 55 |
| | EURO III | 160-320q | 410 | 56.500 | 10 | 35 | 55 |
| | Convenzionali | >320q | 390 | 58.000 | 10 | 30 | 60 |
| | 91/542/EEC Stage I | >320q | 245 | 58.000 | 10 | 30 | 60 |
| | 91/542/EEC Stage II | >320q | 778 | 58.000 | 10 | 30 | 60 |
| | EURO III | >320q | 325 | 58.000 | 10 | 30 | 60 |
| | Totale Provincia | | 54.137 | | | | |
| Autobus urbani | Convenzionali | Non identificato | 434 | 43.500 | 90 | 10 | 0 |
| | 91/542/EEC Stage I | Non identificato | 117 | 43.500 | 90 | 10 | 0 |
| | 91/542/EEC Stage II | Non identificato | 257 | 43.500 | 90 | 10 | 0 |
| | EURO III | Non identificato | 17 | 43.500 | 90 | 10 | 0 |
| | Totale Provincia | | 825 | | | | |
| Corriere | Convenzionali | Non identificato | 164 | 45.000 | 15 | 30 | 55 |
| | 91/542/EEC Stage I | Non identificato | 32 | 45.000 | 15 | 30 | 55 |
| | 91/542/EEC Stage II | Non identificato | 60 | 45.000 | 15 | 30 | 55 |
| | EURO III | Non identificato | 13 | 45.000 | 15 | 30 | 55 |
| | Totale Provincia | | 269 | | | | |
| Motocicli | Convenzionali | <50 cm ³ | 8.836 | 4.500 | 70 | 30 | 0 |
| | 97/24/CEEC | <50 cm ³ | 2.919 | 4.500 | 70 | 30 | 0 |
| | Convenzionali | 4 tempi < 250 cm ³ | 5.197 | 5.800 | 60 | 35 | 5 |
| | 97/24/CEEC | 4 tempi < 250 cm ³ | 4.277 | 6.200 | 60 | 35 | 5 |
| | Convenzionali | 4 tempi 250-750 cm ³ | 10.686 | 6.100 | 60 | 35 | 5 |
| | 97/24/CEEC | 4 tempi 250-750 cm ³ | 4.815 | 6.400 | 60 | 35 | 5 |
| | Convenzionali | 4 tempi > 750 cm ³ | 3.854 | 6.500 | 60 | 35 | 5 |
| | 97/24/CEEC | 4 tempi > 750 cm ³ | 3.193 | 6.500 | 60 | 35 | 5 |
| | Totale Provincia | | 43.777 | | | | |

Tab. n° 24 - Composizione del parco provinciale al 31/12/2003, percorrenza media annua e percentuale di percorrenza per ciclo di guida

La Fig. n° 32 riporta la distribuzione percentuale del parco auto per tipo di alimentazione e categoria di immatricolazione, suddividendo il parco in autoveicoli, veicoli commerciali leggeri e pesanti. Si osserva la prevalenza di auto a benzina, mentre quasi la totalità dei veicoli commerciali è alimentato a diesel.

Tra le automobili, rappresentano una quota importante quelle di più recente immatricolazione (EURO III), in particolare per quanto riguarda i diesel. Tra i commerciali pesanti, invece, sono ancora circolanti molti veicoli pre EURO ($\approx 50\%$).

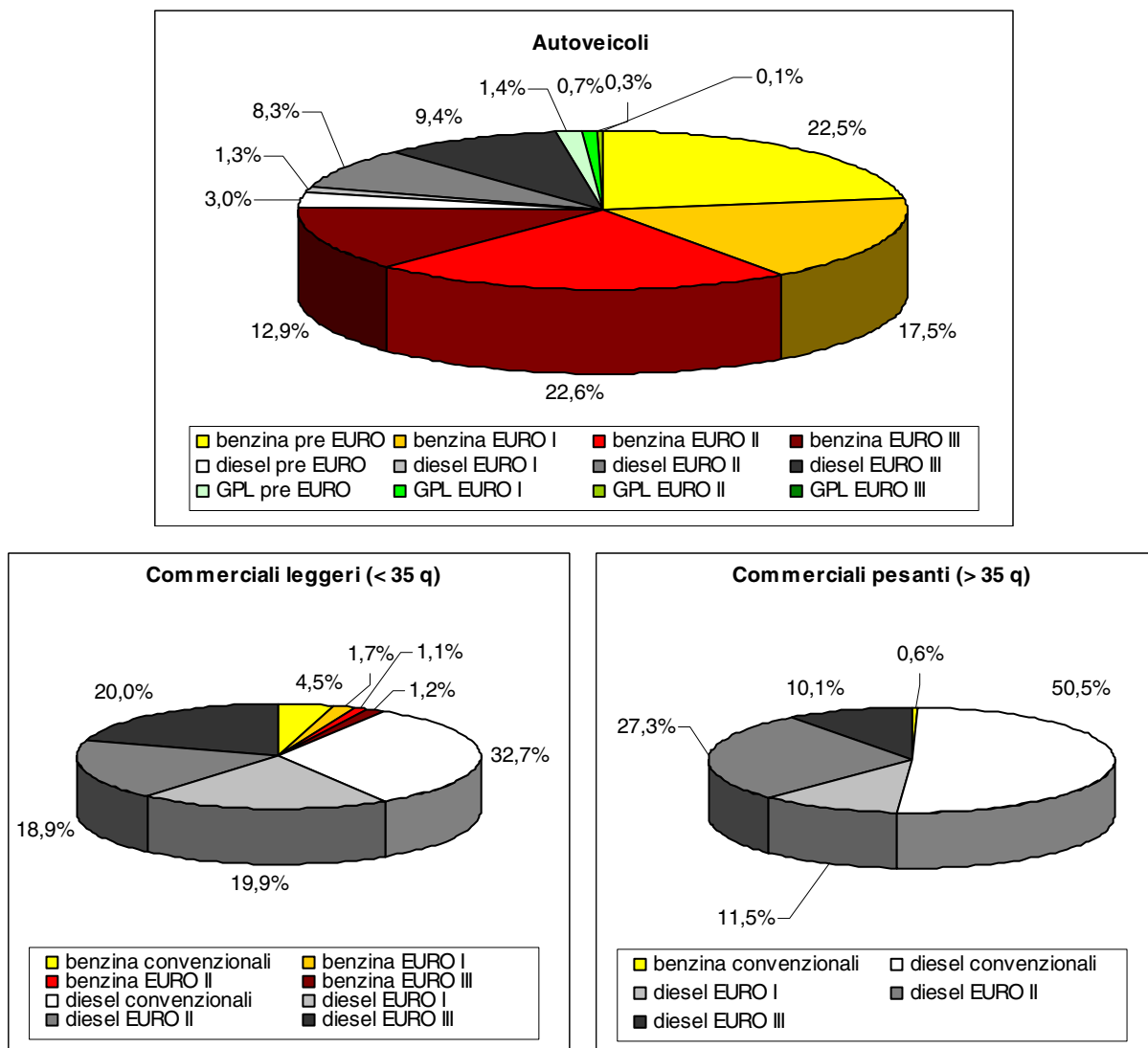


Fig. n° 32 – Distribuzione percentuale del parco provinciale al 31/12/2003, per tipologia di veicolo, tipo di alimentazione e categoria di immatricolazione

Stima delle emissioni provinciali utilizzando i consumi di combustibili

A partire dal consumo di carburante provinciale, noti:

- i fattori di emissione per tipologia di veicolo, carburante, categoria e cilindrata, espressi in g/kg di combustibile utilizzato,
- la composizione numerica del parco auto provinciale,
- le percentuali di percorrenza per ciclo di guida,

è possibile ricavare il quantitativo annuo di inquinante emesso dai veicoli appartenenti al parco auto provinciale, utilizzando la formula seguente.

$$t / anno_{inquinante} = \sum_{K=1}^N \sum_{j=1}^{Mk} consumo_K \cdot \%_{veic}_{jk} \cdot (FE_{jkU} \cdot \%_{perc}_{jkU} + FE_{jkE} \cdot \%_{perc}_{jkE})$$

dove *consumo* è il consumo del *k-esimo* combustibile, *%_veic* è la percentuale di veicoli del parco auto appartenenti alla categoria *j* alimentati con il combustibile *k*, *FE* è il fattore di emissione per il veicolo di categoria *j* alimentato dal combustibile *k* per un determinato ciclo di guida (urbano, extraurbano), *%_perc* è la corrispondente percentuale di percorrenza per ciclo di guida.

Tale stima non prende in considerazione le emissioni prodotte dal traffico autostradale.

I consumi di carburante a livello provinciale (Tab. n° 25) sono stati desunti dall'aggiornamento al 2002 del P.A.E.S.S. (Piano di Azione per l'Energia e lo Sviluppo Sostenibile della Provincia di Modena).

| Combustibile | Consumo (KTEP) |
|---------------------|---------------------|
| gasolio | 258,1 |
| gas naturale/metano | 10,7 |
| GPL | 10,8 ^(*) |
| Benzina | 235,9 |
| (*) Dato del 2000 | |

Tab. n° 25 - Consumi annui di carburante per autotrazione – Anno 2002

I fattori di emissione utilizzati, in g di inquinante emesso per Kg di combustibile utilizzato, sono riportati nell'Allegato 2.

Stima delle emissioni provinciali utilizzando le percorrenze medie annuali e i veicoli immatricolati

A partire dalla percorrenza media annua, noti:

- i fattori di emissione per tipologia di veicolo, carburante, categoria e cilindrata, espressi in g/Km*veicolo,
- la composizione numerica del parco auto provinciale,
- le percentuali di percorrenza per ciclo di guida,

è possibile stimare il quantitativo annuo di inquinante emesso dai veicoli appartenenti al parco auto, attraverso la seguente formula:

$$t / anno_{inquinante} = \sum_{i=1}^N num_veic_i \cdot perc_ann_i \cdot (FE_{iU} \cdot \%_{perc}_{iU} + FE_{iE} \cdot \%_{perc}_{iE})$$

dove *num_veic* rappresenta il numero di veicoli di una certa categoria COPERT *i*, *perc_ann* la corrispettiva percorrenza annua, *FE* il fattore di emissione per veicolo e ciclo di guida, *%_perc* la percentuale di percorrenza del ciclo di guida stesso.

Le percorrenze medie annuali sono riportate in Tab. n° 24, mentre i fattori di emissione sono riportati nell'Allegato 2.

Tale stima non prende in considerazione le emissioni prodotte dal traffico autostradale.

Utilizzando i dati risultanti da questa stima, sono state eseguite alcune elaborazioni, finalizzate ad evidenziare il contributo alla emissione provinciale sia delle diverse tipologie veicolari (autoveicoli, commerciali leggeri e pesanti) che, a parità di tipologia, delle differenti categorie di immatricolazione e dell'alimentazione.

La Fig. n° 33 rappresenta il contributo percentuale delle tre principali categorie veicolari alle emissioni provinciali; si osserva come il traffico autoveicolare incida sulle emissioni di CO e di NMVOC, in virtù anche dell'elevato numero di veicoli, mentre il traffico commerciale, sia pesante che leggero, risulta determinante per le emissioni di NO_x e PM₁₀, nonostante il numero limitato di veicoli circolanti rispetto al totale.

Le diverse categorie veicolari sono caratterizzate da un diverso contributo emissivo in base all'anzianità dei mezzi (pre-EURO, EURO I, ecc.), come mostrato in Fig. n° 34.

La riduzione delle emissioni dei veicoli dovute al miglioramento tecnologico, si evidenzia in particolare confrontando le percentuali relative al n° di veicoli nelle diverse classi e il corrispondente contributo emissivo: si nota che per i mezzi più recenti le due percentuali sono simili o quella emissiva risulta inferiore, mentre per i mezzi con maggiore anzianità l'incidenza numerica sul parco veicolare risulta inferiore rispetto al corrispondente contributo emissivo.

Nell'analisi dei dati, va comunque tenuto presente i quantitativi di inquinanti emessi, oltre a dipendere dal fattore di emissione e dal numero di veicoli, sono funzione della percorrenza annua dei veicoli stessi; può quindi capitare, che un miglioramento tecnologico sul fattore di emissione risulti meno evidente in quanto la categoria veicolare in esame viene utilizzata per percorrenze superiori rispetto a quelle di precedente fabbricazione.

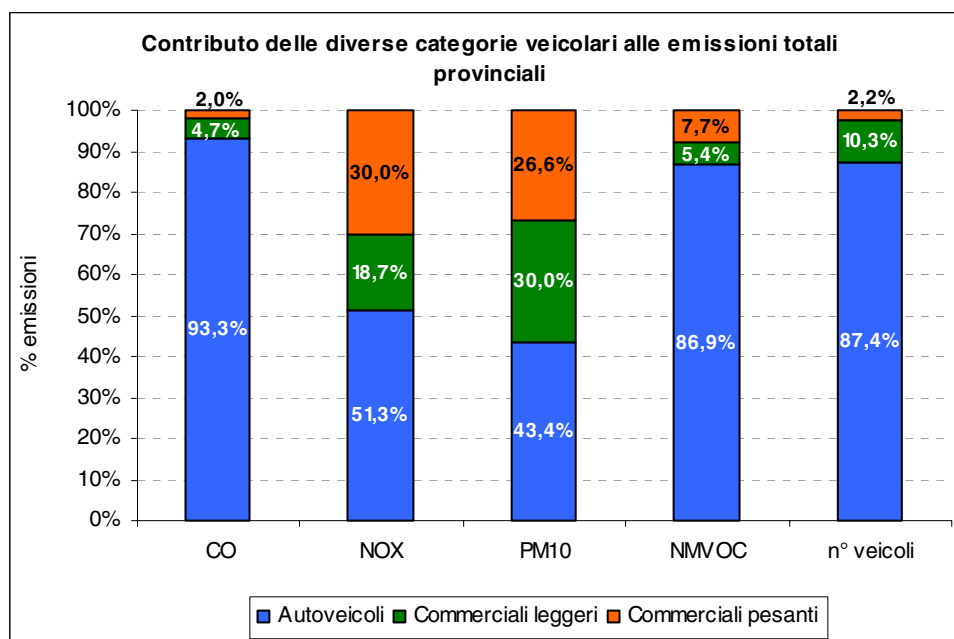


Fig. n° 33 – Contributo percentuale delle tre principali categorie veicolari al totale provinciale

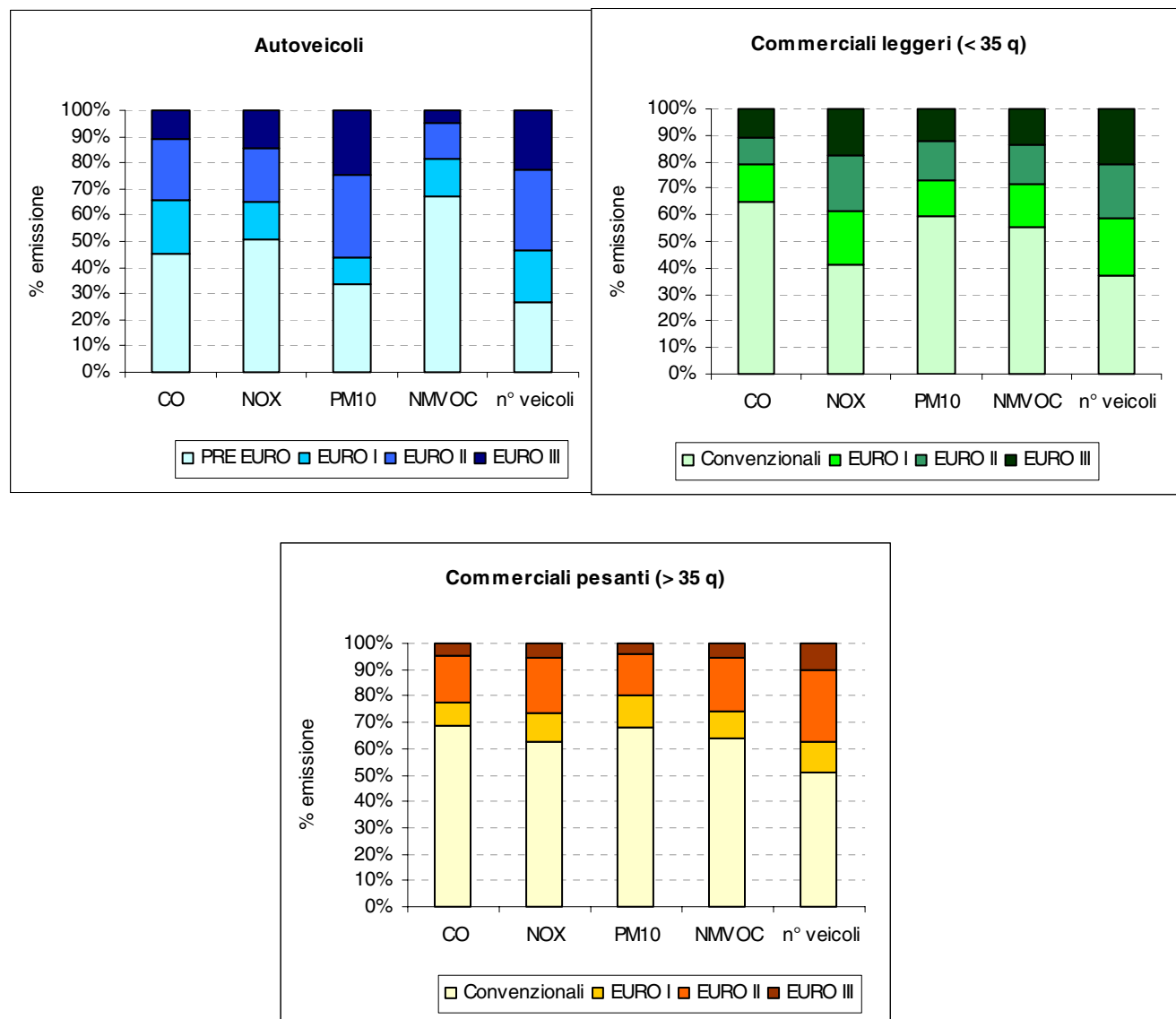


Fig. n° 34 – Contributo percentuale all'emissione provinciale delle differenti categorie di immatricolazione

Le emissioni dipendono inoltre dal carburante utilizzato. Si riporta, a titolo di esempio (Fig. n° 35), il dettaglio relativo alla percentuale di emissione rispetto al totale emesso dagli autoveicoli, per categoria di immatricolazione e tipologia di combustibile utilizzato, per due degli inquinanti tipici da traffico: PM₁₀ e CO.

Per entrambi gli inquinanti si osserva come sia ancora elevato il contributo emissivo degli autoveicoli PRE EURO; si nota inoltre il contributo prevalente dei diesel sulle emissioni di PM₁₀ e viceversa delle autovetture a benzina sulle emissioni di CO.

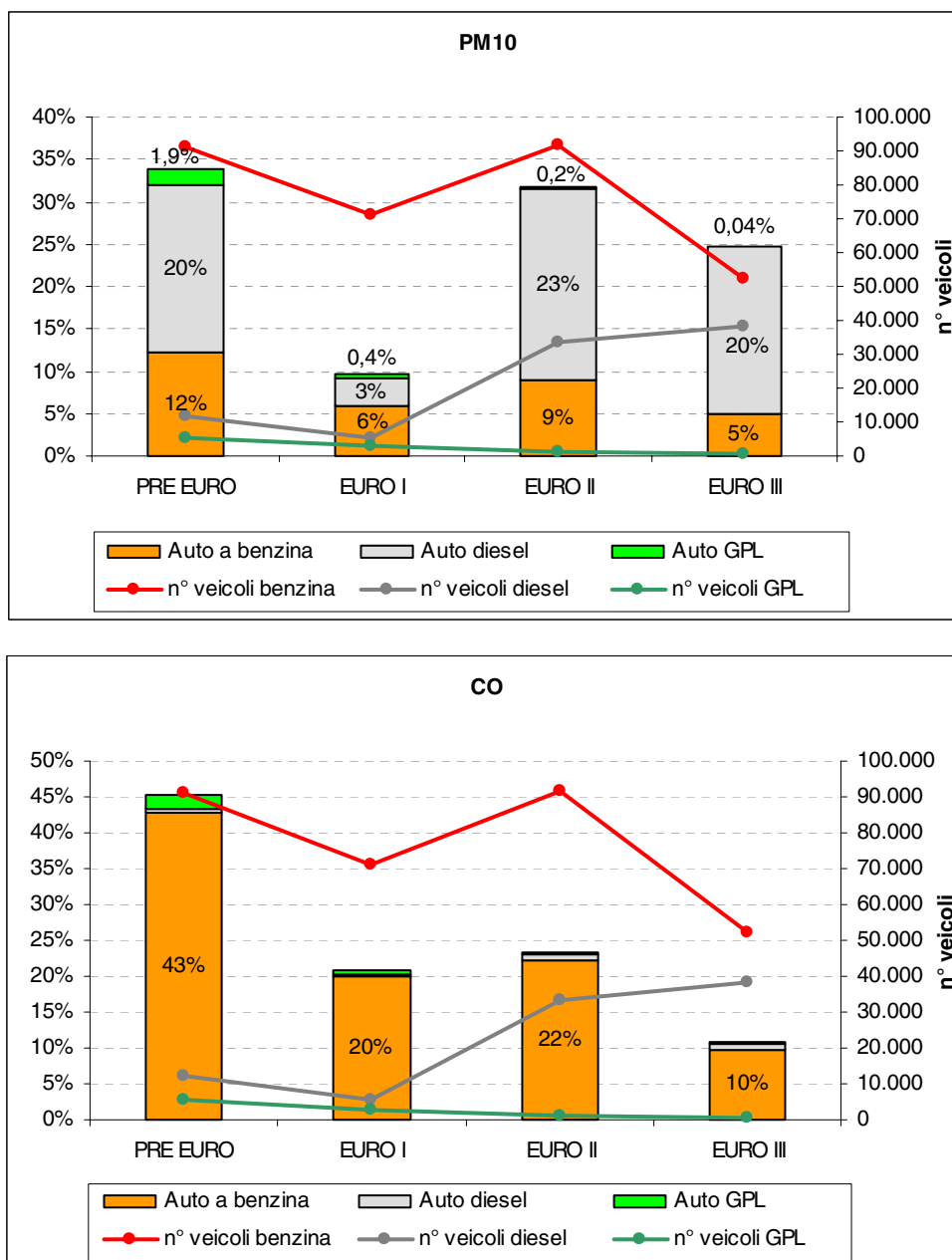


Fig. n° 35 – Percentuale di emissione rispetto al totale emissivo dovuto agli autoveicoli, per categoria di immatricolazione e tipologia di combustibile utilizzato

Stima delle emissioni provinciali utilizzando i flussi di traffico sulla rete stradale

Utilizzando i flussi di traffico sui principali archi stradali della Provincia, forniti dal Settore Traffico della Provincia di Modena, e i fattori di emissione riportati nell'Allegato 2 espressi in g per Km percorso dal singolo veicolo, è stato stimato il contributo totale provinciale delle emissioni veicolari.

I flussi elaborati dalla Provincia rappresentano uno scenario relativo alle condizioni attuali, sia per i volumi di traffico che per la rete infrastrutturale.

Per questo scenario, sono state utilizzate:

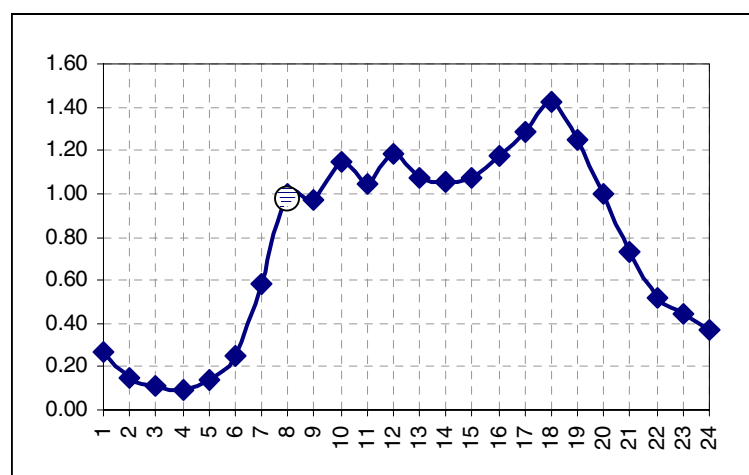
- 1) la matrice Origine/Destinazione delle autovetture, costruita sulla base del Censimento ISTAT 1991 della mobilità delle persone e aggiornata al 2002 con i dati forniti dalle analisi condotte da Polinomia;

- 2) la matrice Origine/Destinazione dei mezzi pesanti, costruita sulla base delle analisi dei progetti europei DEMETRA ed HERMES, aggiornata dalle analisi del Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale della Provincia di Modena. Le matrici dei mezzi pesanti sono relative a tutti i mezzi originati e destinati dal/al comprensorio ceramico; al di fuori di questo ambito territoriale, i volumi di mezzi pesanti sono da considerarsi parziali.

I flussi di traffico, per arco stradale, sono relativi al numero di veicoli suddivisi in autovetture, veicoli rigidi e veicoli articolati rilevati nell'ora di punta dalle 7.30 alle 8.30 del mattino.

La stima del quantitativo annuo di inquinante emesso, è stata quindi effettuata sul singolo arco:

- considerando come autovetture (leggeri) tutti gli autoveicoli del parco auto, inclusi i commerciali leggeri (< 35 q);
- sommando il numero di veicoli rigidi e articolati e associandoli ai commerciali pesanti del parco;
- ricavando, per le due macrocategorie leggeri e pesanti, una distribuzione percentuale secondo le categorie COPERT basata sul numero di veicoli del parco auto provinciale;
- associando un ciclo di guida ad ogni arco, in base alla sua tipologia (autostradale per le autostrade ed extraurbano per le tangenziali; per tutte le altre tipologie, urbano, se la velocità di percorrenza era minore o uguale di 50 Km/h, extraurbano in caso contrario);
- stimando un andamento giornaliero del traffico al fine di riportare il dato calcolato nell'ora di punta alle 24 ore.



L'andamento medio giornaliero dei flussi di traffico è stato stimato mediando i dati dei passaggi veicolari raccolti in situazioni e periodi differenti (Modena Via Menotti – Ottobre; Vignola Circonvallazione – Aprile; Vignola Ponte Panaro – Marzo). Questo andamento, normalizzato sul dato delle ore 8.00, è mostrato in Fig. n° 36.

Si osserva il picco massimo alle 18.00 e il minimo alle 04.00. Il numero di veicoli circolanti alle 8.00 (7.30 – 8.30) risulta pari al 5.5% del totale giornaliero.

Fig. n° 36 - Andamento medio giornaliero dei flussi di traffico

Le emissioni in t/orarie per arco stimate nell'ora di punta risultano:

$$t / orarie * arco_{inquinante} = \sum_{j=1}^2 \sum_{i=1}^{N_j} num_veic_j \cdot \%_veic_{ij} \cdot lun_arco \cdot FE_i$$

dove num_veic è il numero di veicoli (leggeri o pesanti), $\%_veic$ è la percentuale di veicoli secondo le categorie COPERT i relative alle macro categorie j leggeri e pesanti, lun_arco è la lunghezza dell'arco in esame, FE è il fattore di emissione, legato alla categoria del veicolo e al ciclo di guida che è stato associato all'arco.

Per risalire al quantitativo annuale da traffico lineare è sufficiente sommare i quantitativi annui su tutti gli archi, ottenibili dividendo il totale corrispondente all'ora di punta (ore 8.00) per il coefficiente di 5,5% (ricavato in base alla distribuzione rappresentata in Fig. n° 36) e successivamente moltiplicare tale valore medio giornaliero per i 365 giorni dell'anno.

Per quanto riguarda gli archi autostradali (Autostrada A1 e Autostrada A22) sono stati utilizzati i flussi medi giornalieri forniti rispettivamente da Società Autostrade per l'Italia S.p.A. e da Autostrada del Brennero S.p.A. relativi all'anno 2003.

La Fig. n° 37 riporta graficamente i flussi orari medi giornalieri (volume giornaliero di traffico diviso le 24 ore) suddivisi in veicoli leggeri e pesanti. Si osserva come il dato relativo al traffico pesante risulti definito solo per i Comuni del Distretto Ceramico e per i due tratti autostradali.

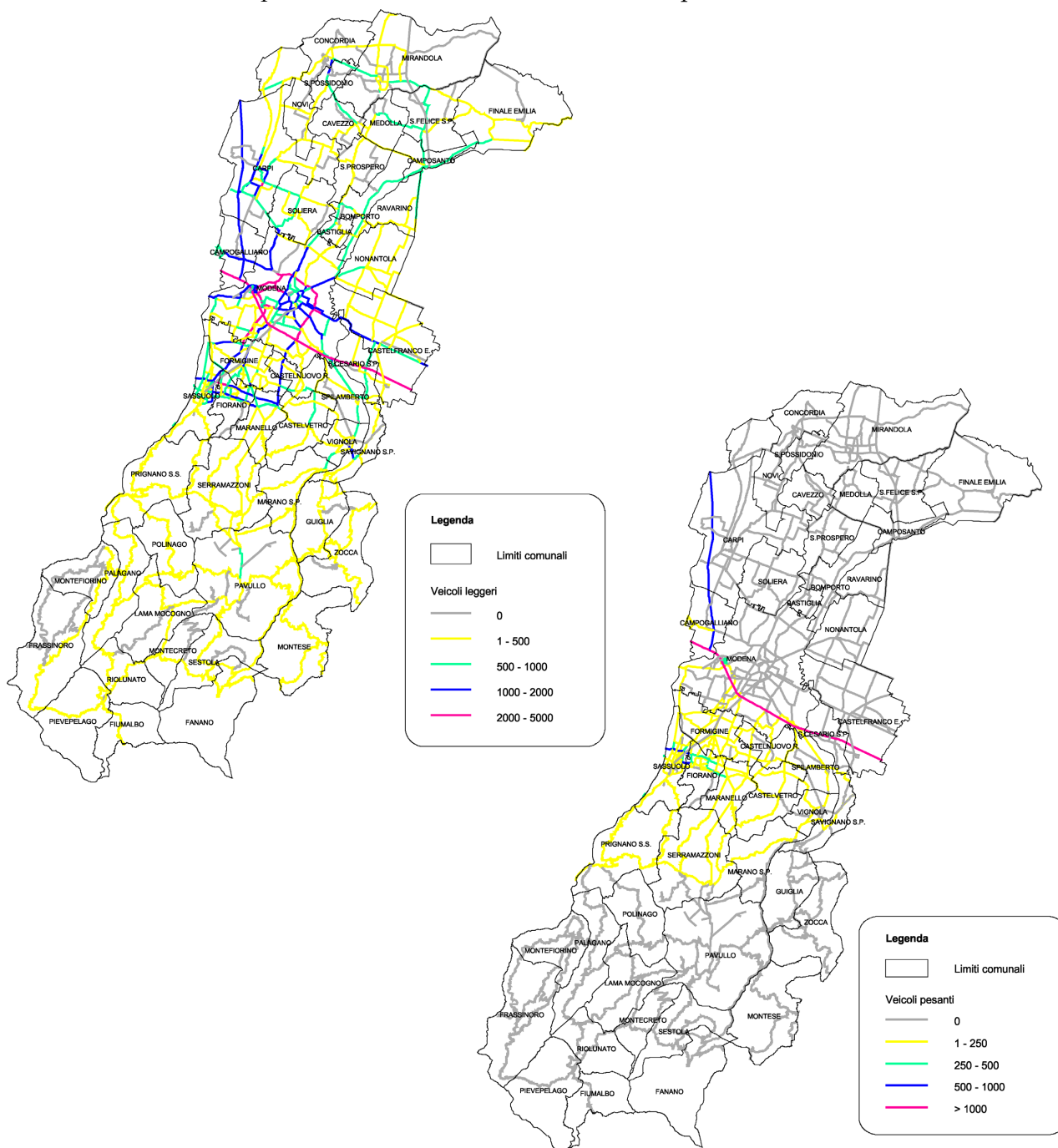


Fig. n° 37 – Veicoli leggeri e pesanti orari medi giornalieri (flusso giornaliero medio diviso le 24 ore)

Confronto tra le tre stime e scelta della metodologia per stimare le emissioni da traffico

Confrontando i totali provinciali ricavati con i tre metodi (escluso il contributo autostradale), si ottengono i risultati riportati in Tab. n° 26.

| | Stima 1 Consumi di combustibile e parco ACI (FE g/kg) | Stima 2 Percorrenze medie e parco ACI (FE g/km*Veicolo) | Stima 3 Lineare (FE g/km*Veicolo) | ΔLS1 | ΔLS2 |
|------------------------|--|--|--|-------------|-------------|
| CO | 36.350 | 27.180 | 34.041 | -6,4% | 25,2% |
| NO_x | 4.767 | 4.912 | 5.847 | 22,7% | 19,0% |
| PM₁₀ | 506 | 449 | 460 | -9,1% | 2,4% |
| NMVOC | 6.202 | 3.993 | 4.897 | -21,0% | 22,6% |

Tab. n° 26 - Confronto tra totale provinciale stimato con i consumi di combustibili, con le percorrenze medie annuali e con i flussi di traffico e variazione percentuale del lineare rispetto alle due stime.

Si osserva che i tre metodi forniscono risultati abbastanza confrontabili.

Si è scelto di utilizzare i risultati delle ultime due stime, le quali applicano gli stessi fattori di emissione, entrambe depurate del contributo autostradale, al fine di valutare, a livello comunale, il quantitativo da considerare come lineare e quello da considerare diffuso. In generale, infatti, al quantitativo stimato come lineare viene aggiunta una quota, chiamata diffusa, che prende in considerazione gli spostamenti effettuati sulle strade di minor importanza, strade di cui il grafo provinciale non può tenere conto.

Per ogni Comune sono state quindi calcolate le t/anno emesse dal grafo stradale, ottenute attribuendo a quel Comune gli archi stradali che interessano il suo territorio, e le t/anno emesse dal parco ACI, ottenute utilizzando come variabile surrogato la popolazione residente nel Comune.

I due quantitativi sono stati confrontati al fine di valutare se il grafo stradale risultava sufficientemente dettagliato a rappresentare la realtà di ogni Comune. Si è cioè proceduto nel seguente modo:

- per i Comuni con un dettagliato grafo stradale, il quantitativo stimato come lineare risultava superiore al totale ottenuto con il parco circolante, per cui tutte le emissioni da traffico sono state considerate lineari;
- per i Comuni dove questo non accadeva, è stata considerata una quota di emissione da traffico "diffusa" calcolata come differenza tra il totale comunale ottenuto con il parco ACI e il lineare.

Nei comuni interessati dall'autostrada, al quantitativo risultante, è stata infine sommata la quota determinata da questa arteria.

In base a questo procedimento, il quantitativo annuo (t/anno) provinciale di emissioni da traffico stradale, dato dalla somma delle emissioni associate a tutti i 47 Comuni, risulta dato dai valori riportati in Tab. n° 27.

| t/anno emissioni da traffico in Provincia di Modena | | | | |
|--|---------------|-----------------------|------------------------|--------------|
| | CO | NO_x | PM₁₀ | NMVOC |
| Lineare senza autostrada | 34.041 | 5.847 | 460 | 4.897 |
| Quota diffusa senza autostrada | 4.644 | 855 | 105 | 714 |
| Autostrada | 4.349 | 2.344 | 170 | 1.149 |
| Totale | 43.034 | 9.046 | 735 | 6.760 |

Tab. n° 27 - t/anno di emissioni da traffico

Nella tabella seguente viene invece mostrato il quantitativo totale annuo per i singoli Comuni.

| t/anno emissioni da traffico nei singoli Comuni | | | | |
|--|-----------|-----------------------|------------------------|--------------|
| Comune | CO | NO_x | PM₁₀ | NMVOC |
| Bastiglia | 143,3 | 25,9 | 2,4 | 21,0 |
| Bomporto | 341,5 | 95,8 | 6,5 | 49,3 |
| Campogalliano | 1.096,2 | 488,0 | 35,9 | 250,7 |
| Camposanto | 187,2 | 54,4 | 3,7 | 27,1 |
| Carpi | 3.347,0 | 866,4 | 72,2 | 574,7 |
| Castelfranco Emilia | 1.793,5 | 498,7 | 39,8 | 317,8 |
| Castelnuovo Rangone | 522,5 | 94,4 | 8,6 | 76,8 |
| Castelvetro di Modena | 418,0 | 85,6 | 6,9 | 61,4 |
| Cavezzo | 289,3 | 52,3 | 4,8 | 42,5 |
| Concordia sulla Secchia | 358,4 | 64,8 | 5,9 | 52,7 |
| Fanano | 122,2 | 22,1 | 2,0 | 17,9 |
| Finale Emilia | 633,5 | 114,5 | 10,5 | 93,1 |
| Fiorano Modenese | 1.724,2 | 546,8 | 45,9 | 292,5 |
| Fiumalbo | 55,9 | 10,1 | 0,9 | 8,2 |
| Formigine | 2.342,4 | 439,6 | 36,3 | 350,2 |
| Frassinoro | 89,8 | 16,2 | 1,5 | 13,2 |
| Guiglia | 166,4 | 30,1 | 2,7 | 24,4 |
| Lama Mocogno | 125,8 | 22,7 | 2,1 | 18,5 |
| Maranello | 671,9 | 256,9 | 21,3 | 114,5 |
| Marano sul Panaro | 158,3 | 34,7 | 2,6 | 23,2 |
| Medolla | 242,0 | 43,7 | 4,0 | 35,5 |
| Mirandola | 941,4 | 170,1 | 15,5 | 138,3 |
| Modena | 17.343,0 | 2.840,5 | 217,9 | 2.608,9 |
| Montecreto | 38,9 | 7,0 | 0,6 | 5,7 |
| Montefiorino | 97,7 | 17,7 | 1,6 | 14,3 |
| Montese | 217,4 | 24,3 | 2,2 | 29,2 |
| Nonantola | 551,3 | 99,6 | 9,1 | 81,0 |
| Novi di Modena | 445,9 | 80,6 | 7,4 | 65,5 |
| Palagano | 102,1 | 18,4 | 1,7 | 15,0 |
| Pavullo nel Frignano | 653,9 | 118,2 | 10,8 | 96,0 |
| Pievepelago | 90,4 | 16,3 | 1,5 | 13,3 |
| Polinago | 77,1 | 13,9 | 1,3 | 11,3 |
| Prignano sulla Secchia | 453,2 | 51,1 | 4,2 | 63,0 |
| Ravarino | 238,6 | 44,6 | 3,9 | 35,0 |
| Riolunato | 31,2 | 5,6 | 0,5 | 4,6 |
| San Cesario sul Panaro | 866,1 | 377,6 | 27,7 | 200,7 |
| San Felice sul Panaro | 427,2 | 77,2 | 7,1 | 62,8 |
| San Possidonio | 154,6 | 36,8 | 2,6 | 22,7 |
| San Prospero | 203,5 | 36,8 | 3,4 | 29,9 |
| Sassuolo | 2.040,3 | 502,7 | 42,6 | 323,3 |
| Savignano sul Panaro | 355,3 | 64,2 | 5,9 | 52,2 |
| Serramazzoni | 308,2 | 112,7 | 9,2 | 48,9 |
| Sestola | 111,0 | 20,1 | 1,8 | 16,4 |
| Soliera | 692,0 | 103,8 | 9,5 | 95,4 |
| Spilamberto | 620,7 | 140,9 | 11,7 | 95,3 |
| Vignola | 921,1 | 166,5 | 15,2 | 135,3 |
| Zocca | 223,0 | 35,4 | 3,2 | 30,3 |

Tab. n° 28 - Riepilogo delle emissioni da traffico nei singoli Comuni

Quadro Conoscitivo

Le figure seguenti mostrano le t/anno*km di CO e PM₁₀, relative agli archi del grafo stradale fornito dalla Provincia e le emissioni totali disaggregate a livello comunale in t/anno e t/kmq*anno per PM₁₀ e NO_x.

Dalle mappe relative al contributo lineare si può osservare come il PM₁₀, legato principalmente ai veicoli diesel (alimentazione prevalente dei mezzi pesanti) risulti più preponderante nel Distretto Ceramico rispetto all'area della città di Modena, viceversa per il CO, la cui sorgente principale sono i motori a benzina.

Le mappe delle emissioni totali di NO_x e PM₁₀ evidenziano le maggiori criticità nell'area centrale della Provincia, comprendente il Comune di Modena e i più grossi Comuni limitrofi, e nell'area del Distretto Ceramico. Campogalliano si trova sempre in classi ad alta criticità a causa della presenza sul suo territorio di due autostrade. Queste arterie influenzano anche il dato degli altri Comuni attraversati.

In Fig. n° 41, infine, vengono rappresentate le carte che sintetizzano la pressione esercitata dal traffico sul territorio provinciale; anche in questo caso vengono riportate le mappe relative ai due indicatori utilizzati. Queste sono state costruite tenendo conto dei risultati dell'analisi precedente effettuata per tutti gli inquinanti del settore.

L'analisi complessiva conferma quanto già evidenziato per i due inquinanti presi ad esempio.

In entrambe le carte, Modena risulta in classe V, mentre Campogalliano, Sassuolo e Formigine rimangono in classe IV, a testimonianza del loro contributo sostanziale in termini di emissioni provinciali e di una pressione elevata sull'intero territorio comunale.

A questi si aggiunge Fiorano, che analogamente risulta nelle classi più elevate per entrambi gli indicatori, passando dalla classe IV alla classe V nella carta delle emissioni normalizzate.

Vi sono poi Comuni che si evidenziano maggiormente per il loro contributo alle emissioni provinciali, come Carpi e Castelfranco, ma che risultano meno critici in termini di pressione sul loro territorio; altri, viceversa, non hanno emissioni molto elevate, ma sono caratterizzati da un maggior impatto in relazione alla loro superficie territoriale (come ad esempio Vignola, e San Cesario).

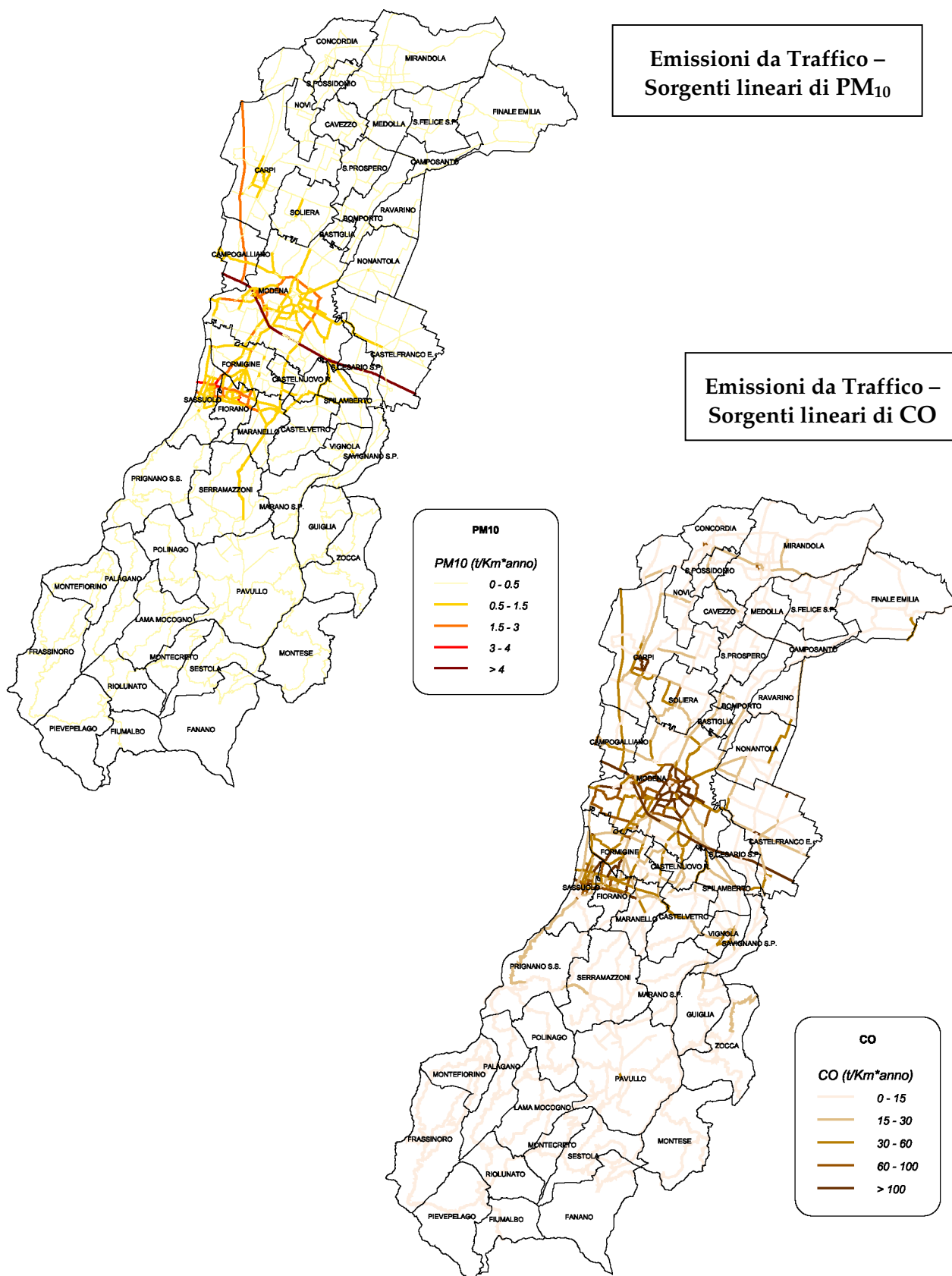


Fig. n° 38 - Emissioni da traffico - Sorgenti lineari

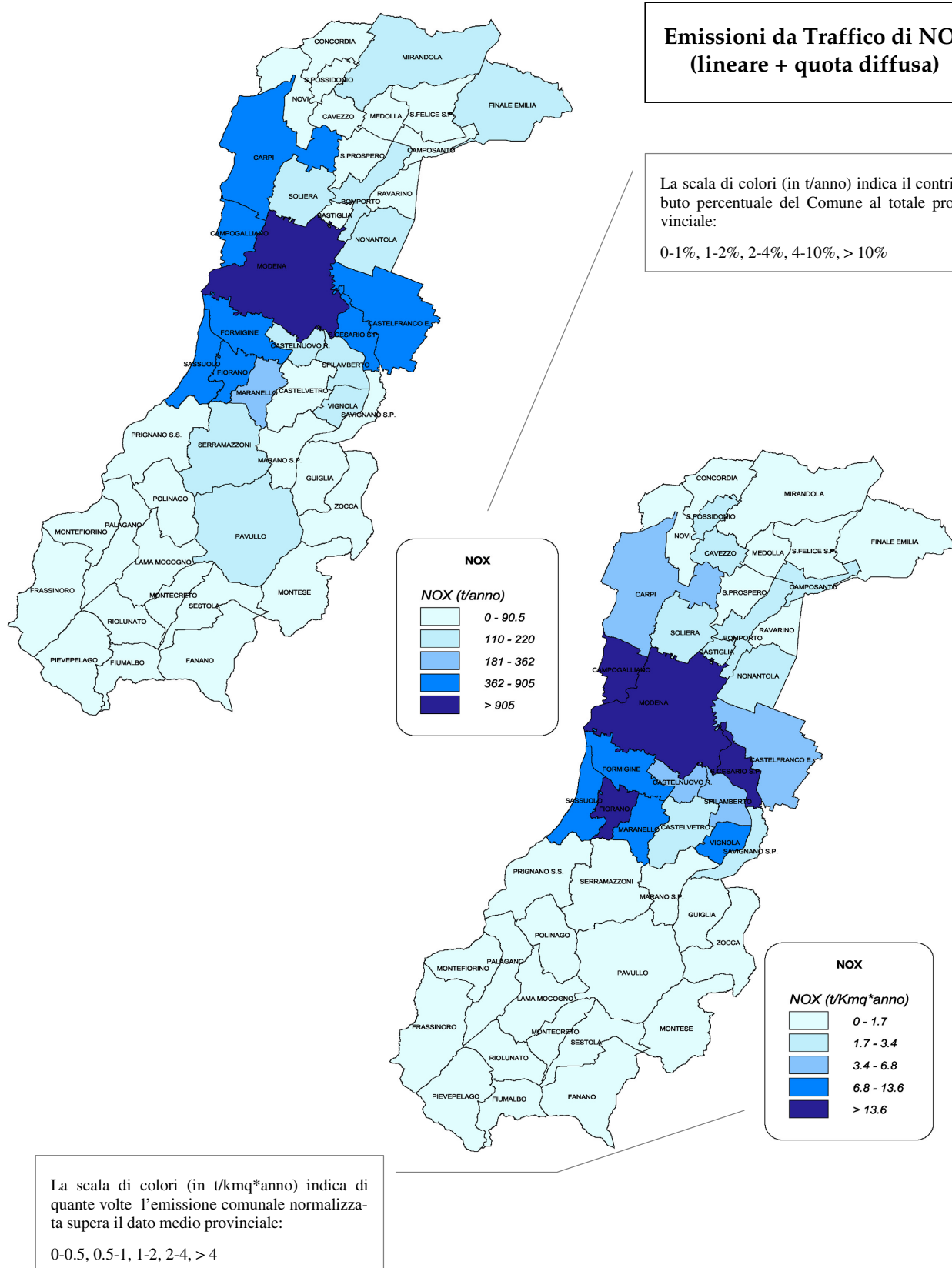


Fig. n° 39 – Emissioni di NOX in t/anno e in t/anno*Kmq

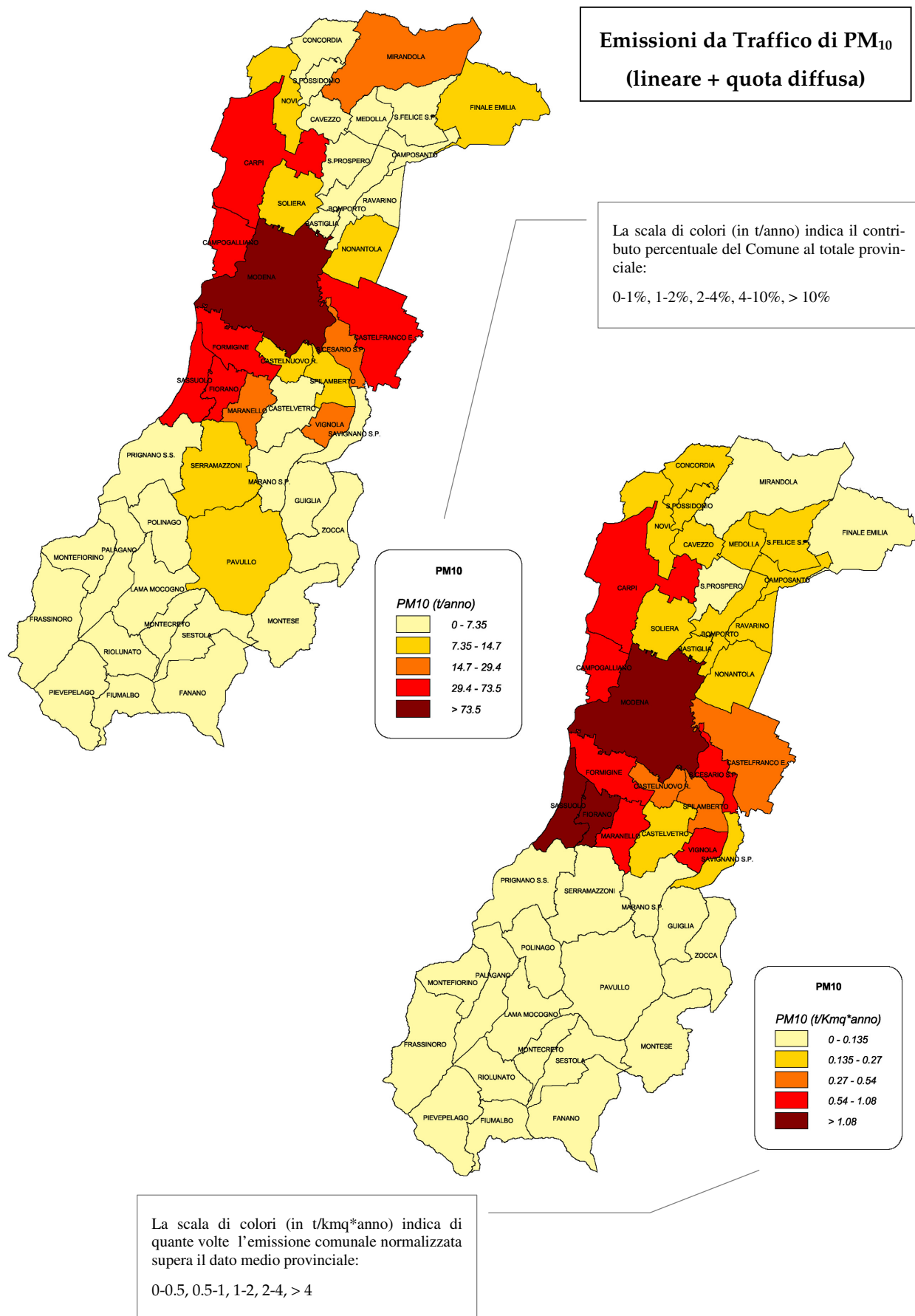


Fig. n° 40 - Emissioni di PM10 in t/anno e in t/anno*Kmq

Trasporti stradali

Classi di criticità relative al contributo emissivo di ogni Comune al totale provinciale, costruite a partire dalle emissioni in t/anno

Trasporti stradali

*Classi di criticità relative alla pressione territoriale esercitata dal Traffico, costruite a partire dalle emissioni comunali in t/kmq*anno*

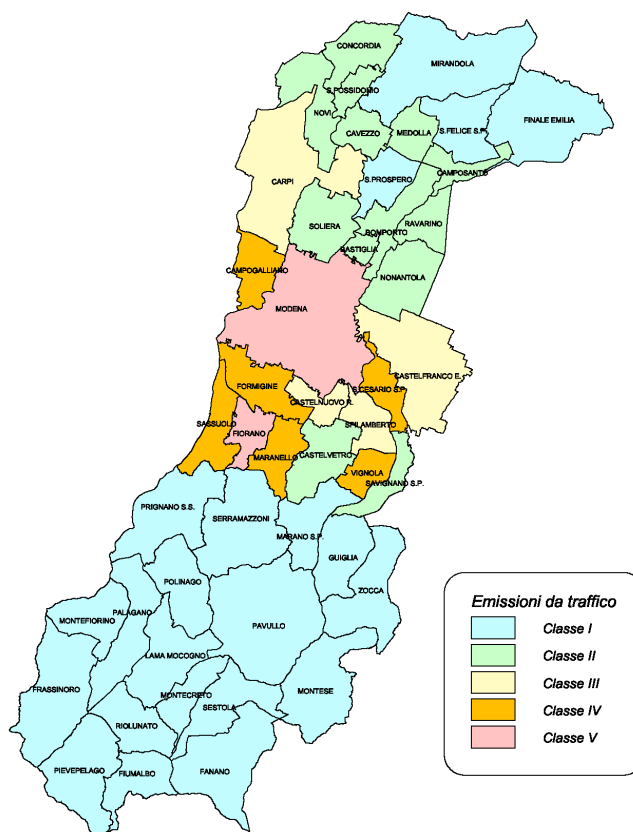
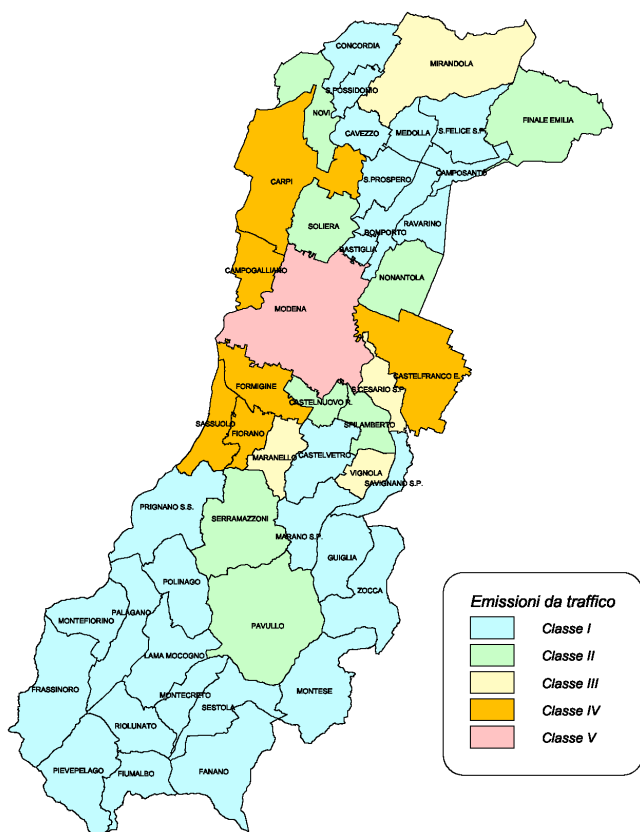


Fig. n° 41 - Classi di criticità

Riepilogo delle emissioni

Nella Tab. n° 29 vengono riassunte le emissioni annue provinciali espresse in t/anno e suddivise per fonte di emissione, mentre la Fig. n° 42 riporta il contributo percentuale delle diverse fonti sul totale provinciale.

| | CO | NH ₃ | NO _x | PM ₁₀ | NMVOC | SO _x |
|---|---------------|-----------------|-----------------|------------------|--------------|-----------------|
| Allevamenti (Macrosettore 10) | | 6.471 | | 54 | 14 | |
| Riscaldamento civile (Macrosettore 2) | 451 | | 957 | 2 | 86 | 68 |
| Industria (Macrosettore 3, 4, 6, 9) | 1.752 | 147 | 2.585 | 555 | 1.676 | 1.502 |
| Traffico (Macrosettore 7) | 43.034 | | 9.046 | 735 | 6.760 | |
| Distribuzione gas metano (Macrosettore 5) | | | | | 551 | |
| Totali | 45.237 | 6.618 | 12.588 | 1.346 | 9.087 | 1.570 |

Tab. n° 29 - t/anno provinciali.

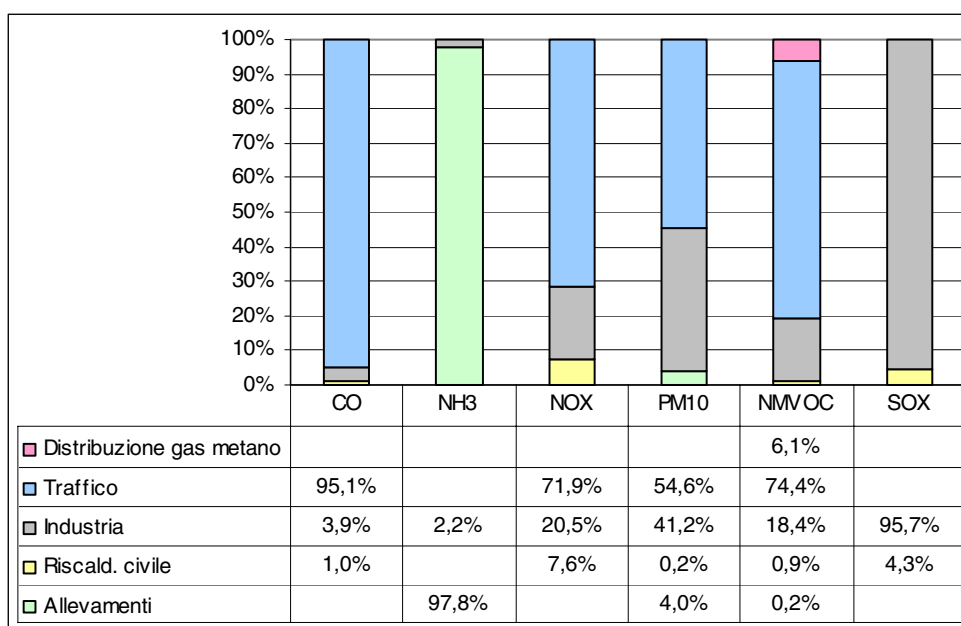


Fig. n° 42 - Contributo percentuale delle diverse fonti sul totale delle emissioni

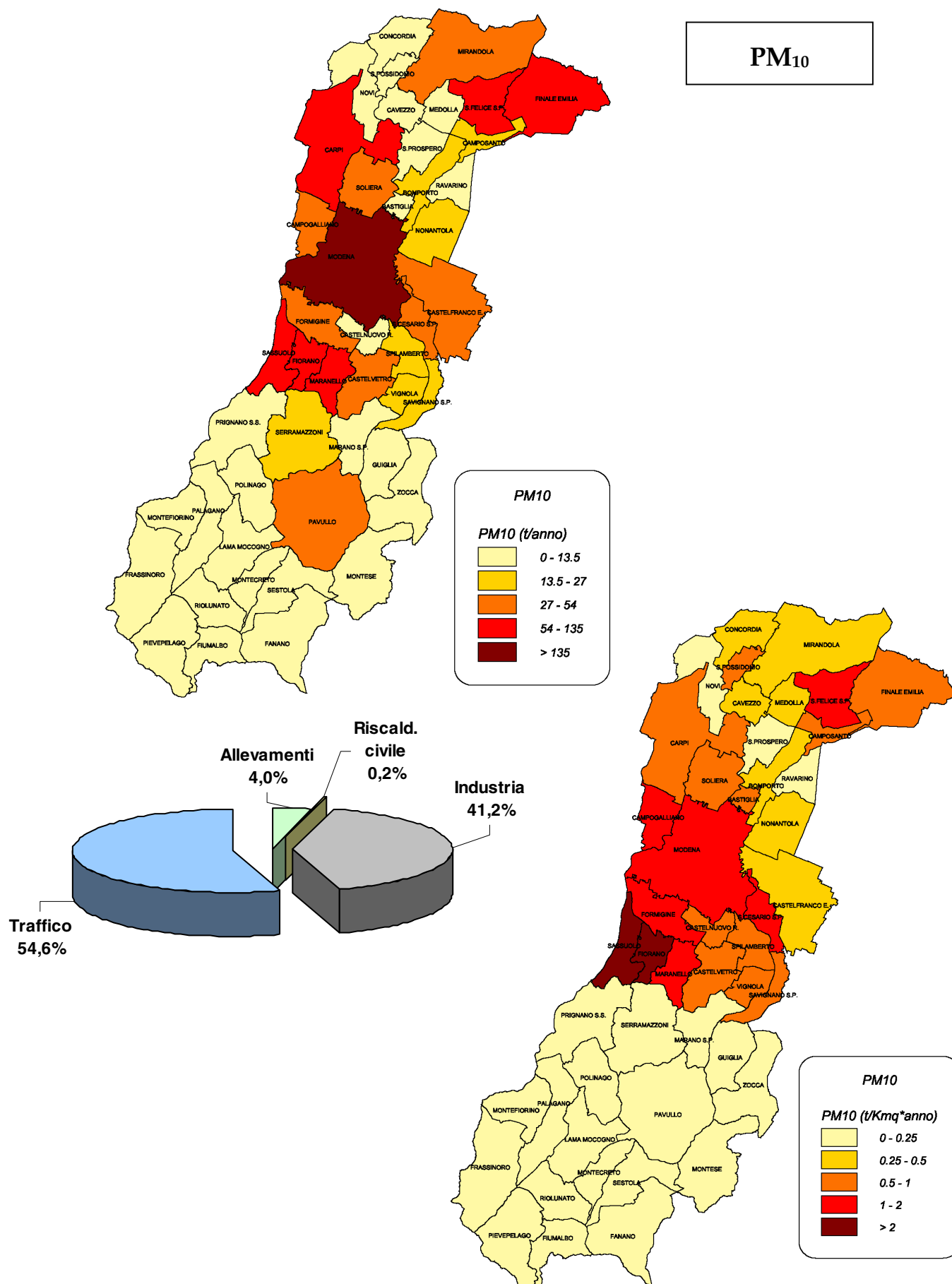
Il traffico risulta la fonte principale di emissione di CO, NO_x, PM₁₀ e NMVOC, mentre l'industria rappresenta la principale sorgente di SO_x e contribuisce con percentuali superiori al 15% alle emissioni di NO_x, PM₁₀ e NMVOC. Il riscaldamento civile ha un ruolo più rilevante solo per l'NO_x, con un contributo pari al 7,6%.

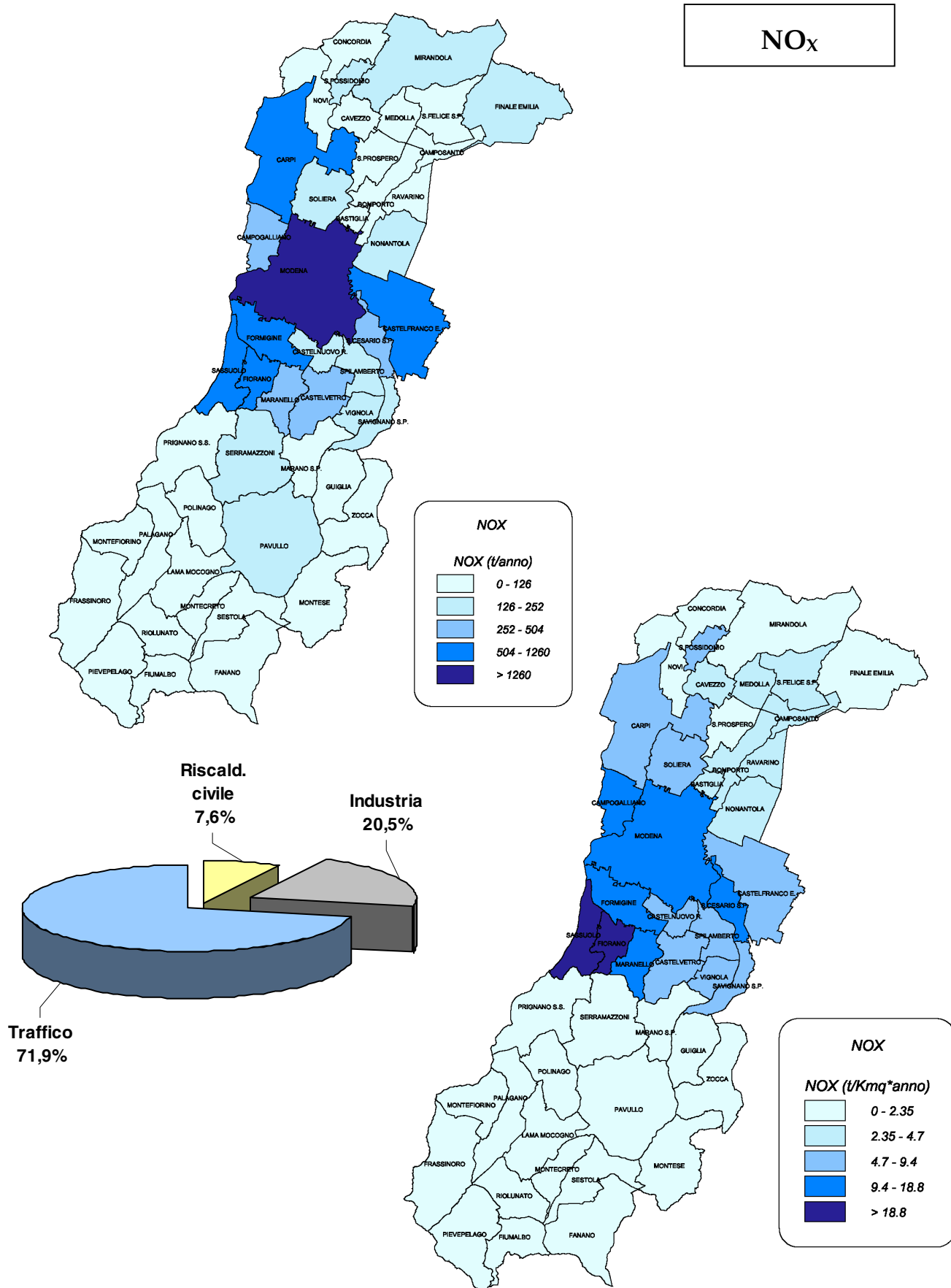
Gli allevamenti influiscono quasi esclusivamente sulle emissioni di NH₃; più trascurabile il loro peso sulle emissioni di PM₁₀ e di NMVOC.

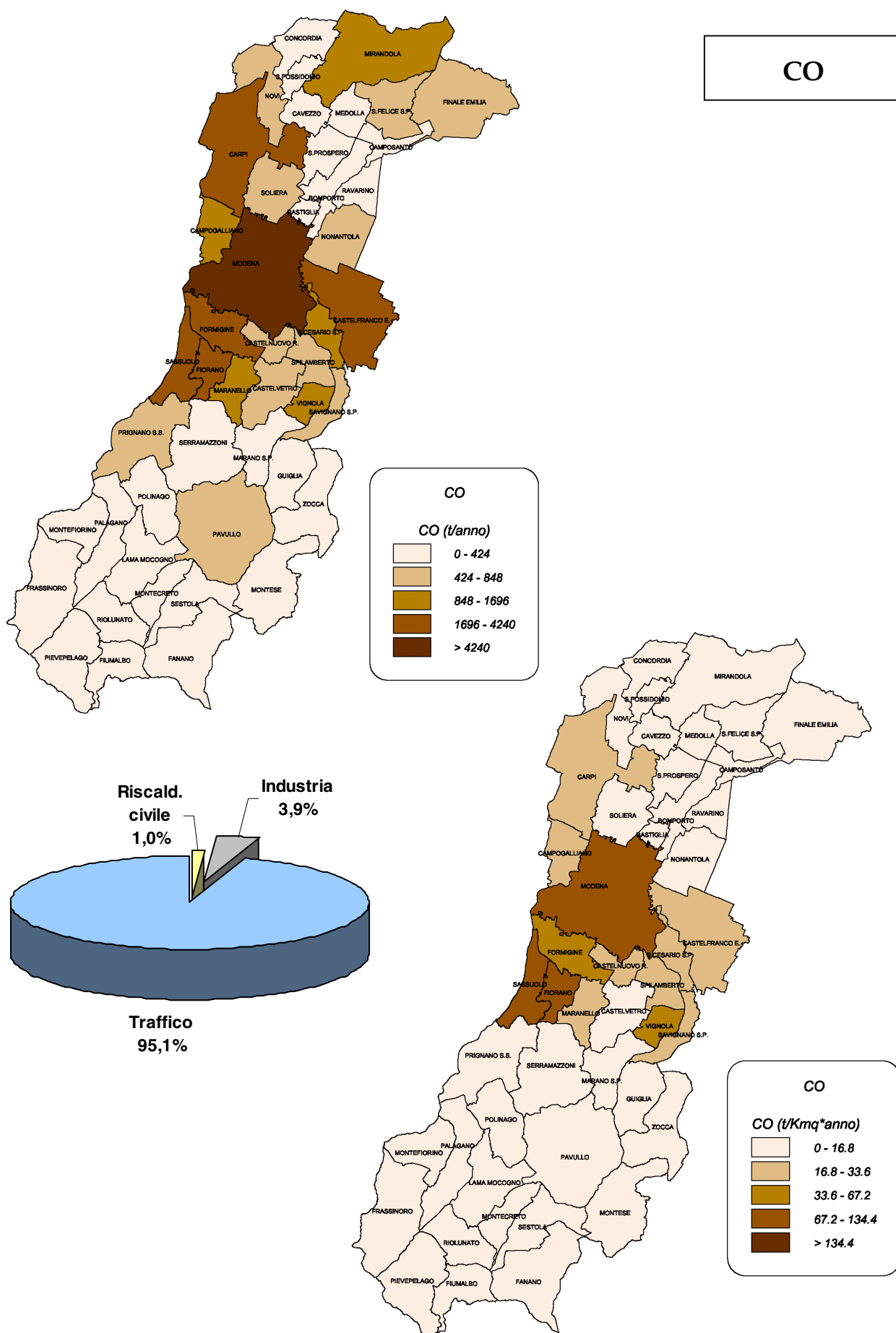
Ricordiamo che, ad eccezione che nei Comuni del Distretto Ceramico, le emissioni da traffico risultano sottostimate in seguito alla mancanza sul grafo stradale dei flussi di mezzi pesanti. Risultano altresì sottostimate le emissioni da NMVOC del settore industriale.

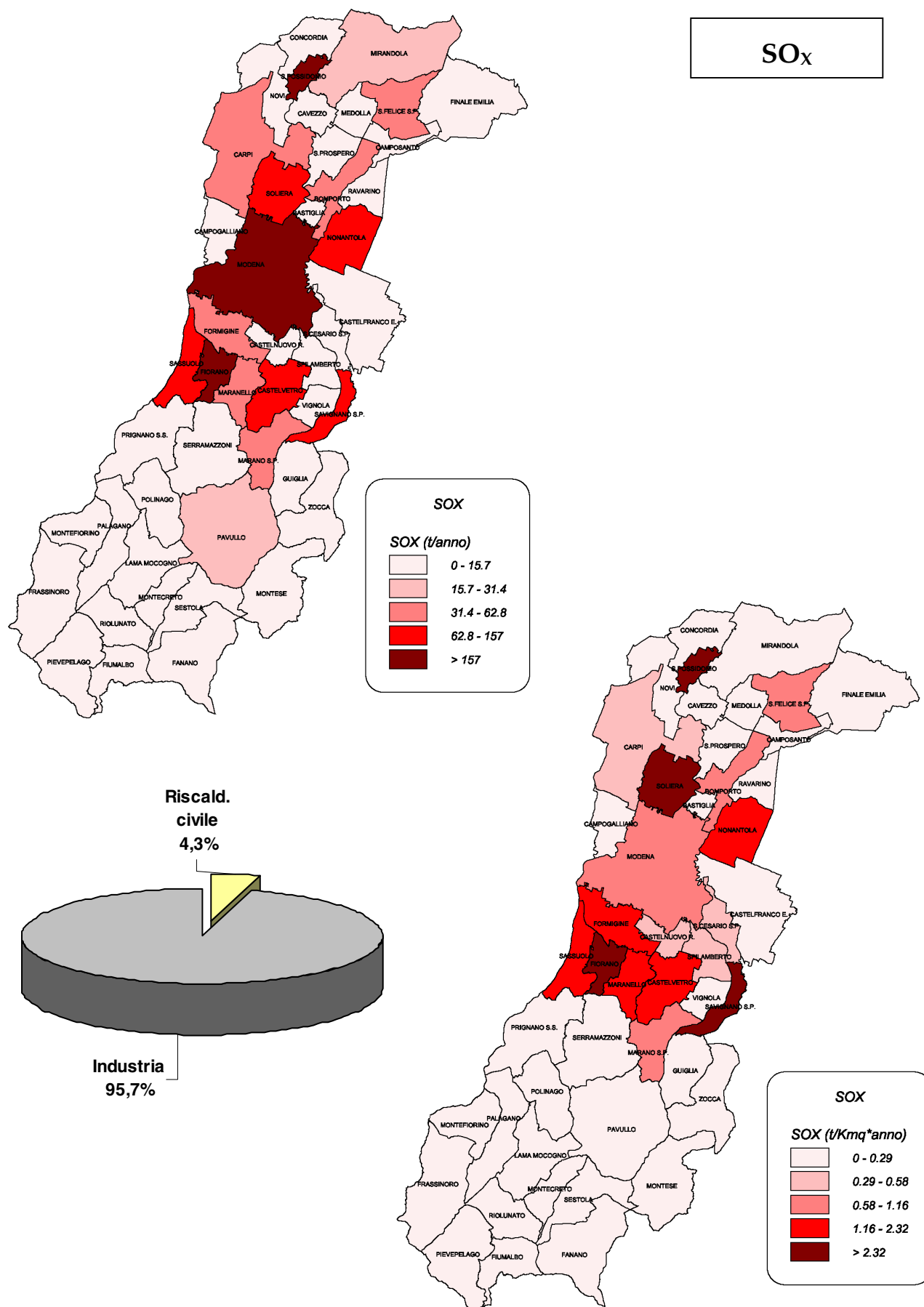
Nelle figure che seguono, infine, viene mostrato un quadro riassuntivo, per ogni inquinante trattato, in cui compaiono:

- 1) le mappe delle emissioni complessive di ogni Comune in t/anno e in t/Kmq*anno, in cui sono compresi i contributi di tutti i settori trattati. Nelle carte in t/anno, la classe emissiva rappresenta il contributo percentuale del Comune al totale provinciale secondo quanto stabilito per questo indicatore (0-1%, 1-2%, 2-4%, 4-10%, >10%) mentre nelle carte in t/kmq*anno, la classe emissiva indica il rapporto tra emissione normalizzata alla superficie comunale e dato medio provinciale (0 - 0.5, 0.5 - 1, 1 - 2, 2 - 4, > 4);
- 2) il grafico a torta con il contributo percentuale di ogni macrosettore alle emissioni totali.

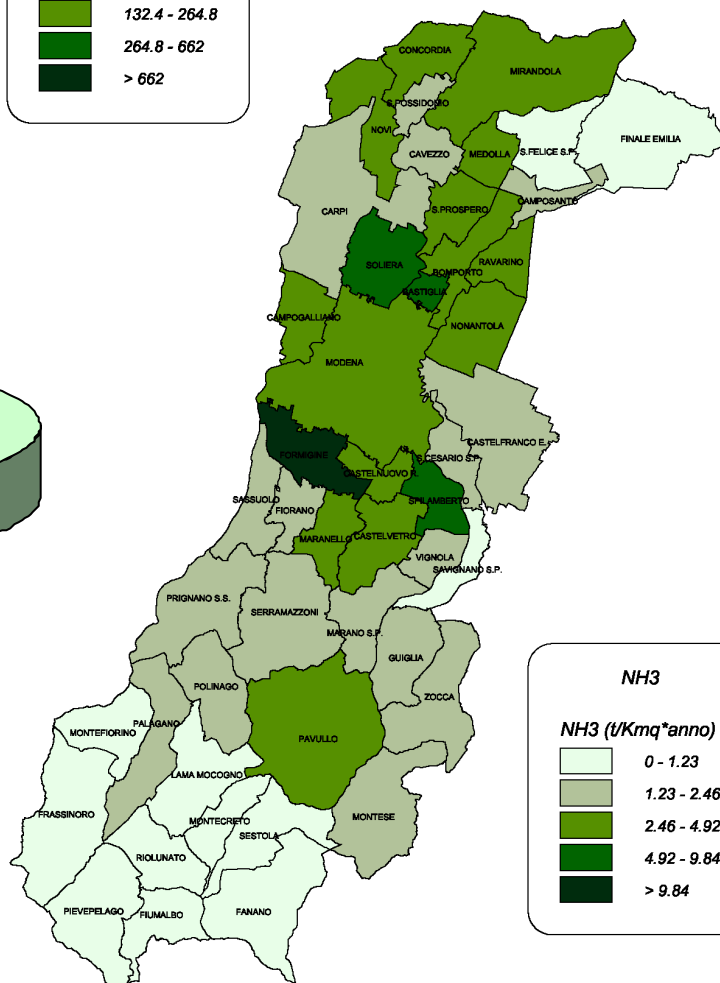
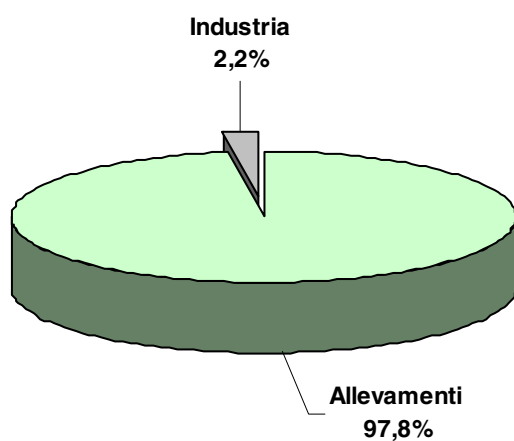
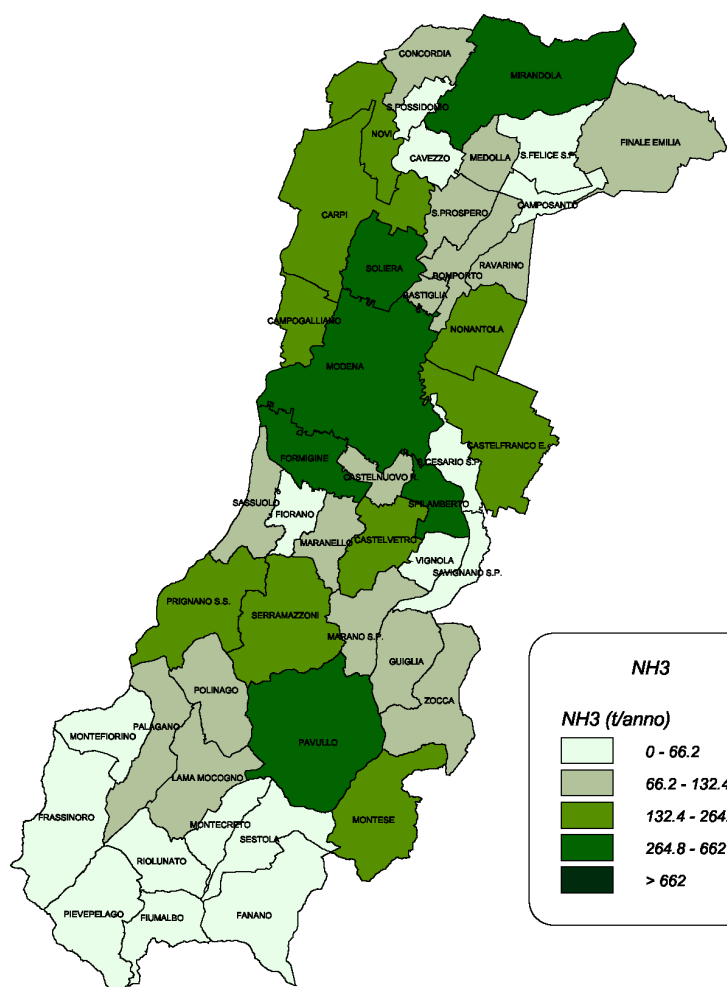




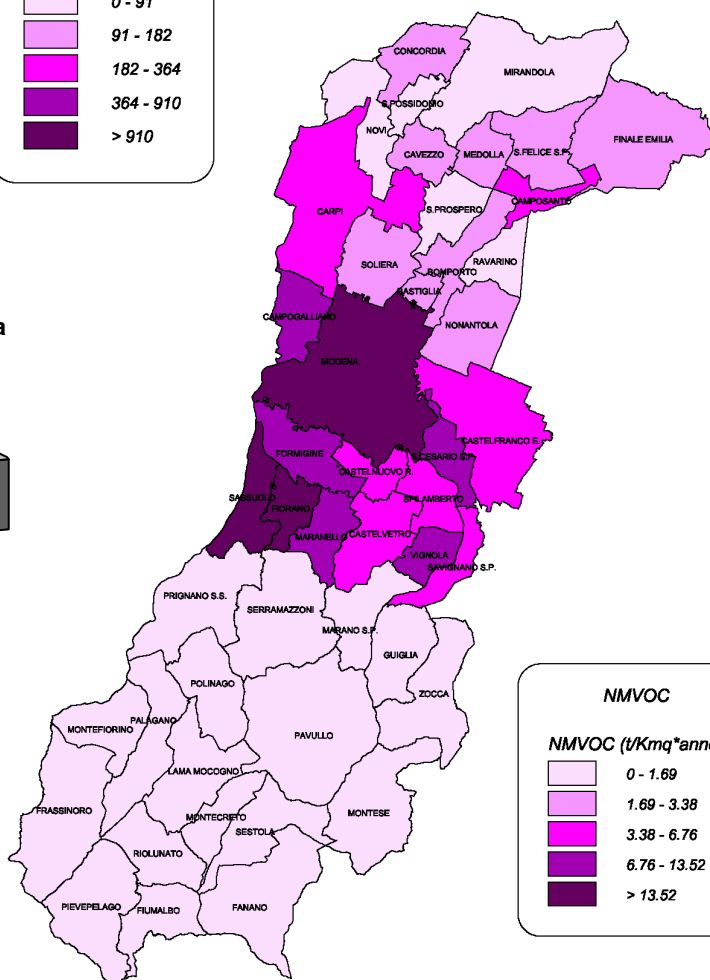
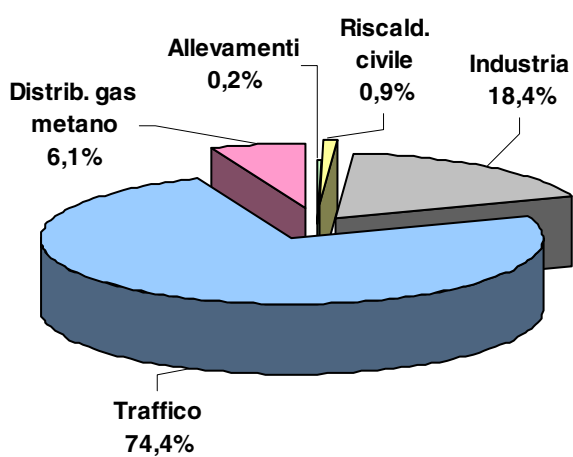
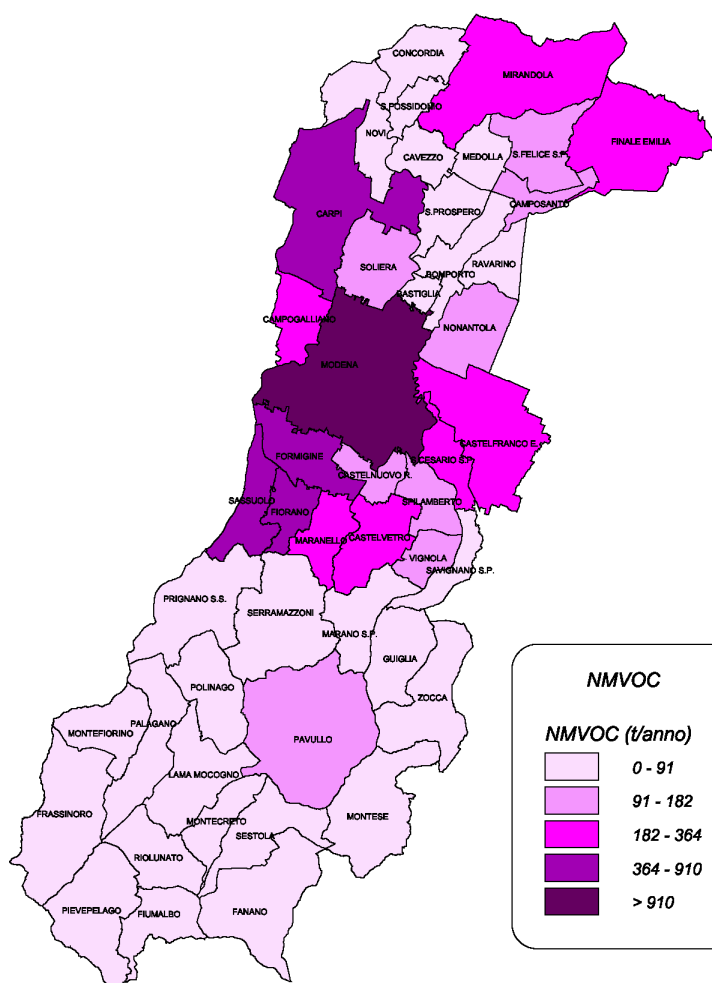




NH₃



NM VOC



Dall'analisi delle figure si desume che:

- Modena è sempre nella classe più elevata in termini di t/anno emesse, mentre in diversi casi le emissioni normalizzate mostrano una situazione di minor criticità; è il caso di inquinanti quali PM₁₀, NOX, SO_x, NH₃ per cui risultano più critici altri Comuni. In particolare, per l'NO_x e il PM₁₀ normalizzati troviamo ai primi posti i Comuni di Fiorano e Sassuolo. Per l'SO_x emergono invece i Comuni di Fiorano, San Possidonio, Savignano e Soliera, mentre per l'NH₃ i Comuni più critici sono quelli in cui c'è maggior presenza di allevamenti come Formigine, Soliera e Spilamberto e Bastiglia.
- Anche i Comuni del Distretto Ceramico si trovano spesso nelle classi più alte per quegli inquinanti emessi in prevalenza da traffico e industria.
- I Comuni della bassa pianura, come Finale Emilia e Mirandola si trovano nella classe intermedia per diversi inquinanti, ma queste emissioni, se rapportate alla superficie territoriale, determinano un impatto modesto sul territorio comunale.
- L'unico Comune dell'area montana che si distingue per gli inquinanti da traffico e industria è il Comune di Pavullo. Gli altri Comuni risultano nelle classi intermedie solo per gli inquinanti legati agli allevamenti.

Analisi dei dati meteoclimatici

Ai fini dello studio delle relazioni tra meteorologia ed inquinamento atmosferico, l'utilizzo diretto dei dati osservati presenta spesso limitazioni fondamentali dovute al carattere puntuale delle osservazioni e soprattutto al fatto che alcune delle grandezze meteorologiche che risultano maggiormente utili a descrivere la dispersione degli inquinanti in atmosfera non possono essere misurate direttamente presso le stazioni meteorologiche. Per colmare queste lacune si è quindi fatto ricorso al preprocessore meteorologico CALMET (Scire et al., 1995), appositamente implementato presso ARPA-SMR (Deserti et al., 1999). Il preprocessore, sulla base delle variabili puntuali misurate nelle stazioni meteorologiche e delle caratteristiche della superficie, quali ad esempio orografia, uso del suolo, rugosità ricostruisce il campo tridimensionale di vento e temperatura ed il campo bidimensionale di grandezze caratteristiche dello strato limite planetario (altezza di rimescolamento, classi di stabilità) e della turbolenza (lunghezza di Monin-Obukhov, velocità di attrito, velocità convettiva di scala).

Le grandezze legate alla dispersione di inquinanti in atmosfera

La concentrazione di un inquinante nell'atmosfera dipende, oltre che dalle emissioni, dai processi di trasporto, di diffusione, di deposizione al suolo e dalle reazioni chimico-fisiche.

Questi fenomeni avvengono nello strato limite planetario e sono guidati dall'intensità della turbolenza di tipo meccanico, associata al vento in prossimità della superficie, e di origine termica, associata al bilancio di calore superficiale.

Gli indicatori utilizzati in questo studio per la valutazione delle caratteristiche dispersive dell'atmosfera sono:

- altezza massima dello strato di rimescolamento
- classi di stabilità di Pasquill-Gifford-Turner
- percentuale di calme di vento

Tali grandezze sono state calcolate ad intervalli di 1 ora su una maglia regolare di 5 km di lato per il periodo 1995-2002. Ai fini del presente studio si è deciso di suddividere il territorio provinciale in tre zone omogenee: pedecollina, pianura centrale, pianura settentrionale.

La zona montuosa appenninica, oltre ad avere una scarsa copertura di stazioni meteorologiche, presenta caratteristiche di particolare complessità del terreno (valli e rilievi) che ne rendono più complicato lo studio dettagliato da un punto di vista meteoclimatico, riducendo la rappresentatività delle misure (una stazione situata su un crinale difficilmente fornirà informazioni attendibili sul vento nel fondovalle). Conseguentemente anche le analisi CALMET-SMR (che trae appunto informazioni dalle stazioni di misura) sono scarsamente significative.

L'altezza di rimescolamento (*mixing height*) può essere definita come l'altezza dello strato vicino alla superficie all'interno del quale si diffondono verticalmente gli inquinanti emessi in prossimità della superficie; in genere la loro concentrazione tende ad essere maggiore nello strato rimescolato che sopra di esso. Per gli inquinanti emessi ad una certa altezza, come nel caso di elevati camini, l'altezza alla quale avviene l'emissione rispetto all'altezza dello strato di rimescolamento determina il modo con il quale il pennacchio si diffonde e l'eventuale ricaduta al suolo di inquinanti. L'altezza di rimescolamento presenta una evoluzione giornaliera e raggiunge il suo valore massimo nelle ore pomeridiane.

L'intensità della turbolenza di origine termica può essere descritta sinteticamente dalle classi di stabilità atmosferica (Tab. n° 30); più lo strato limite è stabile, più risulta inibito il rimescolamento di origine termica. La struttura termica dello strato limite varia durante la notte ed il giorno ed in funzione delle condizioni della superficie, mare o terra, superfici piane o rilievi, aree urbane o campagna. Molto importante è anche la presenza di uno strato superficiale caratterizzato da una inversione di temperatura, che tende a confinare gli inquinanti in prossimità della superficie.

| classi di stabilità (s_{PGT}) | definizione | gradiente di temperatura verticale ($^{\circ}\text{C/m}$) |
|-----------------------------------|------------------------------------|---|
| A | condizioni estremamente instabili | < -0.019 |
| B | condizioni moderatamente instabili | fra -0.019 e -0.017 |
| C | condizioni leggermente instabili | fra -0.017 e -0.015 |
| D | condizioni neutre | fra -0.015 e -0.005 |
| E | Condizioni leggermente stabili | fra -0.005 e $+0.015$ |
| F | condizioni stabili | $> +0.015$ |

Tab. n° 30 – Classi di stabilità di Pasquill-Gifford-Turner

Un'altra grandezza utilizzata nella valutazione della qualità dell'aria è l'intensità del vento, che influenza il trasporto e la diffusione degli inquinanti: elevate velocità del vento tendono infatti a favorire la dispersione degli inquinanti immessi vicino alla superficie. Un parametro significativo è la frequenza delle calme di vento, definita come la frequenza di condizioni nelle quali l'intensità del vento alla superficie è inferiore ad 1 m/s.

Le grandezze calcolate per il periodo 1995-2002

La Fig. n° 43 e la Fig. n° 44 mostrano i valori medi invernali (dicembre-febbraio) ed estivi (giugno-agosto) rispettivamente dell'altezza massima giornaliera di rimescolamento e della percentuale di condizioni stabili (classe F).

In generale si evidenziano valori pressoché uniformi nella pianura modenese con una variazione stagionale molto marcata. In inverno, la bassa altezza di rimescolamento e la prevalenza di condizioni stabili o neutre nello strato superficiale, tendono a favorire l'accumulo di inquinanti.

Una descrizione più dettagliata dell'andamento annuale dell'altezza di rimescolamento è mostrata nella Fig. n° 45 e nella Fig. n° 46 dove viene rappresentato l'andamento della media mensile della massima altezza di rimescolamento giornaliera e la percentuale di giornate con altezza massima dello strato di rimescolamento inferiore ai 400 m in tre punti rappresentativi del territorio provinciale, due situati in pianura ed il terzo nella fascia pedecollinare.

L'altezza di rimescolamento presenta uno spiccato andamento stagionale con valori medi che nel periodo estivo raggiungono i 2000 m mentre in inverno non superano gli 800 m.

Dalla Fig. n° 46 si nota come le giornate, che possiamo definire "stagnanti", siano minime nella stagione estiva (inferiori al 5 %) e massime nel periodo invernale quando raggiungono il valore del 40%. Queste giornate rappresentano nel corso dell'anno le giornate durante le quali il volume di diluizione degli inquinanti emessi in prossimità della superficie risulta inferiore.

Per quanto riguarda poi la frequenza di calme di vento (intensità del vento < 1 m/s), emerge sia una differenza spaziale tra pianura e fascia pedecollinare che una variabilità stagionale: durante l'inverno (dicembre-febbraio) la frequenza delle calme di vento (vedi Fig. n° 47) raggiunge i valori più alti attestandosi sui 57% in pianura e il 33% nella zona pedecollinare, mentre durante la stagione estiva (giugno-agosto) ha valori rispettivamente di 53% e 20%.

In sintesi dunque i dati evidenziano:

1. la sostanziale omogeneità del territorio di pianura e pedecollinare della provincia di Modena per quanto riguarda le caratteristiche meteorologiche significative per la diffusione degli inquinanti in atmosfera (classi di stabilità ed altezza di rimescolamento);
2. un incremento dell'incidenza delle calme di vento andando dalla collina verso la pianura; la maggiore frequenza di calme si verifica nel periodo agosto-febbraio. In condizioni di calma di vento il trasporto e la diffusione degli inquinanti immessi in prossimità della superficie risulta limitata;
3. durante il periodo invernale l'altezza massima di rimescolamento risulta su tutto il territorio inferiore a 750 m e prevalgono condizioni di stabilità atmosferica con una maggiore incidenza della classe F rispetto alle altre classi. Tali condizioni determinano una scarsa diffusione degli inquinanti.

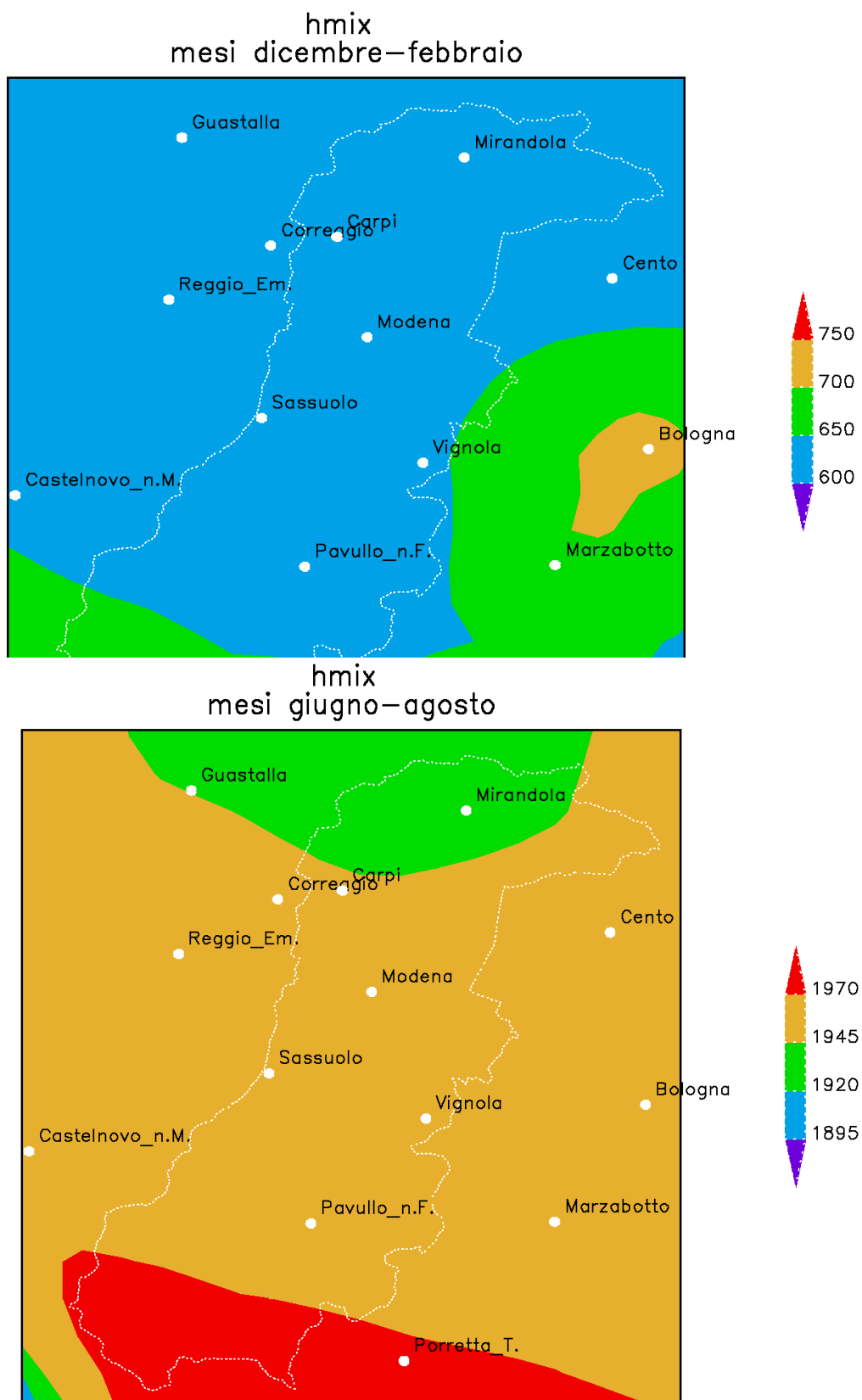


Fig. n° 43 - Media invernale ed estiva della massima altezza di rimescolamento giornaliera (in metri) nel periodo 1995-2002

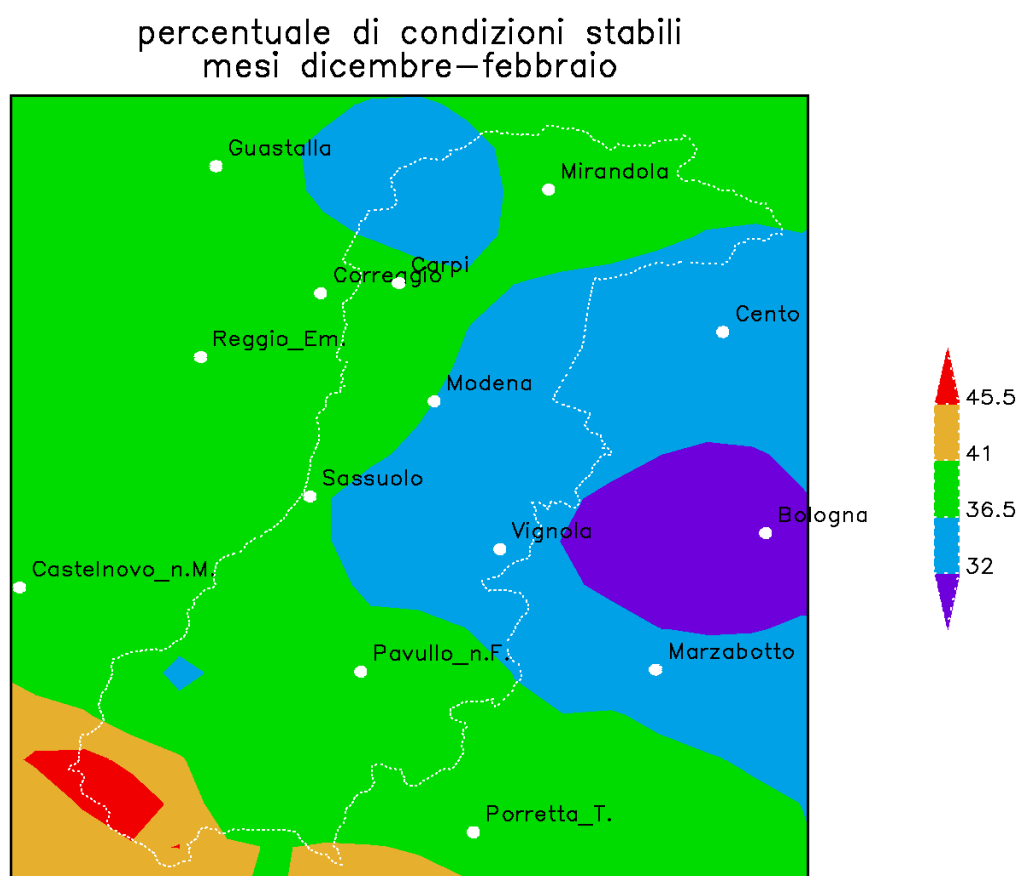
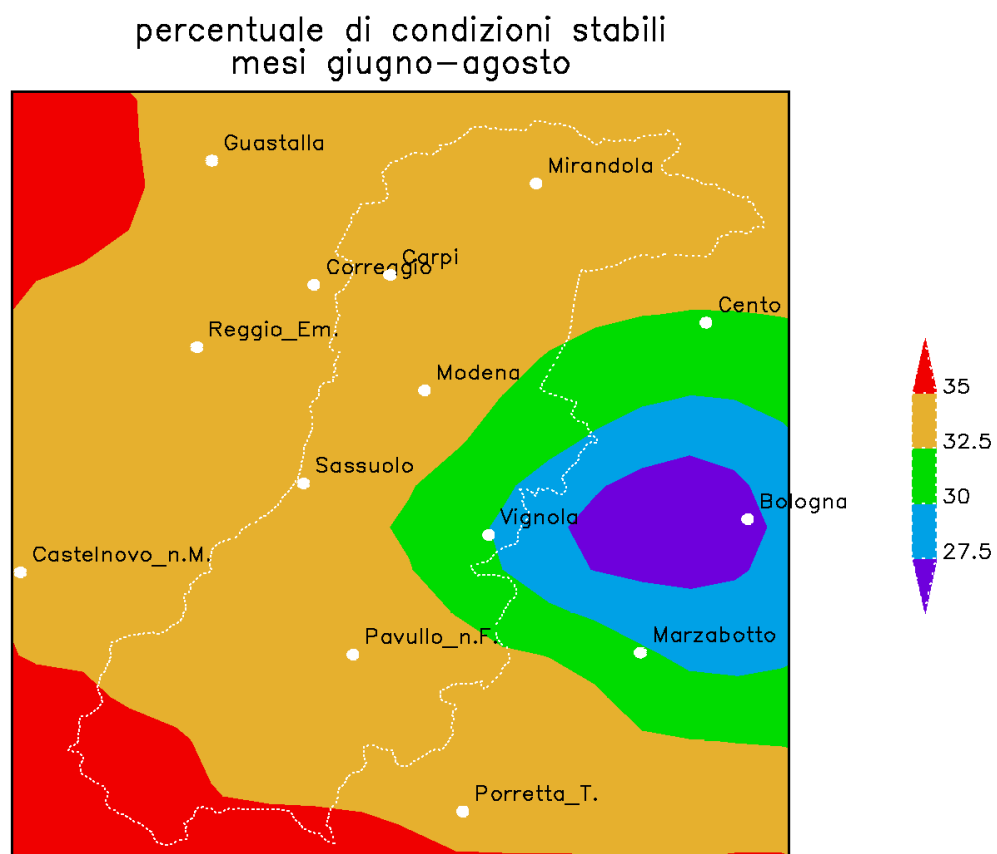


Fig. n° 44 - Frequenza di condizioni di stabilità (classe F) nel periodo 1995-2002

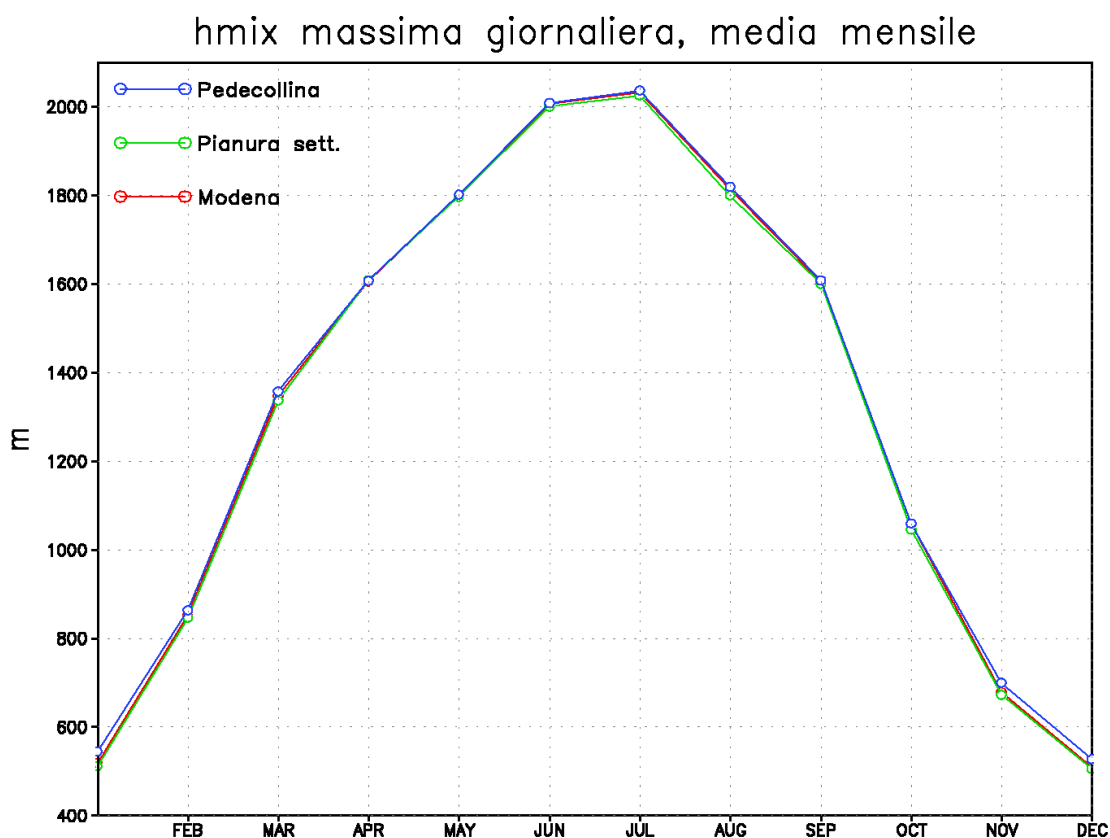


Fig. n° 45 - Media mensile della massima altezza di rimescolamento nel periodo 1995-2002

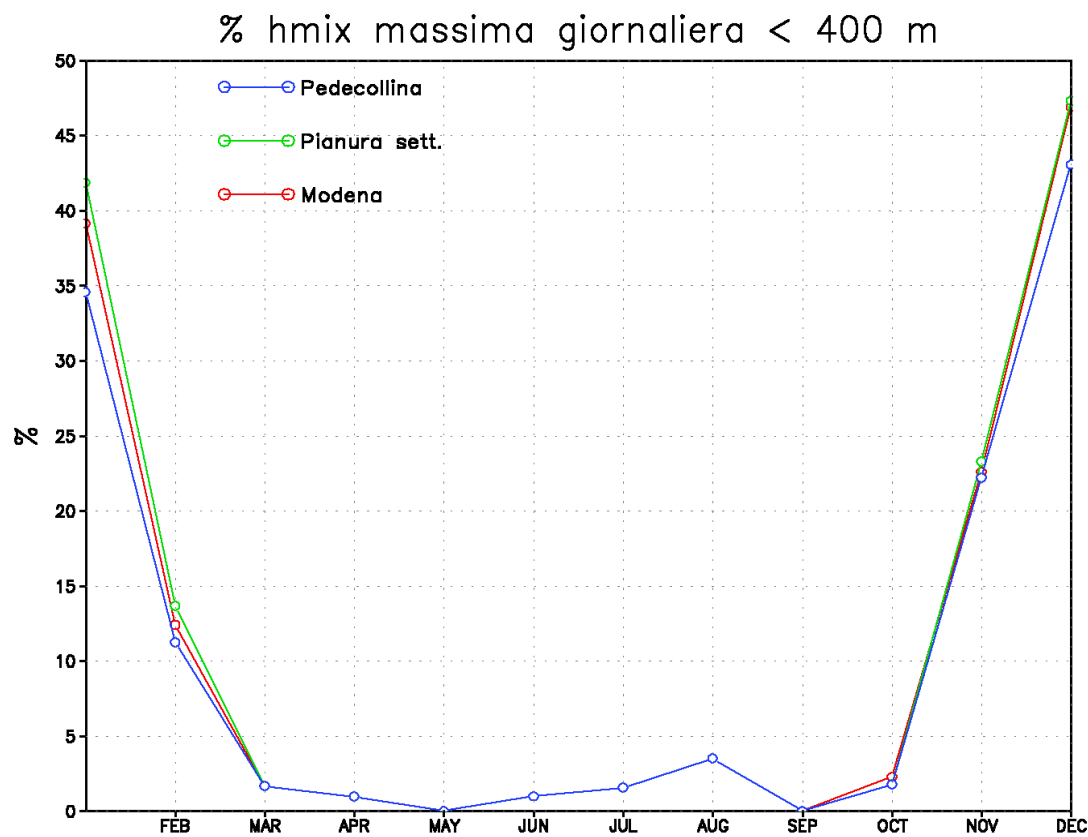


Fig. n° 46 - Percentuale dei giorni con massima altezza di rimescolamento inferiore a 400 m nel periodo 1995-2002

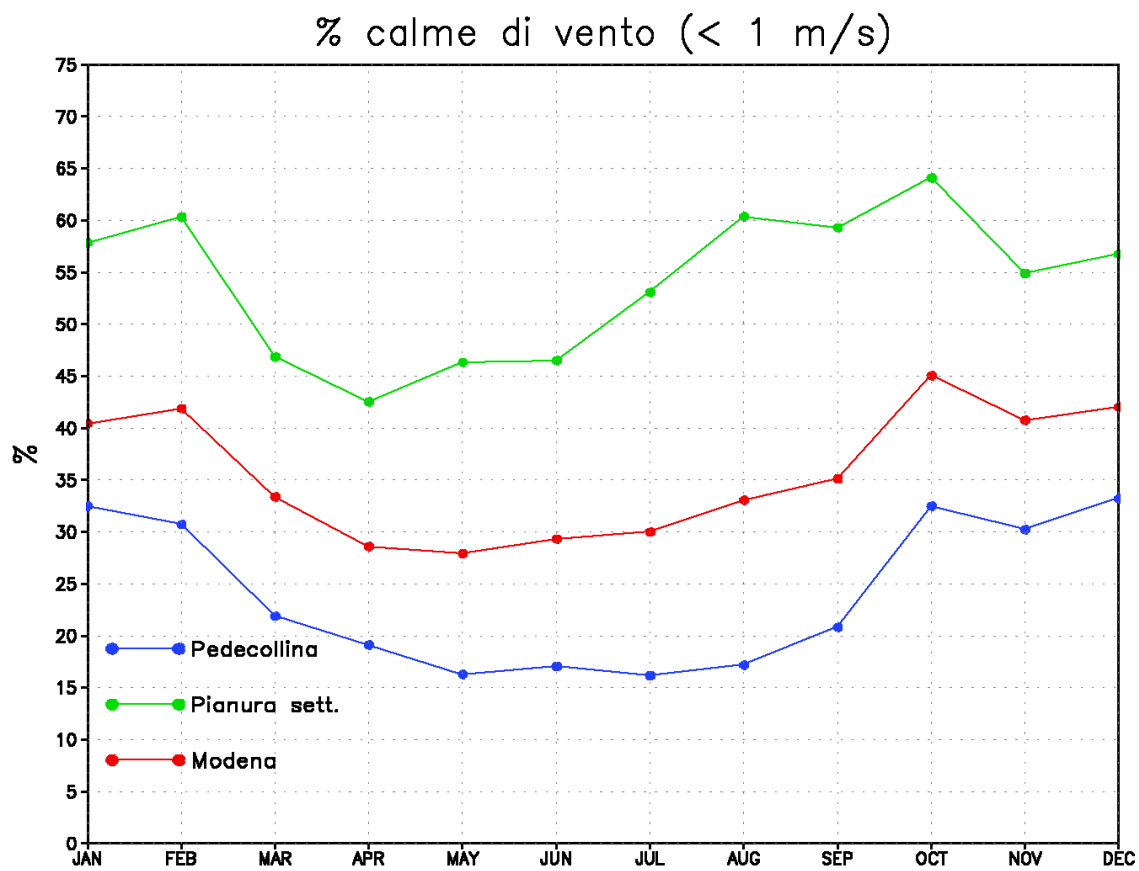


Fig. n° 47 - Percentuale di calme di vento nel periodo 1995-2002

La qualità dell'aria in Provincia di Modena

Per le rilevazioni dello stato di qualità dell'aria in Provincia di Modena ci si avvale di una rete di monitoraggio costituita oggi da 15 postazioni fisse, 5 ubicate nel Comune di Modena e le restanti collocate nei principali centri abitati del territorio provinciale.

Oltre alle stazioni fisse, è collegata alla rete una stazione rilocabile di proprietà dell'Azienda Servizi Ambiente Territorio (S.A.T. S.p.a.) di Sassuolo. Questa viene collocata in diverse postazioni del distretto ceramico per periodi variabili, ma sempre superiori al mese, in modo da ottenere dati sull'inquinamento locale; questi, assieme a quelli delle postazioni fisse presenti nell'area, consentono un controllo sistematico di questa particolare realtà produttiva. Per campagne specifiche viene inoltre impiegata la stazione mobile, di proprietà di META S.p.a., che viene messa a disposizione per il monitoraggio della qualità dell'aria in aree in cui non è previsto il monitoraggio continuo.

Ogni stazione è dotata di analizzatori automatici che permettono di rilevare gli inquinanti più indicativi per la zona in esame (urbana, ad alto traffico, rurale ecc.) e in alcuni casi di sensori meteorologici.

Nella Tab. n° 31 si riporta la struttura della rete.

| Stazione | | Indirizzo | Tipologia dell'Area | Parametri monitorati |
|--------------------------------|-----------------------|------------------------------|---------------------------------------|---|
| Zona A | | | | |
| Agg. Modena | Mo-Garibaldi | Modena, Largo Garibaldi | Urbana/traffico | SO ₂ , NO _x , CO, O ₃ |
| | Mo-Giardini | Modena, Via Giardini | Urbana/traffico | NO _x , CO, PTS, PM ₁₀ |
| | Mo-Amundsen | Modena, via Amundsen | Urbana di fondo | NO _x , CO, meteo |
| | Mo-Nonantolana | Modena, Via Cimone | Urbana di fondo | NO _x , CO, O ₃ , PTS, PM ₁₀ , BTX |
| | Mo-XX Settembre | Modena, P.zza XX Settembre | Urbana di fondo | NO _x , CO, O ₃ , PM ₁₀ , BTX |
| | Campogalliano | Via di Vittorio | Suburbana fondo | NO _x , CO |
| | Carpi 1 | V.le C. Marx | Urbana/traffico | NO _x , CO, BTX |
| | Carpi 2 | Via Remesina | Suburbana di fondo | NO _x , CO, PM ₁₀ , meteo |
| | Castelfranco | C.so Martiri | Urbana/ traffico | NO _x , CO, |
| Agg. Distretto Ceramico | Sassuolo | Via Radici in Piano | Urbana/ traffico | NO _x , CO, PTS, BTX |
| | Spezzano 1 | Via Canaletto Località Borgo | Zona rurale con presenza di industrie | O ₃ , meteo |
| | Spezzano 2 | Via Molino | Urbana | NO _x , CO, PM ₁₀ |
| | Maranello | Area Parco 2 | Urbana | NO _x , CO, O ₃ , BTX, PM ₁₀ |
| | Staz.Riloc.SAT S.p.a. | | Urbana/traffico/industriale | NO _x , CO, O ₃ , PM ₁₀ , meteo |
| Mirandola | | S. S. 12 / Via Alighieri | Suburbana di fondo | NO _x , CO, O ₃ , meteo |
| Zona B | | | | |
| | Pavullo | Pavullo, Via Marchiani | Urbana/traffico | SO ₂ , NO _x |
| Mezzo Mobile META S.p.a. | | | Urbana/traffico/industriale | SO ₂ , NO _x , CO, PM ₁₀ , O ₃ , meteo |

Tab. n° 31 - La struttura della rete provinciale nel 2005

I dati storici

Numerose stazioni della rete di monitoraggio della provincia di Modena sono operative già dal 1991, per cui si dispone in diversi punti del territorio di un importante patrimonio informativo sugli andamenti che hanno caratterizzato gli ultimi 15 anni di monitoraggio della qualità dell'aria.

Dall'analisi degli andamenti (media e percentili) di tutte le stazioni aventi serie storiche complete e degli andamenti Provinciali, quest'ultimi ottenuti mediando tutte le stazioni attive nell'anno considerato, si sono scelti i seguenti indicatori:

- **NO₂, CO, O₃** - 98° percentile delle medie provinciali con l'indicazione sulla variabilità provinciale ottenuta valutando il valore minimo e massimo di questo parametro rilevato nelle stazioni considerate;
- **PTS** - 95° percentile delle medie provinciali con l'indicazione sulla variabilità provinciale ottenuta valutando il valore minimo e massimo di questo parametro rilevato nelle stazioni considerate
- **PM₁₀ e Benzene** - media delle concentrazioni rilevate;

Per quanto riguarda l'**SO₂**, i dati registrati nelle centraline sono da anni ampiamente inferiori ai limiti normativi, si è quindi deciso di non riportare per tale inquinante nessuna elaborazione.

Ossidi di Azoto

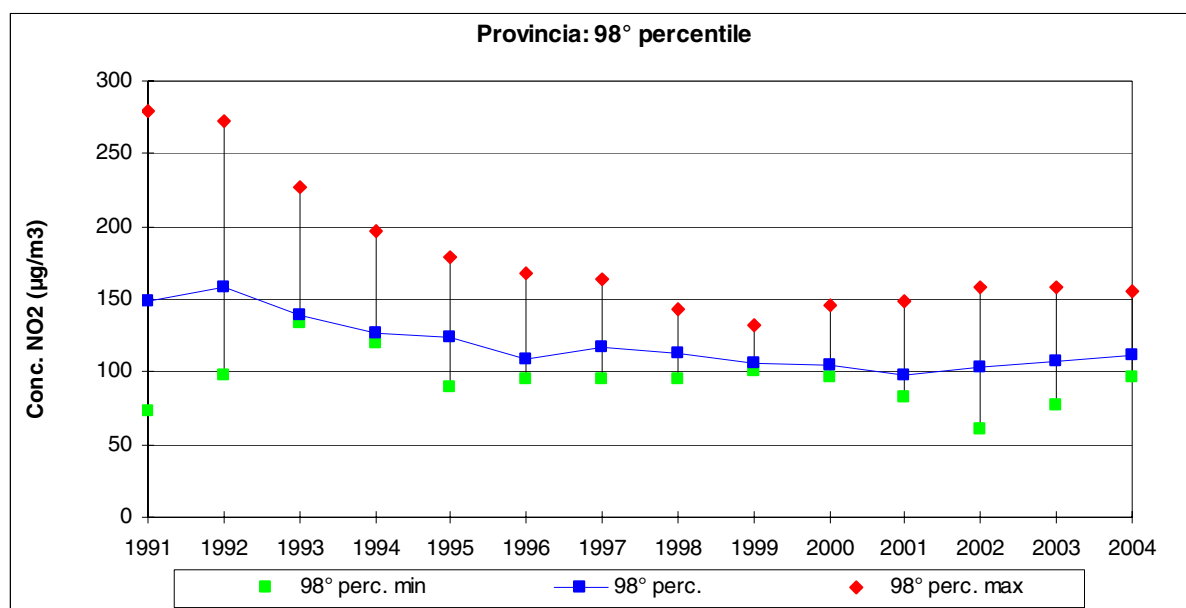
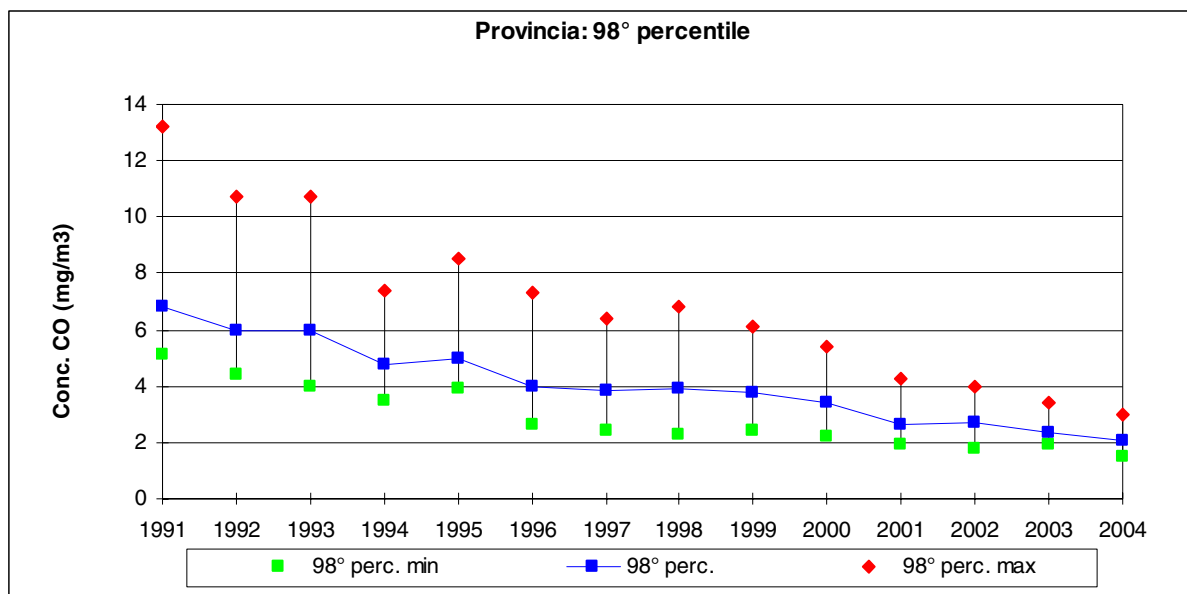


Fig. n° 48: trend delle concentrazioni di NO2

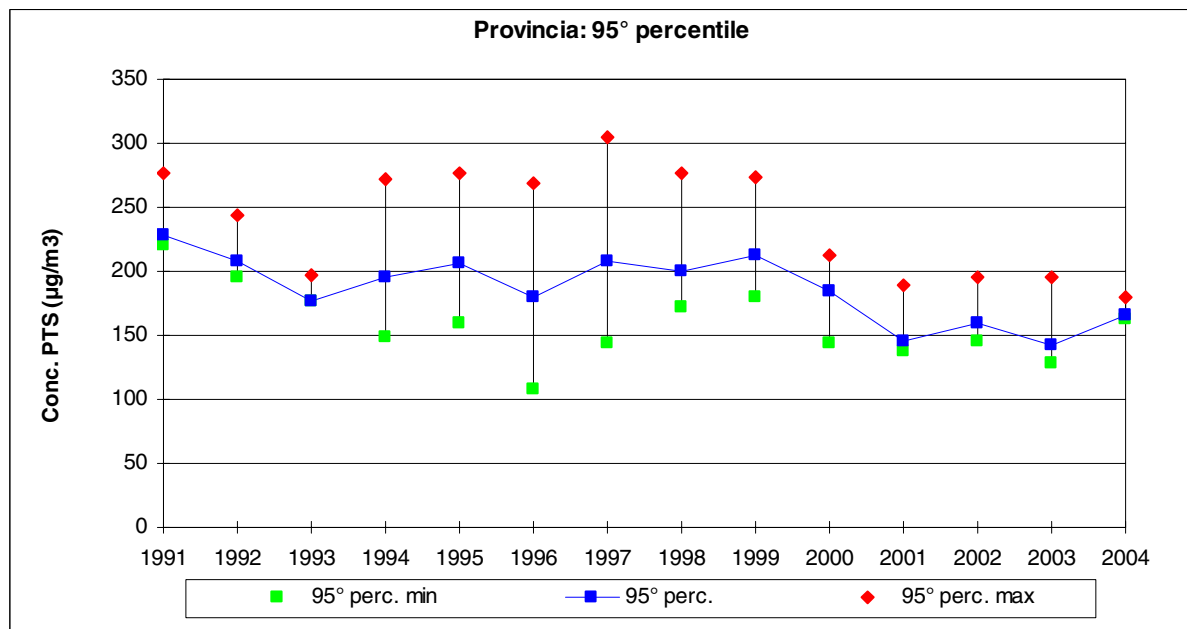
Le concentrazioni di biossido di azoto (Fig. n° 48) mostrano un andamento che tende lievemente ad aumentare negli ultimi due anni, imputabile ad un aumento più sensibile dei valori minimi.

Si può comunque affermare che negli anni presi in esame le concentrazioni sono complessivamente diminuite, in particolare nelle stazioni più critiche (98 perc. max).

Questo risultato è stato raggiunto grazie ai continui miglioramenti tecnologici che hanno riguardato il settore trasporti e il settore industriale.

Monossido di carbonio*Fig. n° 49: Trend delle concentrazioni di CO*

Le concentrazioni di monossido di carbonio (Fig. n° 49) mostrano un andamento decrescente negli anni; anche per questo inquinante si notano differenze più contenute tra le diverse realtà, a conferma di una sostanziale uniformità dei valori sul territorio provinciale.

Polveri Totali e Particelle con diametro inferiore a 10 μm *Fig. n° 50: Trend delle concentrazioni di PTS*

L'andamento delle concentrazioni di polveri totali (Fig. n° 50), anche se in misura minore rispetto agli inquinanti precedentemente rilevati, evidenzia un calo delle concentrazioni nelle stazioni più critiche (95 perc. max). I livelli rimangono comunque ancora elevati.

La misura di questo parametro verrà nel tempo sostituita con quella delle polveri di diametro inferiore (PM10, PM2.5), giudicate dalla comunità scientifica internazionale più significative per la tutela della salute umana.

Il DM 60/2002, infatti, prevede che le risorse per il monitoraggio siano indirizzate verso la misura del PM₁₀ e, anche se ancora in fase sperimentale, del PM_{2.5}.

In Italia la misura delle polveri fini era stata introdotta dal DM 25/11/94, ma solo di recente le reti di monitoraggio sono state implementate con la strumentazione idonea a questa misura.

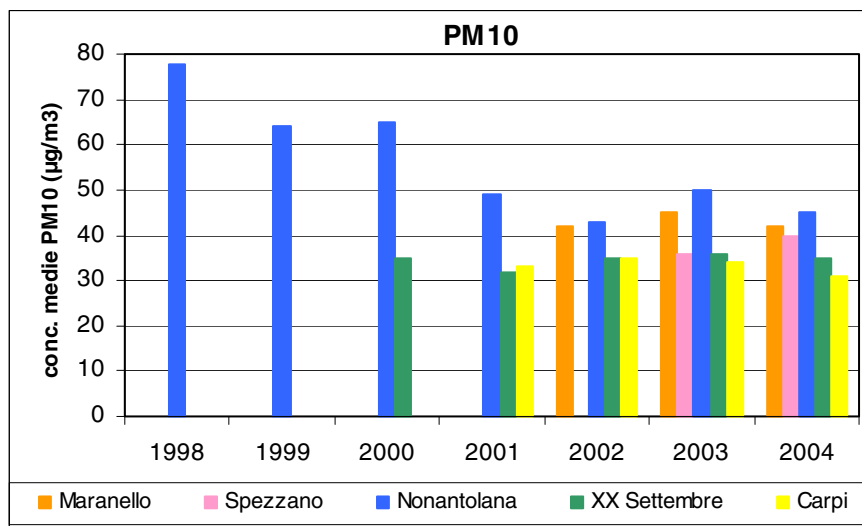


Fig. n° 51: trend delle concentrazioni di PM10

Per la stazione di via Nonantolana a Modena, si può osservare come la concentrazione media annuale di PM10 tenda a diminuire fino al 2001 con una stabilizzazione del dato negli anni seguenti (Fig. n° 51). Le altre stazioni, che successivamente si sono aggiunte alla rete, presentano dati stazionari.

Benzene

Analogamente alle polveri fini, il monitoraggio di questo inquinante è di recente introduzione nella rete di monitoraggio, per cui è possibile una analisi limitata nel tempo.

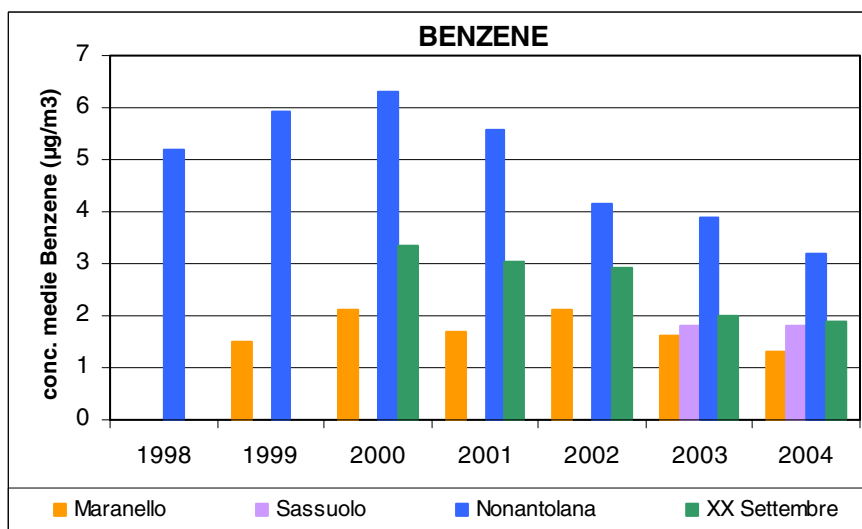
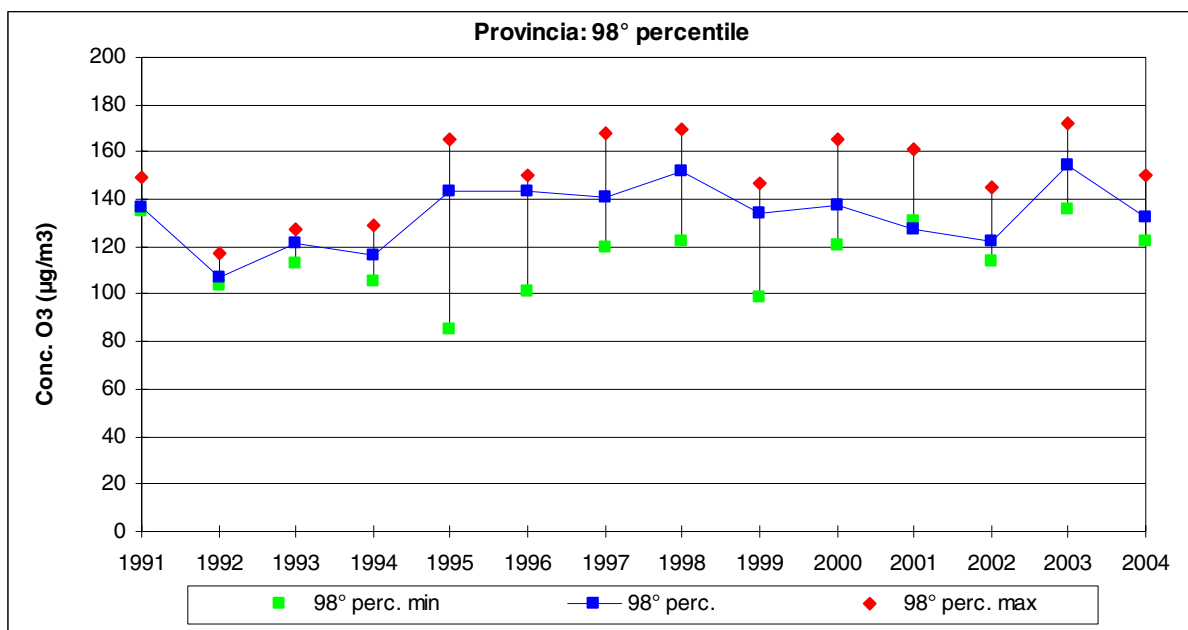


Fig. n° 52: Trend delle concentrazioni di Benzene

L'andamento che ne emerge mostra concentrazioni medie in diminuzione nelle stazioni con un numero maggiore di dati e più esposte al traffico.

Ozono*Fig. n° 53: Trend delle concentrazioni di Ozono*

Il trend dell'ozono (Fig. n° 53) non presenta tendenze in atto; l'andamento negli anni è strettamente correlato alle condizioni meteorologiche estive ed in particolare all'irradiazione solare.

Le caratteristiche di questo inquinante e le sue limitate variazioni spaziali lo rendono più idoneo a valutazioni su area vasta (bacino padano).

A riprova di questo, dall'analisi dei valori di concentrazione emerge una situazione omogenea in tutte le realtà esaminate.

Le criticità rispetto al DM60/2002

Nel paragrafo precedente sono stati presentati i dati storici rilevati dalla rete di monitoraggio per evidenziarne gli andamenti negli ultimi 15 anni.

In questo capitolo, invece, vengono analizzati i dati rilevati nel 2005 e viene effettuata una analisi delle tendenze evolutive in atto, tendo conto degli obiettivi temporali imposti dalla normativa.

I dati, come previsto dalla normativa, vengono elaborati in base alla zonizzazione del territorio approvata dalla Provincia, di cui si tratterà più in dettaglio nel documento preliminare e a cui si rimanda per un approfondimento.

Gli ambiti territoriali di interesse per queste elaborazioni sono gli agglomerati di Modena e del Distretto Ceramico, il primo comprendente il Comune capoluogo e i Comuni limitrofi tra cui Carpi, e il secondo che accorpa i Comuni del distretto.

Poiché le stazioni presenti in questi due ambiti territoriali sono numerose, per favorire una migliore lettura dei grafici, si è scelto di rappresentare gli andamenti medi rilevati nelle due aree mediando i dati orari di tutte le stazioni ivi presenti. Questo ad eccezione delle elaborazioni che riguardano la valutazione del rispetto normativo, per cui vengono considerati i dati delle singole stazioni.

Per quanto riguarda l'analisi dei trend negli anni, oltre alle concentrazioni medie, si è inserito nei grafici anche il valore minimo e massimo dell'Agglomerato, ossia la stazione che ha rilevato il dato più basso e quella invece con il dato più alto.

Ossidi di Azoto

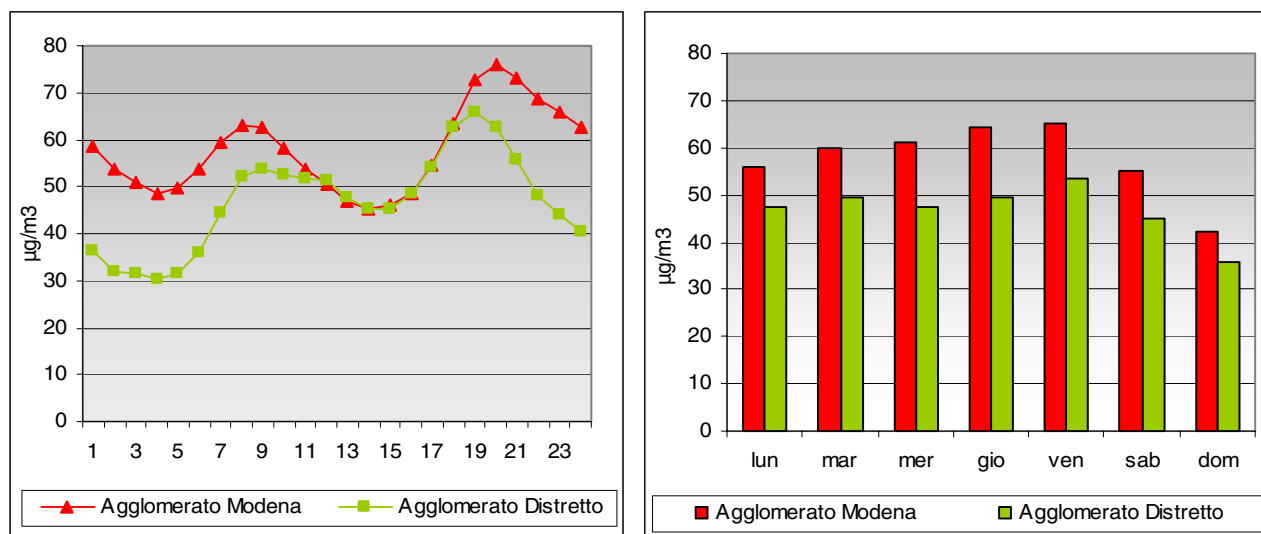
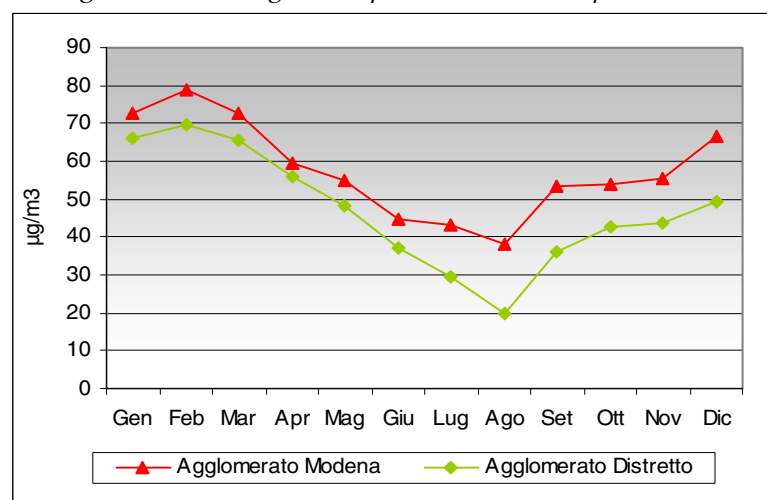
Siti di misura: Le stazioni che misurano questo inquinante sono 9 nell'agglomerato di Modena, (Giardini, Nonantolana, XX Settembre, Garibaldi, Amundsen, Castelfranco, Campogalliano, Carpi 1 e Carpi 2) e 3 in quello del Distretto Ceramico (Spezzano 2, Maranello, Sassuolo). La tipologia delle stazioni presenti nel primo agglomerato risulta caratterizzata da un maggior numero di postazioni di monitoraggio influenzate direttamente dal traffico veicolare: queste risultano infatti più del 50%, contro il 33% delle stazioni collocate nel distretto ceramico.

Obiettivi imposti dalla Normativa

| NO ₂ | Periodo di mediazione | Entrata in vigore (19/7/99) | Dal 01/01/03 | Dal 01/01/04 | Dal 01/01/05 | Dal 01/01/06 | Dal 1/1/2010 |
|-----------------------|-----------------------|---|--------------|--------------|--------------|--------------|---------------|
| | | Valore limite aumentato del margine di tolleranza (MDT) | | | | | VALORE LIMITE |
| Valore limite orario | 1 ora | 300 | 270 | 260 | 250 | 240 | 200 |
| | | Max 18 ore in un anno | | | | | |
| Valore limite annuale | Anno civile | 60 | 54 | 52 | 50 | 48 | 40 |

Tab. n° 32– Obiettivi imposti dal DM 60/2002

Andamenti temporali nel 2005

Fig. n° 54: NO₂ - giorno tipico e settimana tipica annualefig. n° 55: NO₂ - concentrazioni medie mensili

Gli andamenti temporali mostrano concentrazioni superiori nell'Agglomerato di Modena, rispetto a quelle del Distretto. A questa differenza concorrono diversi fattori tra i quali sicuramente la diversa tipologia delle stazioni, già evidenziata in precedenza, oltre che il maggior rimescolamento dell'atmosfera che caratterizza la meteorologia dell'area pedecollinare.

Le medie mensili evidenziano la variabilità stagionale di questo inquinante: i mesi invernali, caratterizzati da condizioni meteorologiche più stabili, sono quelli più critici, mentre risulta evidente la riduzione delle concentrazioni che si registra nel mese di Agosto, determinata dal calo di tutte le attività. Analoga riduzione è visibile nei giorni festivi e prefestivi rappresentati nel grafico della settimana tipica annuale. Per quanto riguarda il giorno tipico, sono evidenti i due picchi, al mattino e alla sera, corrispondenti alle ore di maggior flusso veicolare e alle condizioni di maggior stabilità atmosferica.

I superamenti nel 2005

| NO2 | Agglomerato di Modena | | |
|---------------|----------------------------------|----------------|---|
| | Media oraria (n° superamenti) | | Media annuale ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) |
| | VL | di cui >VL+MDT | |
| Garibaldi | 14 | 2 | 61 |
| Giardini | 12 | 1 | 66 |
| Nonantolana | 2 | 0 | 49 |
| XX settembre | 0 | 0 | 46 |
| Amundsen | 11 | 0 | 52 |
| Carpi 1 | 10 | 3 | 62 |
| Carpi 2 | 13 | 1 | 49 |
| Castelfranco | 11 | 0 | 73 |
| Campogalliano | 1 | 0 | 61 |

| NO2 | Agglomerato del Distretto Ceramico | | |
|-----------|------------------------------------|----------------|---|
| | Media Oraria (n° superamenti) | | Media annuale ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) |
| | VL | di cui >VL+MDT | |
| Sassuolo | 34 | 2 | 65 |
| Maranello | 0 | 0 | 48 |
| Spezzano2 | 0 | 0 | 38 |

\leq VL
 > VL
 > VL+MDT

Tab. n° 33: Verifica rispetto dei valori limite e dei valori limite aumentati del margine di tolleranza

Dall'esame della Tab. n° 33 emerge la criticità di questo inquinante relativamente al rispetto della media annuale, che risulta superiore al VL in tutte le stazioni dell'Agglomerato di Modena e in due stazioni del Distretto. Non si registrano superamenti del limite orario (che si considera superato qualora vi siano più di 18 valori superiori a $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$), ad eccezione della stazione di Sassuolo, in cui i valori orari sono risultati per 34 volte superiori al VL.

Il trend delle concentrazioni

Dall'esame dei grafici di Fig. n° 56 emerge un lieve calo delle concentrazioni medie annuali nell'Agglomerato di Modena, che si mantengono invece costanti nei valori minimo e massimo; per quanto riguarda l'Agglomerato di Distretto i valori si confermano nel 2005 stazionari ed inferiori rispetto a quanto rilevato nell'Agglomerato di Modena.

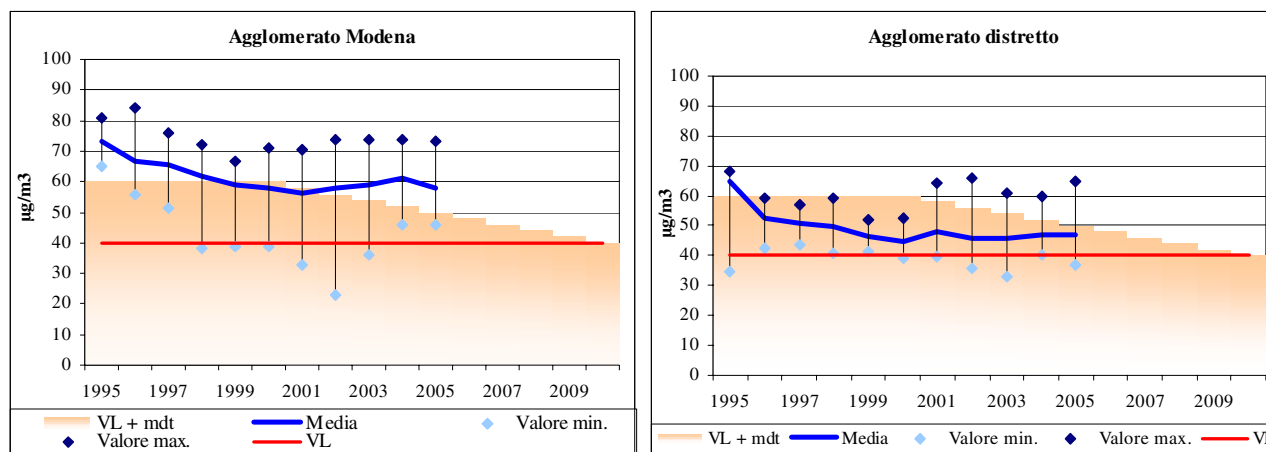


Fig. n° 56: NO₂ – trend della media annuale - confronto con VL e VL + MD

Polveri inalabili - PM10

Siti di misura: Le stazioni che misurano questo inquinante sono 4 nell'Agglomerato di Modena, (Nonantolana, Giardini, XX Settembre e Carpi 2) e 2 nel Distretto Ceramico (Spezzano 2 e Maranello). Le stazioni del distretto sono tutte classificate di fondo urbano, mentre tra quelle dell'agglomerato è presente la stazione di Giardini, classificata da traffico, e la stazione di Nonantolana, che sebbene sia classificata di fondo urbano risulta, rispetto alle altre di uguale tipologia, maggiormente influenzata dal traffico veicolare.

L'analizzatore di polveri della stazione di Giardini è stato attivato a maggio 2005, quindi pur concorrendo al dato dell'agglomerato, i dati non sono stati utilizzati per il confronto normativo, in quanto insufficienti per le elaborazioni annuali.

Obiettivi imposti dalla Normativa

| PM10 | Periodo di mediazione | In vigore dal 19/7/99 | Dal 01/01/01 | Dal 01/01/02 | Dal 01/01/03 | Dal 01/01/04 | Dal 1/1/05 |
|---|-----------------------|------------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|---------------|
| Valore limite aumentato del margine di tolleranza (MDT) | | | | | | | VALORE LIMITE |
| Valore limite 24 ore | 24 ore | 75 | 70 | 65 | 60 | 55 | 50 |
| | | Massimo 35 giorni in un anno | | | | | |
| Valore limite annuale | Anno civile | 48 | 46,4 | 44,8 | 43,2 | 41,6 | 40 |

Tab. n° 34– Obiettivi imposti dal DM 60/2002

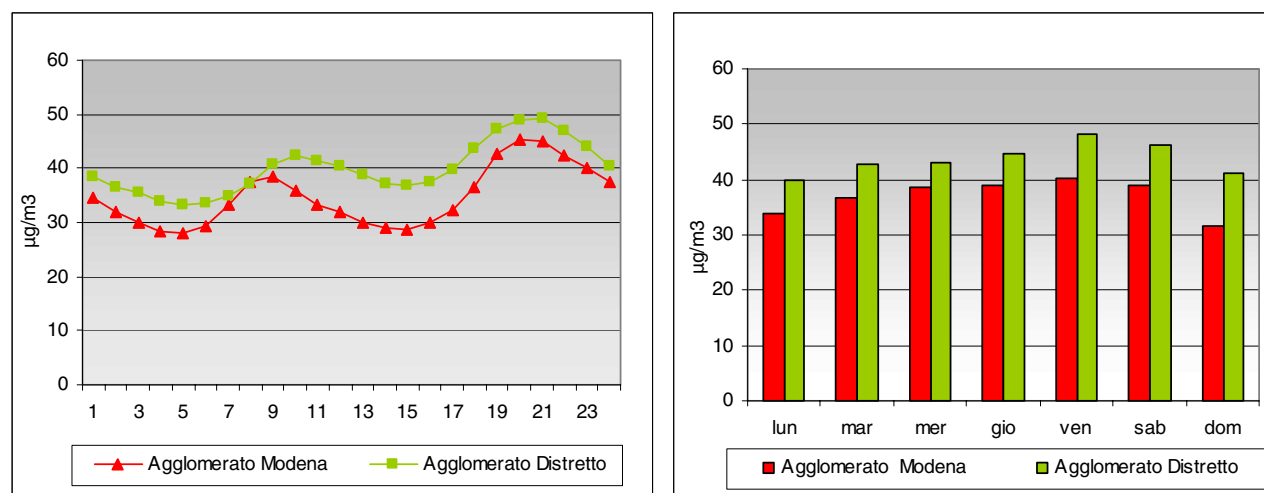
Andamenti temporali nel 2005

Fig. n° 57: PM10 - giorno tipico e settimana tipica annuale

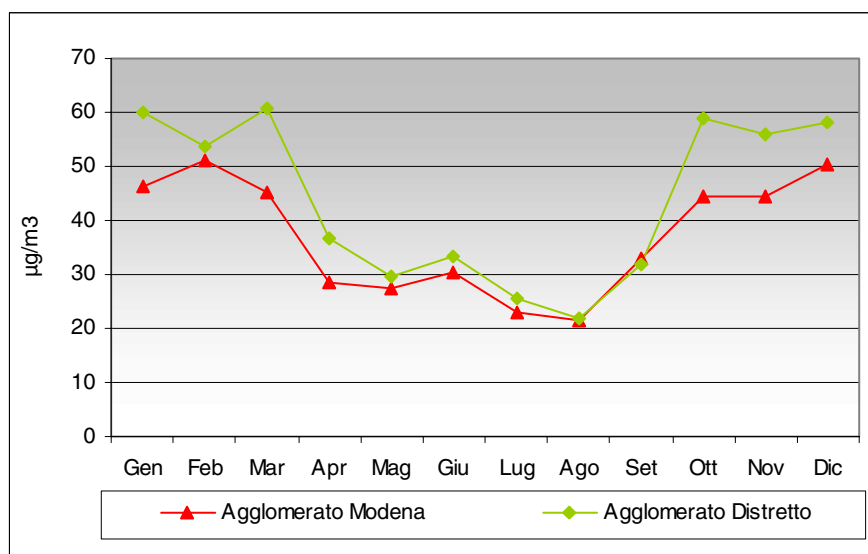


Fig. n° 58: PM10 - concentrazioni medie mensili

L'esame degli andamenti temporali evidenzia concentrazioni leggermente superiori nel Distretto Ceramico rispetto all'Agglomerato di Modena con andamenti pressoché simili; tali differenze sono più evidenti nei mesi invernali.

Nella settimana tipica, si nota un leggero aumento delle concentrazioni che raggiungono il valore massimo nella giornata di venerdì, e la sensibile diminuzione nella giornata di domenica dovuta al calo generalizzato delle attività. Le concentrazioni medie mensili seguono l'andamento tipico di un inquinante invernale, con valori contenuti già a partire dal mese aprile.

I superamenti nel 2005

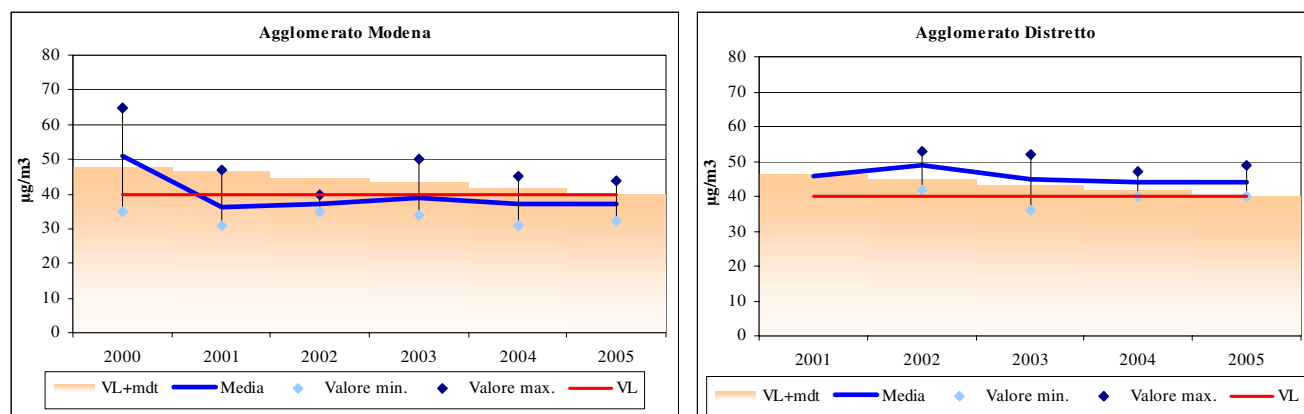
| PM10 | Agglomerato di Modena | |
|--------------|---------------------------------------|--------------------------|
| | Media giornaliera (n° superamenti) | Media annuale (µg/m³) |
| | VL | |
| Nonantolana | 108 | 44 |
| XX Settembre | 49 | 35 |
| Carpi 2 | 43 | 32 |

| PM10 | Agglomerato del Distretto Ceramico | |
|--|---------------------------------------|--------------------------|
| | Media giornaliera (n° superamenti) | Media annuale (µg/m³) |
| | VL | |
| Maranello | 96 | 42 |
| Spezzano2 | 88 | 40 |
| <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> ≤ VL > VL </div> | | |

Tab. n° 35: Verifica rispetto dei valori limite

La criticità a carico di questo inquinante emerge in particolare negli eventi acuti legati ai superamenti delle medie giornaliere, piuttosto che nei valori delle medie annuali. La Tab. n° 35 evidenzia infatti il superamento del valore limite definito sulla media giornaliera in tutte le stazioni, mentre la media annuale solo in due casi risulta di poco superiore al limite.

Il trend delle concentrazioni



Le concentrazioni rilevate nel 2005 si mantengono stazionarie rispetto al 2004 in entrambi gli agglomerati. Dal 2001, non si registrano sostanziali variazioni nei livelli medi di PM10 misurati.

Polveri Totali Sospese

Siti di misura: Le stazioni che misurano questo inquinante sono 3 di cui 2 nell'Agglomerato di Modena, (Giardini e Nonantolana) e 1 in quello del Distretto Ceramico (Sassuolo). La tipologia delle stazioni è simile per Giardini e Sassuolo, definite urbane da traffico, mentre Nonantolana è classificata di fondo urbano, anche se comunque risulta influenzata dal traffico veicolare della omonima strada da cui è posta a circa 90 m.

Obiettivi imposti dalla Normativa

Con l'entrata in vigore nel 2005 del limite previsto dal DM 60/02 per il PM₁₀, risultano abrogati contestualmente gli standard di qualità previsti dal DPCM/83 per le PTS. Il monitoraggio è volto quindi al mantenimento delle conoscenze su questo inquinante in relazione al suo rapporto con la frazione PM₁₀.

Andamenti temporali nel 2005

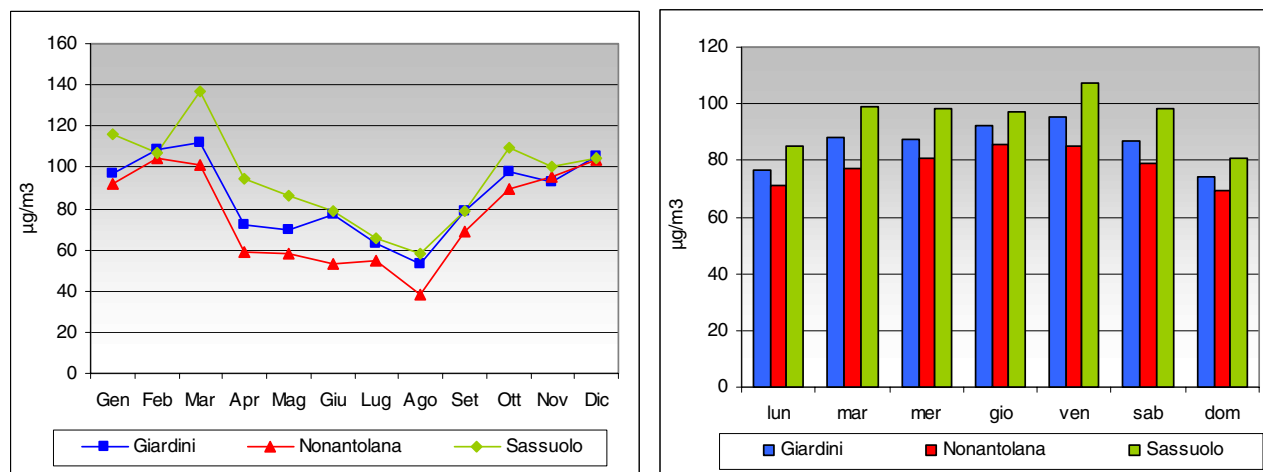


Fig. n° 59: PTS - Medie mensili e settimana tipica annuale

Gli andamenti temporali seguono quanto già evidenziato precedentemente per il PM₁₀ sia relativamente alle medie mensili, sia rispetto al dato settimanale; le concentrazioni sono superiori nella stazione di Sassuolo rispetto a quelle dell'Agglomerato di Modena.

Non è stato riportato il giorno tipico in quanto gli analizzatori di polveri totali forniscono solo un dato giornaliero.

Il trend delle concentrazioni

L'andamento delle concentrazioni conferma il calo dei livelli di polveri totali registrato dalla metà degli anni 90; a partire dal 2002/2003, le concentrazioni si mantengono sostanzialmente stazionarie.

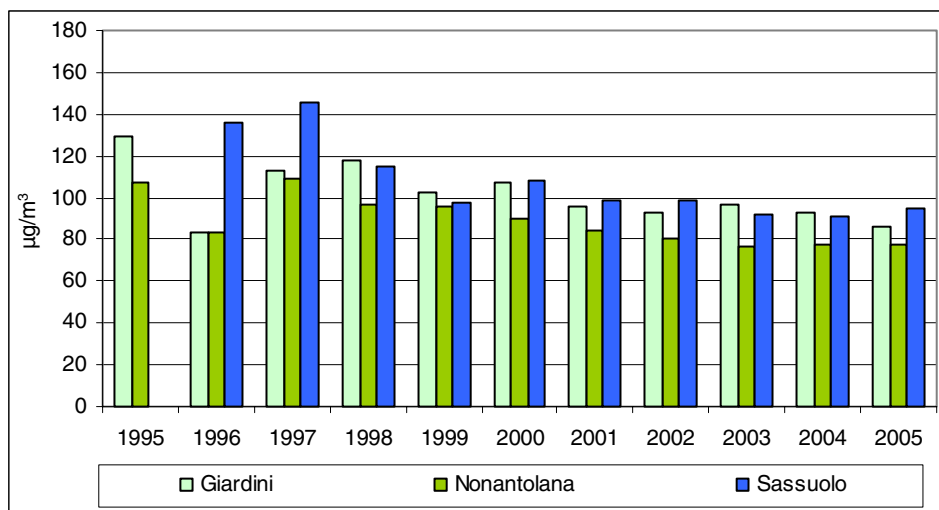


Fig. n° 60: PTS - trend delle concentrazioni medie annuali

Monossido di Carbonio

Siti di misura: Le stazioni che misurano questo inquinante sono 9 nell'Agglomerato di Modena, (Giardini, Nonantolana, XX Settembre, Garibaldi, Amundsen, Castelfranco, Campogalliano, Carpi1 e Carpi2) e 3 nel Distretto Ceramico (Spezzano 2, Maranello, Sassuolo). La tipologia delle stazioni presenti nel primo agglomerato risulta caratterizzata da un maggior numero di postazioni influenzate direttamente dal traffico veicolare: queste sono infatti più del 50% contro il 33% delle stazioni collocate nel distretto ceramico.

Obiettivi imposti dalla Normativa

| CO | Periodo di mediazione | Entrata in vigore (13/12/00) | Dal 01/01/03 | Dal 01/01/04 | Dal 1/1/2005 |
|---------------|-------------------------------------|---|--------------|--------------|---------------|
| | | Valore limite aumentato del margine di tolleranza (MDT) | | | VALORE LIMITE |
| Valore limite | Media massima* giornaliera su 8 ore | 16 | 14 | 12 | 10 |

* individuata esaminando le medie mobili su 8 ore calcolate in base ai dati orari e aggiornate ogni ora

Tab. n° 36: Obiettivi imposti dal DM 60/2002

Andamenti temporali nel 2005

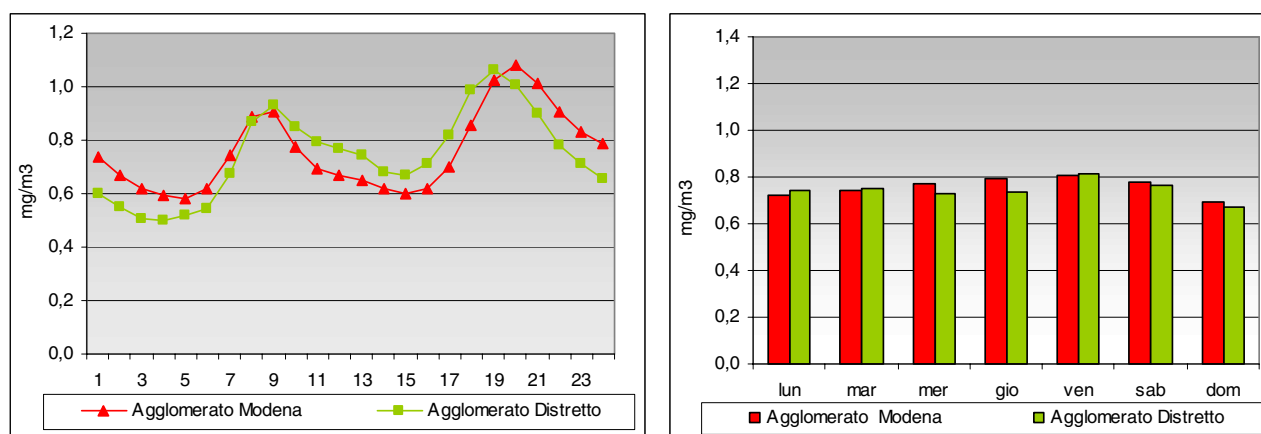


Fig. n° 61: CO - Giorno tipico e settimana tipica annuale

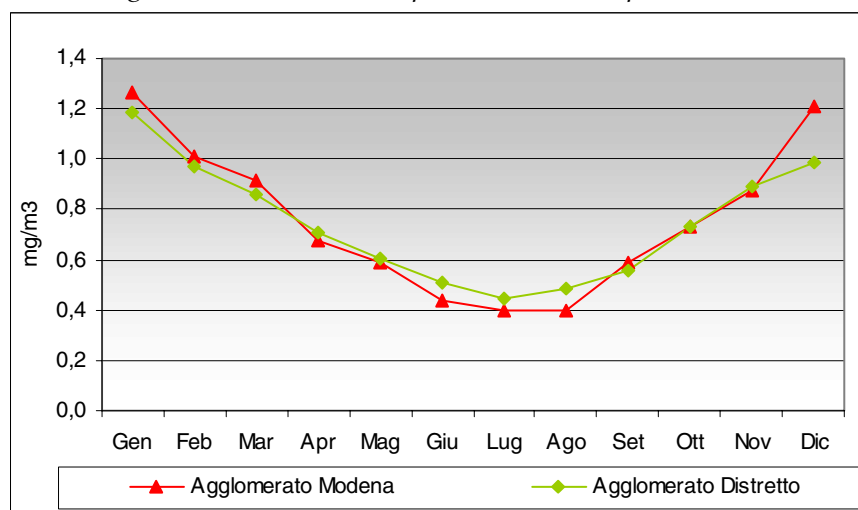


Fig. n° 62: CO - concentrazioni medie mensili

Gli andamenti temporali mostrano concentrazioni simili nelle realtà esaminate, con variabilità stagionali, giornaliere e settimanali analoghe agli altri inquinanti esaminati.

I superamenti nel 2005

| CO | Agglomerato di Modena |
|--------------|---|
| | Max Media su 8 ore (mg/m ³) |
| Amundsen | 2,7 |
| Garibaldi | 4,3 |
| Giardini | 2,9 |
| Nonantolana | 4,2 |
| XX Settembre | 2,1 |
| Carpi 1 | 4,4 |
| Carpi2 | 3,9 |

| CO | Agglomerato Distretto |
|--|---|
| | Max Media su 8 ore (mg/m ³) |
| Sassuolo | 3,7 |
| Maranello | 2,4 |
| Spezzano2 | 2,3 |
| <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <= VL > VL </div> | |

Nel 2005 non si sono registrati superamenti del valore limite.

Il trend delle concentrazioni

I livelli ambientali di inquinante risultano ormai molto contenuti e prossimi al limite di rilevabilità strumentale.

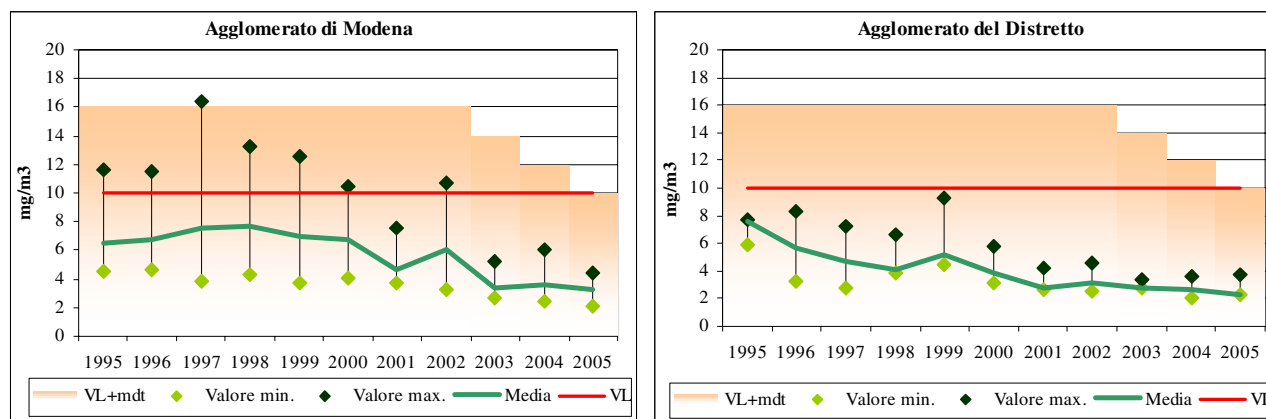


Fig. n° 63: CO – trend della massima media mobile su 8 ore -confronto con il VL e il VL+MDT

Benzene

Siti di misura: Le stazioni che misurano questo inquinante sono 3 nell'agglomerato di Modena, (Nonantolana, XX Settembre e Carpi 1) e 2 in quello del distretto Ceramico (Maranello, Sassuolo). La tipologia delle stazioni presenti nei due agglomerati è simile; in entrambi i casi infatti ho una sola stazione influenzata direttamente dal traffico, mentre le altre sono classificabili di fondo urbano, anche se con alcune differenze (Nonantolana risulta più esposta al traffico rispetto alle altre due).

Obiettivi imposti dalla Normativa

| Benzene | Periodo di mediazione | Entrata in vigore (13/12/00) | Dal 01/01/06 | Dal 01/01/07 | Dal 01/01/08 | Dal 01/01/09 | Dal 1/1/2010 |
|--|-----------------------|---|--------------|--------------|--------------|--------------|---------------|
| | | Valore limite aumentato del margine di tolleranza (MDT) | | | | | VALORE LIMITE |
| Valore limite annuale per la protezione della salute umana | Anno civile | 10 | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 |

Tab. n° 37: Obiettivi imposti dal DM 60/2002

Nel corso dell'anno non si sono registrati superamenti del valore limite aumentato del margine di tolleranza previsto per il 2004, né dell'obiettivo da raggiungere nel 2010.

Andamenti temporali nel 2005

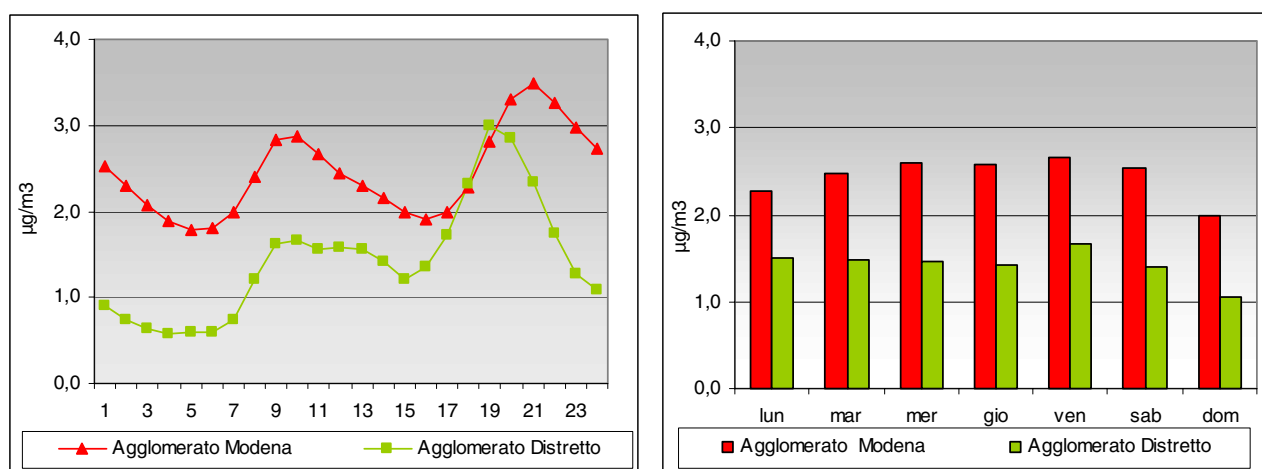


Fig. n° 64 : Benzene - giorno tipico e settimana tipica annuale

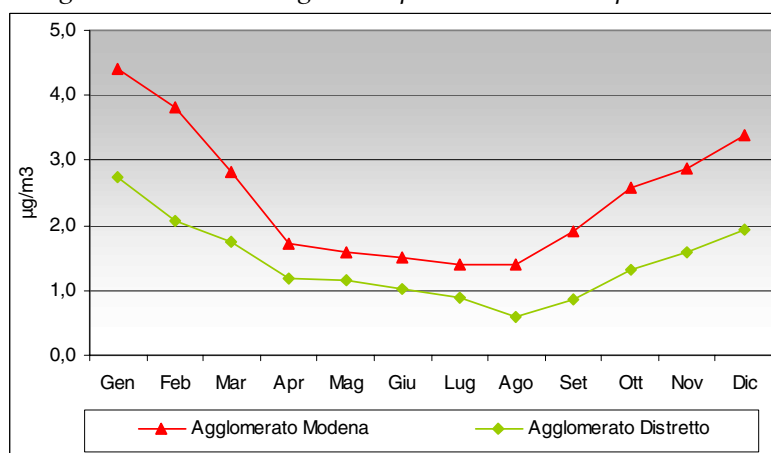


Fig. n° 65: benzene - concentrazioni medie mensili

Il giorno tipico segue andamenti parzialmente diversi nei due Agglomerati: nel Distretto dopo l'aumento delle concentrazioni che avviene attorno alle 9, i livelli rilevati rimangono pressoché costanti per tutta la mattina, per poi aumentare nuovamente dalle ore 17 fino alle ore 19, mentre nell'Agglomerato di Modena, che presenta concentrazioni maggiori, la presenza di due picchi è più marcata, con due massimi ben evidenti alle ore 9 e alle ore 21. Questo diverso andamento può essere determinato sia da una diversa meteorologia, sia dalla diversa tipologia di traffico che caratterizza le due aree.

I livelli più elevati di benzene in area urbana rispetto al distretto sono attribuibili al maggior numero di veicoli a benzina circolanti, che risultano i principali responsabili delle emissioni di questo inquinante.

I superamenti nel 2005

| Benzene | Agglomerato di Modena |
|-------------|------------------------------------|
| | Media annuale (µg/m ³) |
| Nonantolana | 2,8 |
| Carpi1 | 2,7 |

| Benzene | Agglomerato Distretto |
|---|------------------------------------|
| | Media annuale (µg/m ³) |
| Sassuolo | 2,8 |
| Maranello | 2,7 |
| ≤ VL > VL > VL+MDT | |

Il trend delle concentrazioni

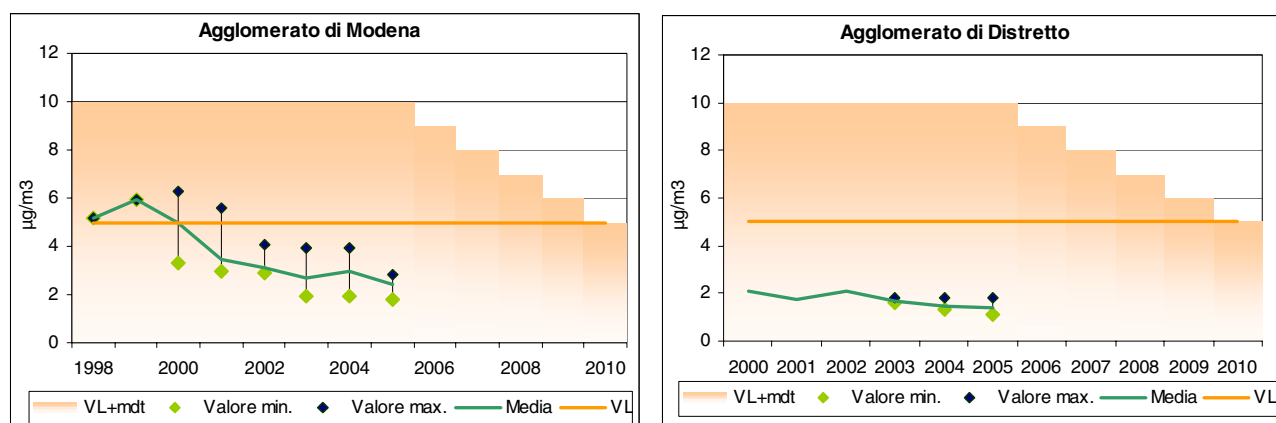


Fig. n° 66: Benzene – trend della media annuale -confronto con VL e VL + MDT

L'esame dei grafici di Fig. n° 66 conferma il trend in calo, particolarmente evidente nell'Agglomerato di Modena; tutte le stazioni hanno rispettato l'obiettivo previsto per il 2010.

Ozono

Siti di misura: Le stazioni che misurano questo inquinante sono 3 nell'Agglomerato di Modena, (Nonantolana, XX Settembre, Garibaldi) e 2 in quello del Distretto Ceramico (Spezzano 1, Maranello). Tra le stazioni presenti nell'Agglomerato di Modena, quella più rappresentativa per questo inquinante è XX Settembre che non risulta direttamente influenzata da sorgenti di inquinanti primari; nel Distretto Ceramico invece entrambe le stazioni risultano significative per il monitoraggio dell'ozono.

Obiettivi imposti dalla Normativa:Soglie di informazione e di allarme

| | parametro | Soglia |
|------------------------|----------------|------------------------------|
| Soglia di informazione | Media di 1 ora | 180 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ |
| Soglia di allarme | Media di 1 ora | 240 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ |

Tab. n° 38: Soglie di informazione e di allarme

Valori di riferimento per la protezione della salute umana

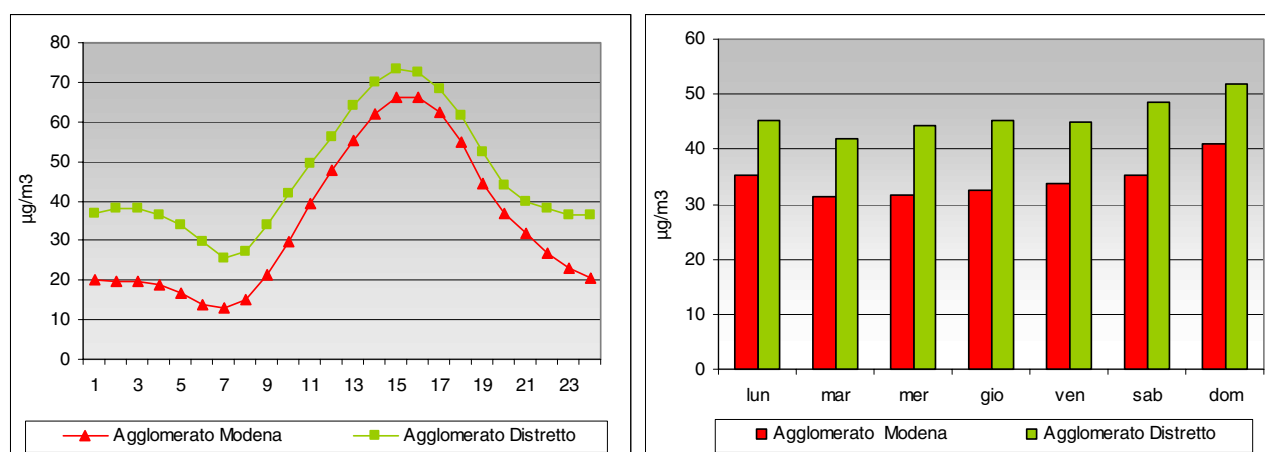
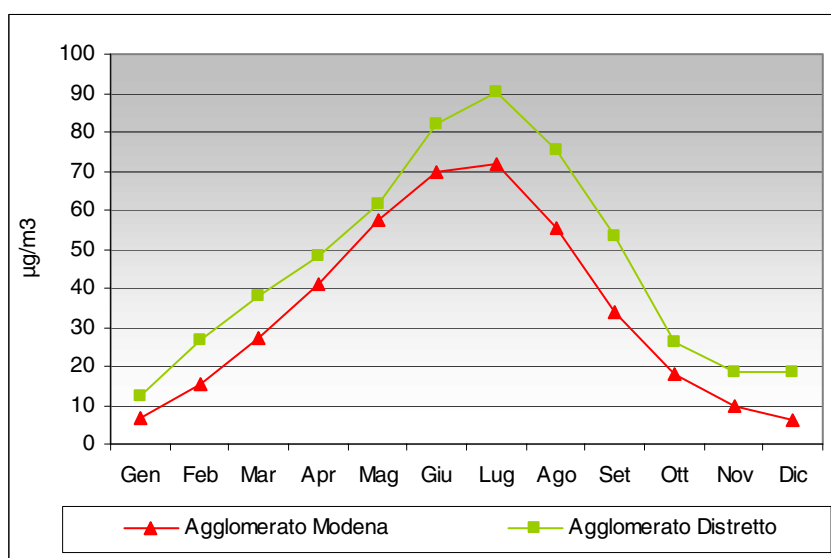
| | Parametro | Valore bersaglio per il 2010 |
|---------------------------|--------------------------------------|---|
| Valore bersaglio | Media su 8 ore - massima giornaliera | 120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ da non superare per più di 25 giorni per anno civile come media su 3 anni |
| Obiettivo a lungo termine | Media su 8 ore - massima giornaliera | 120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ da non superare nell'arco di un anno civile |

Tab. n° 39: Salute Umana - Valore bersaglio (VB) e obiettivo a lungo termine (OLT)

Valori di riferimento per la protezione della vegetazione

| | Parametro | Obiettivo a lungo termine |
|---------------------------|---|---|
| Valore bersaglio | AOT40 calcolato sulla base dei valori orari da maggio a luglio | 18000 $\mu\text{g}/\text{m}^3 \cdot \text{h}$ come media su 5 anni |
| Obiettivo a lungo termine | AOT40 calcolato sulla base dei valori di un'ora da maggio a luglio | 6000 $\mu\text{g}/\text{m}^3 \cdot \text{h}$ |

Tab. n° 40: Vegetazione - Valore bersaglio (VB) e obiettivo a lungo termine (OLT)

Andamenti temporali nel 2005*Fig. n° 67: Ozono - giorno tipico e settimana tipica annuale**Fig. n° 68: Ozono - concentrazioni medie mensili*

Gli andamenti temporali sono quelli tipici di un inquinante di origine fotochimica, con valori più elevati nelle stagioni e nelle ore di massimo irraggiamento solare. In entrambi i casi, si osserva un leggero aumento dei valori nelle giornate di sabato e domenica, determinato dalla minor presenza in atmosfera di inquinanti primari.

I superamenti nel 2005

I superamenti registrati nell'anno in esame sono stati valutati solo nelle stazioni più significative per il monitoraggio di questo inquinante, quindi per l'Agglomerato di Modena è stata considerata solo la stazione di XX Settembre.

| O3 | Agglomerato di Modena | | |
|--------------|--|--------|---|
| | N°superamenti soglia di informazione (180 µg/m3) | | N°superamenti soglia di allarme (240 µg/m3) |
| | N° giorni | N° ore | |
| XX Settembre | 3 | 17 | 0 |

| O3 | Agglomerato del Distretto Ceramico | | |
|-----------|--|-------|---|
| | N°superamenti soglia di informazione (180 µg/m3) | | N°superamenti soglia di allarme (240 µg/m3) |
| | N°giorni | N°ore | |
| Maranello | 9 | 34 | 0 |
| Spezzano1 | 8 | 37 | 0 |

| | Max media mobile 8 h (µg/m3) | | AOT40 (µg/m3*h) | |
|---|--|--|---|--|
| | N°superamenti anno 2005 (OLT =120 µg/m3) | N°superamenti media anni 03/04/05 (VB=120µg/m3 max 25 superamenti) | anno 2005 (OLT = 6000 µg/m3) | AOT40 media su 5 anni 2001 - 2005 (VB = 18000 µg/m3) |
| XX Settembre | 61 | 69 | 32059 | 35690 |
| Maranello | 51 | 64 | 31011 | 29492 |
| Spezzano | 53 | 53 | 29161 | 23472 |
| VB: Valore bersaglio per la protezione della salute umana OLT: Obiettivo al lungo termine per la protezione della salute umana | | | VB: Valore bersaglio per la protezione della vegetazione OLT: Obiettivo al lungo termine per la protezione della vegetazione | |

Tab. n° 41: verifica del rispetto dei limiti normativi

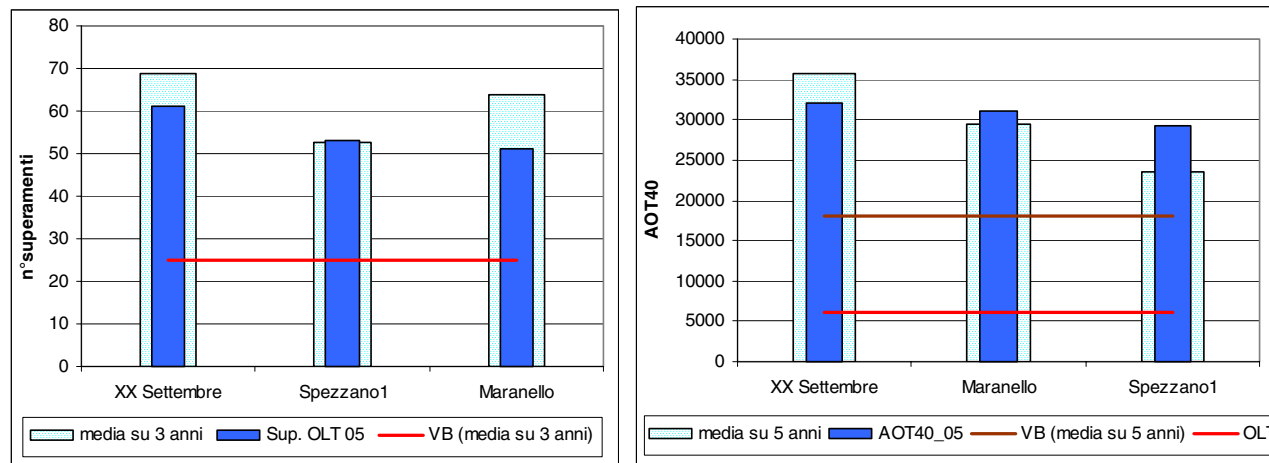


Fig. n° 69: Ozono - n° superamenti dei valori medi su 8 ore definiti per la protezione della salute umana e AOT40 per la protezione della vegetazione

L'analisi dei dati, non evidenzia superamenti della soglia di allarme, ma risultano critici i livelli in relazione al valore bersaglio e all'obiettivo a lungo termine, sia per la protezione della salute umana, che per la protezione della vegetazione.

Il trend delle concentrazioni

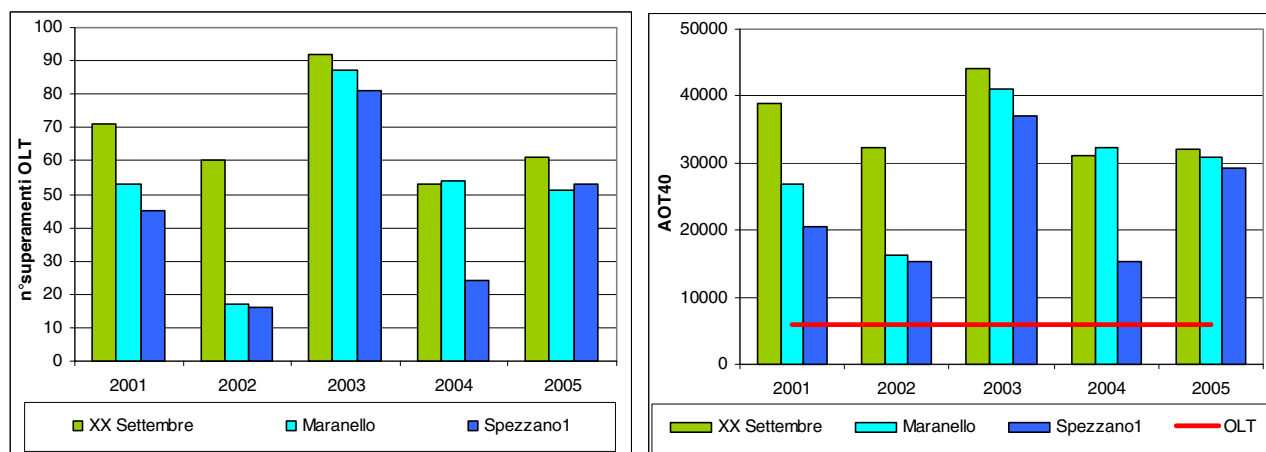


Fig. n° 70: Ozono – trend degli indicatori fissati dalla normativa per la protezione della salute umana e della vegetazione

La valutazione dei trend delle concentrazioni è stata effettuata considerando l'AOT40 e il numero dei superamenti della massima media mobile delle 8 ore, calcolati ogni anno a partire dal 2000. La variabilità negli anni dell'AOT40 e del numero dei superamenti appare principalmente legata alla meteorologia che ha caratterizzato la stagione estiva; nel 2002 i mesi di luglio e agosto, sono stati particolarmente piovosi, mentre nel 2003 l'estate è stata estremamente afosa con temperature particolarmente elevate.

Allo stato attuale i grafici evidenziano livelli di ozono ancora troppo elevati rispetto agli obiettivi fissati dalla normativa e tali livelli non mostrano trend in atto tali da far presupporre un avvicinamento a tali valori.

ASPETTI SANITARI DELL'INQUINAMENTO ATMOSFERICO E DATI EPIDEMIOLOGICI

(fonte: AUSL di Modena)

Aspetti sanitari

Premessa generale

Respirare è un'attività fisiologica indispensabile per la sopravvivenza dell'organismo e godere di buona salute dipende anche dalla qualità dell'aria che respiriamo: più basso è il livello di sostanze inquinanti o tossiche, migliore sarà la qualità della nostra vita.

A partire dai primi anni '90 una numerosa serie di studi epidemiologici ha messo in evidenza che anche concentrazioni limitate di inquinanti (come quelle abitualmente presenti negli USA e in Europa occidentale, specialmente negli Agglomerati Urbani) manifestano un'associazione statisticamente significativa con aumentati livelli di mortalità, morbilità e ricoveri sanitari.

Come è noto, l'aria che ci circonda contiene un notevole numero di inquinanti più o meno tossici, presenti a concentrazioni variabili sia nello spazio che nel tempo. Tale complessità di scenario ha finora impedito la precisa valutazione degli effetti sulla salute causati da ogni singolo inquinante o dalla interazione dei diversi inquinanti contemporaneamente presenti nell'aria.

Principali problematiche

In medicina occorre tener presente che molte patologie rilevanti (es. neoplasie, malattie croniche respiratorie, ecc.) presentano un'**eziologia multifattoriale**: in pratica i casi di una malattia attribuibili ad un agente ambientale non sono clinicamente distinguibili da quelli causati da fattori di rischio professionali e/o legati allo stile di vita.

Si può quindi affermare che *“salvo poche eccezioni, non esistono patologie specifiche da inquinamento ambientale; tuttalpiù l'inquinamento può agire aumentando l'incidenza di patologie note che sono comunque riscontrabili nella popolazione generale”* (Iavarone, 2004).

Pertanto, la stima realistica di quanti casi di una patologia siano effettivamente attribuibili ad un inquinante ambientale (es. PM₁₀) deve basarsi sulla corretta valutazione dell'esposizione all'agente di interesse. Oggigiorno, invece, si deve ricorrere a misure indirette (concentrazioni), quali le valutazioni effettuate dalle Agenzie Ambientali (es. ARPA) relative ai livelli ambientali degli agenti inquinanti.

A complicare la stima dell'esposizione media individuale sul medio-lungo periodo concorrono anche altri fattori (Iavarone) quali:

- **l'elevata variabilità spazio-temporale** delle concentrazioni degli inquinanti, dovuti anche alla collocazione geografica (es. PM₁₀ in zone ad elevato traffico e aree rurali);
- **l'ampia diffusione dell'inquinante** che non permette il confronto con situazioni di assenza di esposizione ambientale (non esistendo gruppi di non esposti, occorre identificare gruppi di popolazione con diversi livelli di esposizione);
- **la presenza di esposizioni multiple e simultanea a miscele complesse di inquinanti** di interesse sanitario, le cui concentrazioni sono spesso altamente correlate (da qui discende la necessità nel quantificare i contributi di singoli agenti e delle loro interazioni sull'incidenza di

nel quantificare i contributi di singoli agenti e delle loro interazioni sull'incidenza di effetti sanitari);

- **la presenza di uno stesso inquinante** in più di un comparto ambientale (aria, acqua e suolo, catena trofica) che quindi può essere assunto attraverso diverse modalità di esposizione.

Riassumendo si può quindi affermare che:

- 1) Il problema epidemiologico del rapporto tra inquinamento ambientale e salute è determinato dal fatto che **la misura diretta dell'esposizione della popolazione ad agenti ambientali è raramente attuabile**, in quanto solo con studi specifici è possibile misurare la reale assunzione di inquinanti da parte delle popolazione interessata.
- 2) In ogni caso (e proprio a causa dell'eziologia multifattoriale di molte patologie rilevanti) è di fondamentale importanza **valutare il contributo ambientale "al netto" dell'effetto di altri fattori di rischio** (fattori di confondimento) quali: stile di vita (abitudini al fumo, consumo di alcool, dieta, ecc.); attività lavorativa (esposizioni professionali); fattori generali (età, livello socio-economico, stato pregresso di salute).

Ne consegue che, in accordo con la pubblicistica più recente, soltanto gli **studi epidemiologici di tipo analitico** possono dimostrare le associazioni tra inquinanti e patologie attraverso un controllo adeguato dei fattori di confondimento. Infatti, solo la metodologia basata sull'uso di indicatori biologici – che permettono di analizzare compiutamente le potenziali integrazioni delle diverse sorgenti e le diffusi modalità di esposizione (inalazione, ingestione e assunzione dermica) - risulta essere il metodo di elezione utile a identificare il ruolo e il peso dei diversi inquinanti.

Con Lagorio occorre concludere che *"l'elemento chiave per analizzare il ruolo dell'inquinamento atmosferico, sta nella possibilità di attribuire alla residenza dei soggetti inclusi nelle coorti stime (puntuali) delle concentrazioni atmosferiche di inquinanti"*.

In attesa che la comunità scientifica internazionale elabori e produca un numero sufficiente di questi studi, è comunque doveroso dar conto dell'estesa pubblicistica in materia di rapporto tra inquinamento dell'aria e patologie correlate che pur nei limiti metodologici appena evidenziati, permette una **stima indicativa** dell'interazione tra ambiente e salute.

Le Polveri Atmosferiche (PM₁₀; PM_{2,5}; PM_{1,0})

La caratteristica principale delle **polveri** come noxae ambientali è che esse sono ubiquitarie, prodotte infatti da un elevatissimo numero di sorgenti, risollevate di continuo dal traffico e diluite a seconda delle condizioni atmosferiche. Parte delle particelle che costituiscono le polveri atmosferiche viene emessa come tale da diverse sorgenti naturali ed antropiche (*particelle primarie*); parte di esse deriva invece da una serie di reazioni chimiche e fisiche che avvengono nell'atmosfera (*particelle secondarie*).

Le polveri PM₁₀ sono costituite da una miscela di sostanze che includono elementi quali il carbonio, il piombo, il nichel, composti come i nitrati, i solfati o composti organici, ed anche miscele complesse come particelle di suolo o provenienti dagli scarichi dei veicoli diesel.

Le polveri PM_{2,5} prodotte perlopiù dal ciclo di combustione dei motori (soprattutto alimentati a gasolio), risultano a loro volta potenzialmente pericolose per la presenza di solfati, metalli tossici quali il piombo, il cadmio ed il nichel in concentrazioni maggiori rispetto al particolato di dimensioni maggiori, ed infine ossidi di azoto ed idrocarburi, inquinanti che partecipano alla formazione delle particelle secondarie.

Oltre che dalla natura dei venti e dalle precipitazioni, la permanenza in atmosfera delle polveri è fortemente condizionata dalle dimensioni delle particelle. Quelle che hanno un diametro superiore a 50 micrometri sono visibili nell'aria e sedimentano piuttosto velocemente causando fenomeni di

inquinamento su scala molto ristretta, le polveri PM₁₀ possono invece rimanere in sospensione nell'aria per circa 12 ore, mentre le particelle aventi diametro pari ad 1 micron rimangono in circolazione per circa un mese. Questa è una delle caratteristiche che rende le polveri inalabili e respirabili particolarmente insidiose per la salute dell'uomo.

A seconda della capacità di penetrare nell'albero respiratorio, le polveri vengono classificate in:

- polveri inalabili: in grado di penetrare nel tratto superiore dell'apparato respiratorio (dal naso alla laringe);
- polveri toraciche: in grado di raggiungere i polmoni, si possono depositare in qualche tratto dell'apparato respiratorio oppure essere espirate; sono le polveri PM₁₀;
- polveri respirabili: possono invece penetrare nel tratto inferiore dell'apparato respiratorio (dalla trachea fino agli alveoli polmonari); sono le polveri PM_{2,5}.

Sono numerosi gli studi epidemiologici che hanno trovato un'associazione tra il particolato, soprattutto quello fine, da solo o in associazione con altri inquinanti, e una serie di effetti sulla salute; sempre più di frequente la concentrazione di questo inquinante è assunto come valore di riferimento per gli studi epidemiologici sull'effetto generale dell'inquinamento dell'aria.

La maggior parte di questi studi sono degli studi di serie temporali che hanno indagato gli **effetti a breve termine**, cioè gli effetti sanitari che si manifestano entro pochi giorni da episodi di inquinamento atmosferico: in questi studi è ormai dimostrato che la **mortalità** (per tutte le cause naturali) segna un aumento dell'1% ogni 10 µg/m³ di incremento delle PM₁₀ rispetto alla media annuale. Anche i ricoveri e gli accessi al pronto soccorso per riacutizzazioni di patologie cardiache e respiratorie risultano aumentati in modo statisticamente significativo in queste circostanze.

Gli studi di coorte, che seguono alcune specifiche popolazioni per un **lungo periodo di tempo**, hanno riportato invece un'associazione tra esposizioni prolungate ed aumenti della mortalità per malattie cardiovascolari, ed un'aumentata incidenza di patologie respiratorie e di tumore polmonare.

E' importante evidenziare tuttavia che questi aumenti di morbosità e mortalità non avvengono su tutta la popolazione: infatti, gli studi epidemiologici che hanno comparato gli effetti delle polveri sulla mortalità e morbosità tra diversi gruppi di persone, hanno dimostrato una **maggior mortalità a breve termine tra le persone con patologie cardiovascolari e/o respiratorie soprattutto se anziane**, tanto da ipotizzare un effetto di anticipazione della data di decesso naturale (*harvesting*).

Anche i **bambini**, per l'elevata attività fisica che svolgono all'aperto, per la maggior ventilazione polmonare per unità di peso corporeo e per l'imaturità del loro apparato respiratorio, rientrano tra i gruppi a rischio. In particolare sono a rischio per lo scatenamento di attacchi di asma, l'insorgenza di sintomi quali tosse e catarro e la temporanea riduzione della funzionalità polmonare.

Principali studi

- Dockery e Pope stimarono la variazione combinata proporzionale nella mortalità giornaliera per un aumento di 10 µg/m³ di aumento nel PM₁₀ in: 1% delle morti totali, 3,4% morti per patologie respiratorie, 1,4% mortalità cardiovascolare.
- Lo studio osservazionale SIDRIA, condotto in 10 città italiane mediante questionario per valutare l'incidenza di sintomi respiratori cronici nei bambini in relazione a dati di inquinamento aereo, afferma che nelle aeree metropolitane l'elevata incidenza di traffico da veicoli diesel in vie residenziali è associata ad un rischio significativamente elevato di bronchiti ricorrenti, bronchioliti, polmoniti.
- Secondo Tominz, uno studio condotto a Trieste basato sul software AirQ dimostrerebbe che, contenendo i picchi di concentrazione di PM₁₀ sempre al di sotto del valore di 50 µg/m³, si assisterebbe ad una diminuzione di decessi nell'ordine dei 6 casi ogni 100.00 abitanti.

- *In uno studio condotto a Milano, Crosignani afferma invece che, se il livello medio annuo di PM_{10} invece di $59 \mu g/m^3$, fosse di $40 \mu g/m^3$, vi sarebbero 148 morti in meno nella città solo per gli effetti a breve termine. Applicando il metodo statistico elaborato da Kuzli per gli effetti a lungo termine (15 anni), si sarebbero avuti altri 783 morti in meno ogni anno a parità di concentrazione ($40 \mu g/m^3$). Ciò presuppone - secondo questo studioso - che lo scopo principale del controllo delle emissioni in atmosfera non sia quello di limitare il numero dei superamenti, quanto quello di abbassare la media delle esposizioni a PM_{10} .*

I dati storici presentati in questo Quadro Conoscitivo dimostrano due cose: che i livelli di concentrazione degli inquinanti primari sono soggetti a significative variazioni spaziali e temporali e soprattutto che il trend storico ha segnato una diminuzione della concentrazione media annuale dei livelli di inquinamento dell'aria.

Applicando i criteri sopra elencati si potrebbe supporre quindi una analoga diminuzione nel numero dei decessi registrati nei gruppi a rischio.

Incidentalmente va ribadito che nel decennio 1990-2000 la vita media della popolazione modenese è passata per i maschi da 74 a 77 anni, per le femmine da 80 a 82 anni; valori che pongono la vita media provinciale ad una quota leggermente superiore alla media italiana ed europea. Sebbene nell'allungamento della vita media giocano numerosi fattori economici, sanitari, organizzativi e persino culturali, non è da trascurare l'apporto dato da un diminuito livello dell'inquinamento dell'ambiente.

Relativamente alla VALSAT è da ribadire che l'applicazione certa delle Azioni 2007 e 2012 per il contenimento/diminuzione delle concentrazioni - come peraltro indicato nell'esempio connesso agli scenari futuri per l'agglomerato di Modena - è fondamentale strumento per poter apportare ulteriore benefici per la popolazione in generale e la salvaguardia della salute dei gruppi a rischio (bambini, anziani e ammalati).

Stime indicative sul probabile numero di persone che potrebbero usufruire di questi miglioramenti potranno essere realizzate solo a seguito della pubblicazione di tabelle o grafici relativi agli scenari tipici della concentrazione media annuale delle polveri sottili (PM_{10} ; $PM_{2,5}$).

| Effetti a breve termine | Incremento |
|---|------------------|
| Aumento della mortalità giornaliera | 0.5-1% |
| - per cause respiratorie | 3-4% |
| - per cause cardiocircolatorie | 1-2% |
| Aumento dei ricoveri in ospedale per malattie respiratorie (per malattie cardiocircolatorie) | 1.5-2% 0.5-1% |
| Aumento delle consultazioni mediche urgenti a causa dell'asma | 2% |
| Aumento degli attacchi di asma negli asmatici | 5% |
| Aumento dell'uso dei farmaci broncodilatatori negli asmatici | 5% |
| Aumento delle assenze dal lavoro e diminuzione delle attività per malattia | 10% |
| Effetti a lungo termine | |
| Aumento complessivo della mortalità | 3-8% |
| Aumento dell'incidenza di bronchite cronica negli adulti | 25% |

| | |
|--|-----|
| Aumento della tosse e della espettorazione negli adulti | 13% |
| Aumento della bronchite e dei disturbi respiratori nei bambini | 35% |
| Diminuzione della funzione polmonare negli adulti | 3% |

Tab n°41 a - Incremento percentuale nella frequenza dei fenomeni sanitari in una città all'aumentare di 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ nella concentrazione delle polveri sottili PM_{10} .

Ossidi di Azoto

In atmosfera sono presenti diverse specie di ossidi di azoto: i principali inquinanti sono raccolti nel termine **NO_x** che rappresenta la somma pesata del monossido di azoto, inquinante primario (NO), e del biossido di azoto, inquinante secondario (NO₂).

Il **monossido di azoto** ha sull'uomo un'azione analoga al monossido di carbonio, fissandosi all'emoglobina con formazione di nitroso-metaemoglobina. Questo processo interferisce con la normale ossigenazione dei tessuti da parte del sangue. Più importante è il **biossido di azoto**, un gas irritante più pericoloso per la salute umana, con una tossicità fino a quattro volte maggiore di quella del monossido di azoto.

Per **esposizioni acute** a concentrazioni molto elevate si possono avere risposte infiammatorie delle vie aeree anche in soggetti sani. Tuttavia, i soggetti più suscettibili alle basse concentrazioni, tipiche dei valori di inquinamento riscontrabili, sono gli asmatici o i pazienti con malattie polmonari croniche ostruttive (Bpco). Lunghe esposizioni, anche a basse concentrazioni, provocano una diminuzione delle difese polmonari con conseguente aumento di rischio di affezioni alle vie respiratorie.

La nocività degli ossidi di azoto è inoltre legata al fatto che essi concorrono a dar luogo, principalmente nei mesi più caldi con forte irraggiamento solare, ad una serie di reazioni fotochimiche secondarie che portano alla formazione di vari inquinanti noti comunemente con il nome di "**smog fotochimico**".

Principali studi

Uno studio multicentrico europeo (APHEA) ha recentemente di nuovo confermato un'associazione delle concentrazioni giornaliere di particolato, SO₂ ed NO₂ con la mortalità giornaliera.

Questi dati sembrano fornire evidenze alla tesi che l'inquinamento ambientale da veicoli e da combustioni (particolarmente NO₂, O₃, PM₁₀) gioca un ruolo nello sviluppo iniziale dell'asma, anche se le cause prioritarie sono ritenute il fumo di tabacco e l'inquinamento indoor (allergeni, contrastato sviluppo immunitario, ecc.); va tuttavia ricordato che, fino ad oggi, rilevamenti epidemiologici hanno fallito nel fornire dimostrazioni convincenti di correlazione tra esposizione a lungo termine e prevalenza di malattie allergiche.

È invece accettato che NO₂ e particolato possano indurre peggioramenti delle condizioni respiratorie in soggetti ammalati, inclusi gli asmatici, e che l'NO₂ su soggetti con broncopatie ostruttive produca un effetto dose-riposta direttamente correlato (Viegi). È dimostrato che l'esposizione ad inquinanti ambientali produce effetti sinergici con l'esposizione ad allergeni. L'insieme di queste osservazioni suggerisce che l'inquinamento aereo gioca un ruolo considerevole nelle riacutizzazioni di soggetti asmatici e che può contribuire all'aumento complessivo della morbidità dovuta ad asma ed altre malattie allergiche respiratorie. (cit. Roversi; Richeldi, 2002)

Ossidi di Zolfo

Gli ossidi di zolfo sono composti indicati con il termine comune **SO_x**. Sono inquinanti primari dell'aria, presenti in atmosfera come l'anidride solforosa (SO₂) e l'anidride solforica (SO₃).

A basse concentrazioni nell'aria, gli effetti degli ossidi di zolfo sono principalmente legati all'assorbimento dalle mucose del naso e del tratto superiore dell'apparato respiratorio, e si manifestano sotto forma di **tracheiti, faringiti, bronchiti croniche, asma** oltre che ad irritazioni della pelle e degli occhi.

L'esposizione acuta provoca effetti bronco-costrittori anche nei soggetti sani, ancor più in quelli con patologie cardio-respiratore croniche. L'effetto polmonare è aumentato dall'attività fisica, esposizione ad aria fredda, secca o con alte percentuali di ozono. E' stato notato anche un effetto sinergico con le polveri sospese, per la capacità che queste hanno di veicolare gli inquinanti nelle zone più profonde dell'apparato respiratorio.

Benzene

Il benzene è il più semplice degli idrocarburi aromatici. E' una sostanza chimica liquida e incolore, dal caratteristico odore aromatico pungente, che a temperatura ambiente si trasforma in gas.

La IARC (International Agency for Research on Cancer) già nel 1982 aveva classificato il benzene in Classe 1 (**cancerogeno certo per l'uomo**), mentre nel 1987 sono stati pubblicati studi che ne dimostravano la cancerogenicità sperimentale in ratti e topi.

Principali studi

Sono stati effettuati tentativi di correlare inquinamento da emissione veicolare (benzene e butadiene) e cancro del polmone; l'unico studio che suggerisce una correlazione tra densità del traffico e incidenza di tumore (Savitz,89) non è stato tuttora replicato: l'ipotesi permane dubbia. Altri studi effettuati anche in Italia negano una diretta associazione tra i due fenomeni, stante la limitata concentrazione del benzene nell'aria.

Idrocarburi Policiclici Aromatici (I.P.A.)

Gli Idrocarburi Policiclici Aromatici (I.P.A.) costituiscono un numeroso gruppo di composti organici formati da uno o più anelli benzenici. In generale si tratta di sostanze solide a temperatura ambiente, sostanze scarsamente solubili in acqua, degradabili in presenza di radiazione ultravioletta ed altamente affini ai grassi presenti nei tessuti viventi. Il composto più studiato e rilevato è il benzo(a)pirene, che ha una struttura con cinque anelli aromatici condensati.

Gli I.P.A. sono contenuti nel carbone e nei prodotti petroliferi (particolarmente nel gasolio e negli oli combustibili). Essi vengono emessi in atmosfera come residui di combustioni incomplete in alcune attività industriali (cokerie, produzione e lavorazione grafite) e nelle caldaie (soprattutto quelle alimentate con combustibili solidi e liquidi pesanti); inoltre sono presenti nelle emissioni degli autoveicoli (sia diesel che benzina).

In generale l'emissione di I.P.A. nell'ambiente risulta molto variabile a seconda del tipo di sorgente, del tipo di combustibile e della qualità della combustione. La presenza di questi composti nei gas di scarico degli autoveicoli è dovuta sia alla frazione presente come tale nel carburante, sia alla frazione che per pirosintesi ha origine durante il processo di combustione.

Gli I.P.A. sono per la maggior parte adsorbiti e trasportati da particelle carboniose (fuliggine) emesse dalle stesse fonti che gli hanno originati. La maggior concentrazione di I.P.A. si trova quindi nelle aree urbane attraversate da traffico veicolare intenso, con valori più elevati nei mesi invernali.

Gli I.P.A. sono tra i Composti Organici Volatili più pericolosi per la salute dell'uomo. L'assorbimento degli I.P.A. può avvenire per inalazione di polveri, aerosol o vapori, essendo presenti come sostanze adsorbite sul particolato, per ingestione di alimenti contaminati o attraverso la cute.

Principali studi

- Per quanto riguarda le **conseguenze sulla salute**, mentre non sono stati rilevati casi di effetti tossicologici acuti, un numero considerevole di I.P.A. presentano attività cancerogena. In particolare, le stime dell'Organizzazione Mondiale della Sanità indicano che nove persone su centomila esposte ad una concentrazione di 1 ng/m^3 di benzo(a)pirene sono a rischio di contrarre il cancro.
- L'Agenzia Internazionale di Ricerca sul Cancro (I.A.R.C.) ha inserito il benzo(a)pirene e altri I.P.A. con 4-6 anelli condensati nelle **classi 2A o 2B (possibili o probabili cancerogeni per l'uomo)** per gli effetti dimostrati "in vitro".
- Per quanto riguarda l'impatto sulla popolazione italiana dell'esposizione ad I.P.A. emessi dagli autoveicoli, la CCTN ha stimato che, ad un'esposizione media per l'intera vita pari a $0,06-1,5 \text{ ng/m}^3$ di benzo(a)pirene (corrispondente a concentrazioni medie outdoor di $0,1-2 \text{ ng/m}^3$), sarebbe attribuibile un eccesso di casi di tumore polmonare compreso tra 1 e 35 all'anno, per i successivi 75 anni.

Ozono

L'ozono è un gas dotato di un elevato potere ossidante, tossico, di colore bluastro, costituito da molecole instabili formate da tre atomi di ossigeno (O_3). L'ozono troposferico (dalla superficie terrestre fino a 15.000 mt di altitudine) si forma per ossidazione di VOC e CO in presenza di NO_x e luce del sole, che portano alla formazione di molecole costituite da tre atomi di ossigeno.

A causa del suo elevato potere ossidante reagisce con ogni tipo di sostanza biologica ed esercita la sua azione per contatto diretto, in forma gassosa; può quindi attaccare i tessuti delle vie respiratorie, e in particolare gli alveoli polmonari. Provoca inoltre irritazioni agli occhi, naso, gola e mal di testa in soggetti sani già a partire da esposizioni a concentrazioni medie orarie di $200 \mu\text{g/m}^3$.

E' particolarmente dannoso negli anziani, nei bambini e in coloro che soffrono di patologie respiratorie dove determinano decrementi della funzionalità respiratoria a concentrazioni orarie di circa $150-160 \mu\text{g/m}^3$. E' importante, quindi, che questi soggetti a rischio non si rechino fuori casa per svolgere attività fisica tra le 12,00 e le 17,00 nelle giornate estive dove massima è la sua concentrazione.

La maggior parte di questi effetti sono considerati a breve termine e cessano una volta che gli individui non sono più esposti a elevati livelli di ozono. Ci si preoccupa però che danni derivati da ripetute esposizioni di breve durata possano portare a cambiamenti permanenti del polmone. Per esempio, ripetute esposizioni all'ozono dei polmoni in fase di sviluppo dei bambini possono portare ad una riduzione della funzione polmonare una volta adulti. Inoltre, l'esposizione ad ozono può accelerare il naturale processo di invecchiamento della funzione polmonare.

Principali studi

- Riguardo l'inquinamento da ozono nei periodi estivi, ci si può attendere un incremento delle riacutizzazioni di asma nel bambino: un superamento dei limiti dell'ozono per 1/3 giorni può far raddoppiare il numero di bambini sintomatici. L'esposizione a lungo termine a Ozono è associata con ridotti livelli di funzionalità respiratoria e la combinazione col biossido di zolfo può essere più importante dell'ozono da solo.

A Monaco (Germania) si è dimostrata una riduzione del picco di flusso espiratorio in bambini di 9-11 anni residenti in aree dalla maggiore intensità di traffico urbano.

- *In Olanda si è dimostrata una correlazione inversa tra volume espiratorio forzato (FEV-1) e vicinanza ad una autostrada ad elevato traffico oppure tra FEV-1 e numero di veicoli pesanti circolanti per giorno.*
- *Secondo l'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS) la funzione respiratoria diminuisce in media del 10% nelle persone sensibili che praticano un'attività fisica all'aperto se la concentrazione dell'ozono nell'aria raggiunge 200 µg/m³.*

Composti Organici Volatili Non Metanici (COVNM)

I Composti Organici Volatili (COV) sono composti contenenti carbonio, cioè sostanze organiche di origine naturale o antropica che si trovano nell'aria allo stato di vapore o di gas, come i terpeni vegetali (il profumo dei fiori), il GPL (Gas di Petrolio Liquefatto), gli incombusti nei gas di scarico dei motori, i vapori di benzina ed i solventi organici; in presenza d'ossido d'azoto e di luce sono capaci di produrre sostanze inquinanti come gli NOx e sono precursori dell'ozono troposferico.

L'insieme dei COV, escludendo il metano, prende il nome di Composti Organici Volatili Non Metanici (COVNM). Tali composti sono caratterizzati da una notevole reattività nell'ambito dei processi di formazione dell'ozono troposferico e da una elevata tossicità per l'uomo. Gli effetti sanitari dovuti ad esposizione ai COVNM sono di tipo acuto e cronico e cambiano in funzione del tipo di COVNM che viene assorbito; tutti hanno però proprietà narcotiche e neurotossiche; quasi tutti possiedono tossicità neurologica, epatica, renale ed emopoietica.

Le intossicazioni acute possono determinarsi per inalazione (persone che verniciano in ambienti poco ventilati) oppure per assorbimento cutaneo. A seconda delle concentrazioni gli effetti acuti possono includere: irritazioni agli occhi, al naso, alla gola; mal di testa, nausea, vertigini, asma. Per esposizioni ad alte concentrazioni molti di questi composti chimici possono causare effetti cronici come: cancro, danni ai reni, fegato e danni al sistema nervoso centrale.

Le persone più predisposte ad ammalarsi sono quelle con problemi respiratori (come l'asma), le persone giovani e le persone sensibili ai composti chimici.

Ammoniaca

L'ammoniaca (NH₃) è uno dei principali componenti dell'atmosfera derivante in natura dal ciclo dell'azoto atmosferico e dalle deiezioni animali: la percentuale in atmosfera dipende quindi prevalentemente dalla concentrazione degli allevamenti.

A temperatura ambiente l'ammoniaca è un gas incolore, dall'odore pungente molto forte e soffocante, irritante e tossico, che presenta una grandissima solubilità in acqua.

A differenza degli ossidi d'azoto non subisce reazioni in atmosfera che portano alla formazione di acidi di azoto, ma sia la ricaduta al suolo e sia trasformazioni ad opera di particolari batteri causano la sua acidificazione e, di conseguenza, quella delle acque di falda, fino a provocare gravi danni alla vegetazione per forti concentrazioni. E' inoltre un importante precursore in area urbana del PM₁₀ secondario.

L'ammoniaca è avvertita dall'uomo con effetti irritanti a concentrazioni inferiori allo 0,01% in volume, produce effetti pericolosi in un tempo compreso tra i 30 ed i 60 minuti primi a concentrazione dello 0,2 - 0,3%, produce lesioni mortali entro pochi minuti a concentrazioni dello 0,5 - 1,0%. La sostanza irrita fortemente gli occhi, le mucose del tratto respiratorio, i polmoni e la cute, fino a provocare, a concentrazioni molto elevate, irritazione cutanea, bruciore agli occhi, arrossamento e secchezza della cavità orale e della faringe, tosse, spasmo della glottide, dispnea.

Monossido di Carbonio

Il monossido di carbonio (CO) è un gas incolore, inodore, insapore, non irritante, ma molto tossico in elevate concentrazioni.

La sua elevata pericolosità e tossicità è dovuta all'affinità che ha con l'emoglobina, circa 200 - 300 volte maggiore di quella dell'ossigeno, il che riduce la capacità del sangue di trasportare ossigeno nelle varie parti del corpo, provocando un'asfissia cellulare.

La sua inalazione a concentrazioni solitamente non riscontrabili all'aperto può causare mal di testa, fatica e problemi respiratori e, a crescenti concentrazioni, nausea, malessere, cefalea, disorientamento, sintomi neurologici fino ad arrivare a torpore, coma e morte. Una volta cessata l'esposizione, il monossido di carbonio viene eliminato attraverso i polmoni, con un'emivita di 4 - 6 ore.

I soggetti maggiormente a rischio sono gli individui con malattie cardiache e polmonari, gli anemici e le donne in stato di gravidanza. E' molto importante sottolineare che gli effetti nocivi del monossido di carbonio sono amplificati nei fumatori, poichè ogni sigaretta fumata genera un ulteriore apporto di monossido di carbonio direttamente assunto dal fumatore stesso.

Principali studi

- *In numerosi studi, già da molti anni, è stata rilevata un'associazione statisticamente significativa tra le concentrazioni atmosferiche medie di CO e l'aumento della mortalità per infarto miocardico. Un recente studio canadese ha riscontrato un'associazione statisticamente significativa, in un periodo di 15 anni, tra mortalità giornaliera e livelli ambientali di alcuni inquinanti, tra cui hanno significato predominante i livelli di CO, di PM₁₀ e PM_{2,5}.*
- *Effetti significativi anche a basse concentrazioni ematiche di carbossiemoglobina (HbCO) si rilevano inoltre in particolari gruppi a rischio. Soggetti con angina pectoris stabile da sforzo presentano decremento del tempo di comparsa di segni e sintomi di ischemia miocardica per concentrazioni di HbCO del 2%.*
- *Simili livelli di carbossiemoglobina possono essere raggiunti, in soggetti non fumatori, svolgenti una attività fisica lieve ed aventi tassi ematici iniziali bassi di carbossiemoglobina (HbCO = 0,5%), con esposizioni a concentrazioni ambientali di CO pari a 10 ppm per 8 ore.*

Dati Epidemiologici

Esistono da molti anni dati epidemiologici sullo stato di salute della popolazione provinciale in generale. Sia le elaborazioni storiche che quelle più recenti (relative agli anni 1998-2003) non evidenziano tassi di mortalità che siano superiori a quelli riscontrati nelle altre realtà della Regione Emilia-Romagna per le patologie riconducibili ad inquinamento atmosferico.

In particolare:

- i tassi standardizzati di mortalità generale in provincia di Modena mostrano, nell'ultimo quinquennio, un andamento in diminuzione e sono inferiori rispetto a quello medio della Regione.
- riguardo alle malattie dell'apparato respiratorio si registra, negli ultimi anni, una tendenza in riduzione della frequenza, in linea con tutta la regione.
- relativamente alle patologie neoplastiche *"il tasso medio di incidenza osservato nella popolazione modenese nel corso del triennio 2001-2003 è risultato assai simile a quello stimato per il 2002 nella popolazione europea e solo di poco inferiore a quello della popolazione nord americana. Ciò conferma come i fattori di rischio oncogeno che operano (o più correttamente che hanno operato negli ultimi decenni) nella nostra popolazione provinciale sono sostanzialmente sovrapponibili a quelli che interessano le popolazioni dei principali paesi occidentali..... più incerto appare essere il ruolo dei fattori ambientali quali l'inquinamento da traffico o di origine industriale"* (Registro tumori della provincia di Modena: i tumori nella provincia di Modena nel 2003, Modena, Settembre 2005).

Nel valutare l'incidenza di patologie connesse ad inquinamento atmosferico nel contesto locale rispetto all'Emilia ed al resto d'Italia occorre inoltre sottolineare che:

- 1) Non esistono dati di incidenza delle patologie cardiovascolari e respiratorie raccolti in maniera uniforme a livello nazionale, per cui per queste patologie si forniscono solo i dati di mortalità.
- 2) Le patologie per cui può essere riconosciuta come causa l'inquinamento atmosferico possono essere causate anche da molti altri fattori di diversa natura. Ad esempio sulle stime di quanti tumori siano attribuibili all'inquinamento, va detto in primo luogo che i tumori hanno una genesi multipla e non esiste, se non in rari casi (mesotelioma pleurico-amianto) un'associazione unica di un singolo tumore con una unica causa che lo ha provocato, ma ad esso concorrono più fattori, sia esterni (inquinamento, fumo, alimentazione, ecc.) sia interni (caratteristiche genetiche, età...) all'organismo. Ciò premesso, la quota parte attribuibile all'inquinamento ambientale è forse quella più difficilmente stimabile; al riguardo viene di solito citato un dato (2-3%) indicato da due famosi epidemiologi, Doll e Peto, oltre venti anni fa ma, anche se molti epidemiologi concordano che esso è probabilmente sottostimato, nessuno si è azzardato finora a produrre qualcosa di diverso.
- 3) I dati sotto riportati sono riferiti al totale di casi di malattia o morte indipendentemente dalla causa.
- 4) Le fonti epidemiologiche sono: ISTAT *"Health for All"*; AUSL di Modena: *La mortalità in provincia di Modena negli anni 1999-2003*; Associazione Italiana Registri Tumori: *Anno 2006*.

Malattie del sistema circolatorio

Rispetto all'Italia, Modena ha un tasso di mortalità standardizzata inferiore, simile a quello medio regionale. La tendenza temporale dei tassi standardizzati di mortalità è in netta diminuzione in entrambi i sessi. La mortalità per aree comunali, rispetto a quella regionale, in generale non evidenzia distribuzioni geografiche particolari per entrambi i sessi. Vi sono alcuni comuni con lievi eccessi di mortalità, ma senza aggregazioni spaziali evidenti.

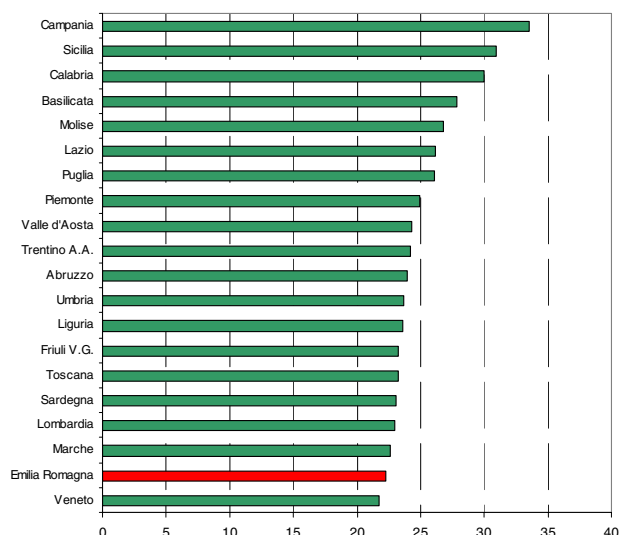


Fig. n°71 a - Malattie del sistema circolatorio – Maschi - Tassi standardizzati (x 10.000 abitanti) di mortalità per l'anno 2002 per regione - (fonte: ISTAT, "Health for All")

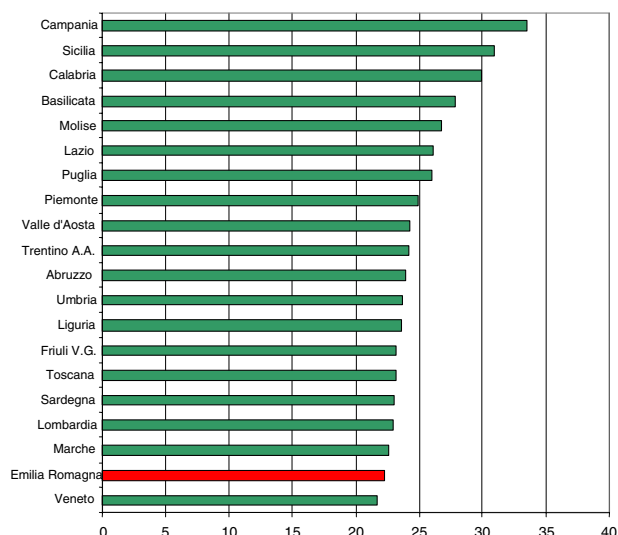


Fig. n°71 b - Malattie del sistema circolatorio – Femmine - Tassi standardizzati (x 10.000 abitanti) di mortalità per l'anno 2002 per regione - (fonte: ISTAT, "Health for All")

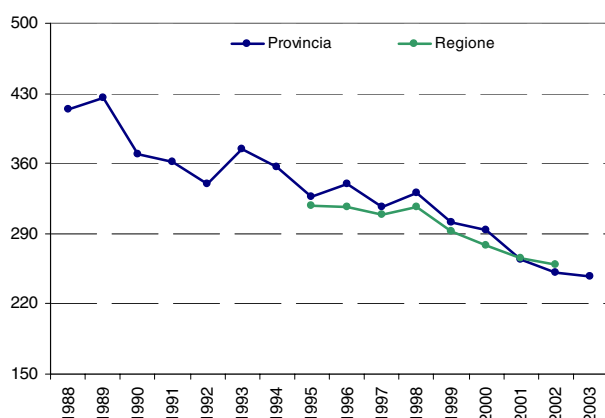


Fig. n°71 c: Trend dei tassi standardizzati* di mortalità maschile per malattie del sistema circolatorio in Provincia di Modena e in Emilia Romagna, anni 1988-2003 (La mortalità in Provincia di Modena negli anni 1999-2003, AUSL di Modena).

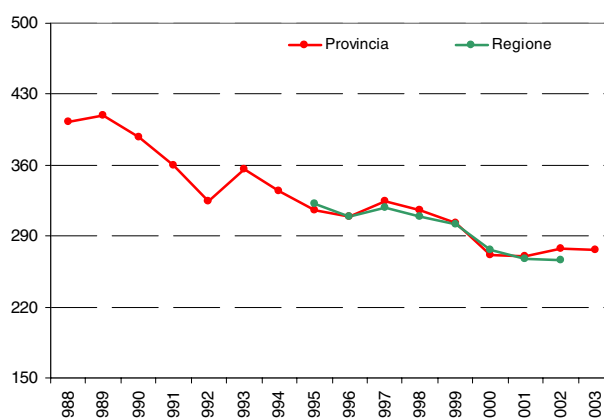


Fig. n°71 d: Trend dei tassi standardizzati* di mortalità femminile per malattie del sistema circolatorio in Provincia di Modena e in Emilia Romagna, anni 1988-2003 (La mortalità in Provincia di Modena negli anni 1999-2003, AUSL di Modena).

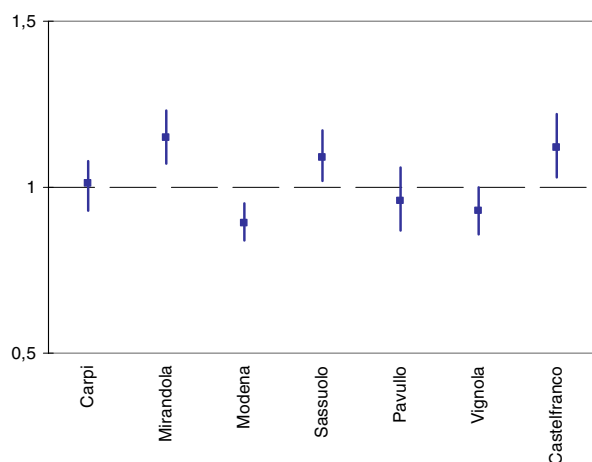


Fig. n°71 e: Rapporto tra i tassi standardizzati* di mortalità (CMF) distrettuali maschili sul valore provinciale, anni 1988-2003 (La mortalità in Provincia di Modena negli anni 1999-2003, AUSL di Modena).

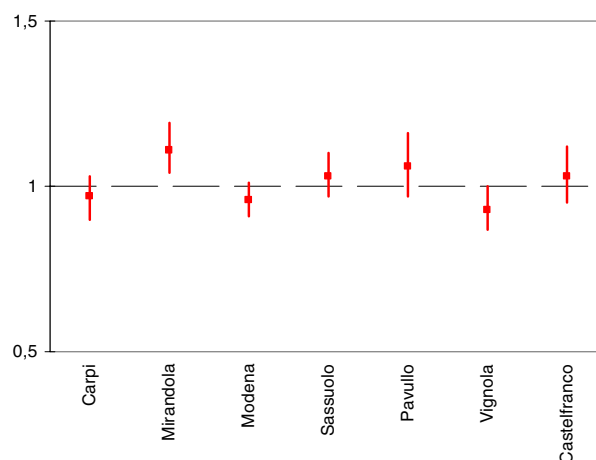


Fig. n°71 f: Rapporto tra i tassi standardizzati* di mortalità (CMF) distrettuali femminili sul valore provinciale, anni 1988-2003 (La mortalità in Provincia di Modena negli anni 1999-2003, AUSL di Modena).

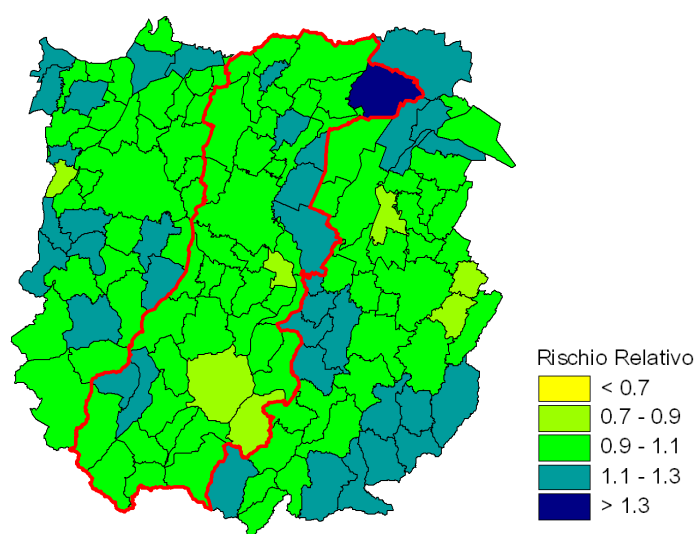


Fig. n°71 g: Rischi Relativi di mortalità maschile per i Comuni della Provincia di Modena, anni 1998-2003 (La mortalità in Provincia di Modena negli anni 1999-2003, AUSL di Modena).

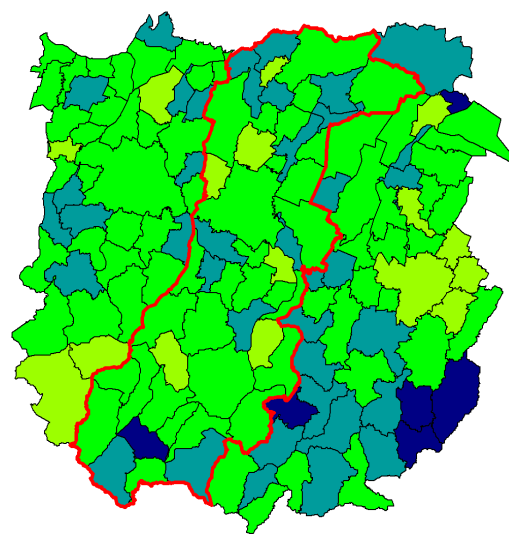


Fig. n°71 h: Rischi Relativi di mortalità femminile per i Comuni della Provincia di Modena, anni 1998-2003 (La mortalità in Provincia di Modena negli anni 1999-2003, AUSL di Modena).

* Tassi standardizzati di mortalità x 100.000 abitanti. Standard Italia '91.

Malattie dell'apparato respiratorio

Le malattie respiratorie costituiscono per numero la terza causa di morte in Provincia di Modena, così come in Emilia-Romagna ed in Italia, dopo le patologie del sistema circolatorio e quelle neoplastiche. Il dato medio regionale è inferiore alla media nazionale, soprattutto nel sesso maschile; quello provinciale è praticamente sovrapponibile a quello regionale. Il dato di Modena città è nella media provinciale. La tendenza di periodo è stabile o in lieve diminuzione.

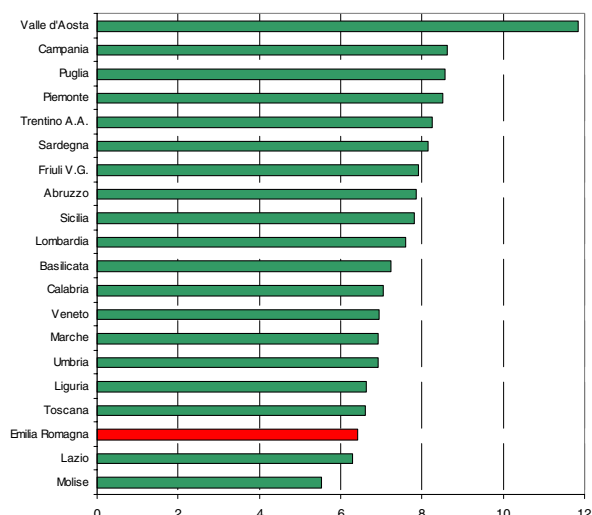


Fig. n°71 i - Malattie dell'apparato respiratorio – Maschi - Tassi standardizzati (x 10.000 abitanti) di mortalità per l'anno 2002 per regione - (fonte: ISTAT, "Health for All")

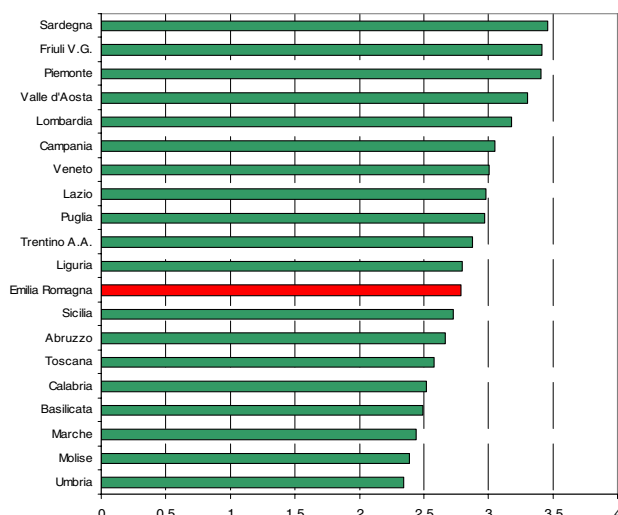


Fig. n°71 l - Malattie dell'apparato respiratorio – Femmine - Tassi standardizzati (x 10.000 abitanti) di mortalità per l'anno 2002 per regione - (fonte: ISTAT, "Health for All")

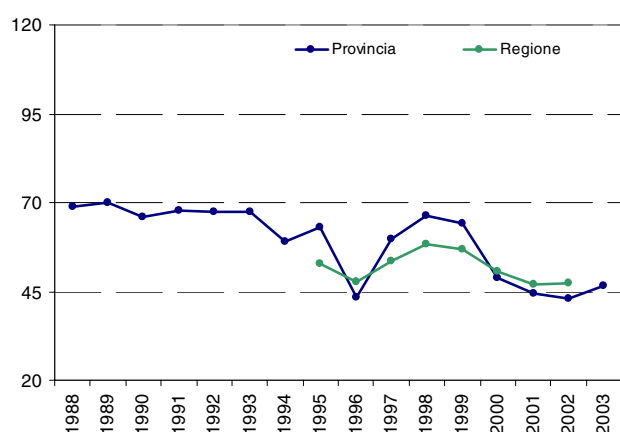


Fig. n°71 m: Trend dei tassi standardizzati* di mortalità maschile, anni 1988-2003 (La mortalità in Provincia di Modena negli anni 1999-2003, AUSL di Modena).

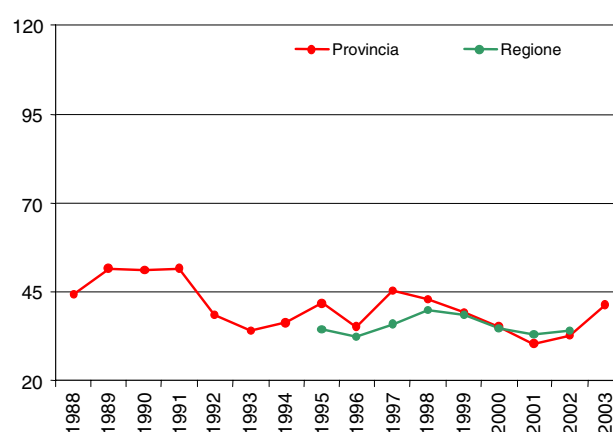


Fig. n°71 n: Trend dei tassi standardizzati* di mortalità femminile, anni 1988-2003 (La mortalità in Provincia di Modena negli anni 1999-2003, AUSL di Modena).

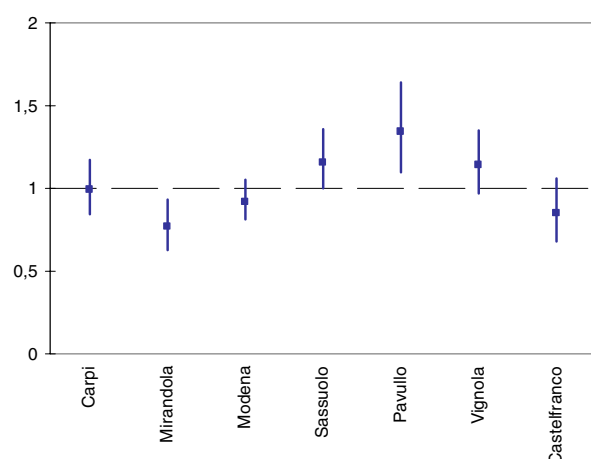


Fig. n°71 o: Rapporto tra i tassi standardizzati* di mortalità (CMF) distrettuali maschili sul valore provinciale, anni 1999-2003 (La mortalità in Provincia di Modena negli anni 1999-2003, AUSL di Modena).

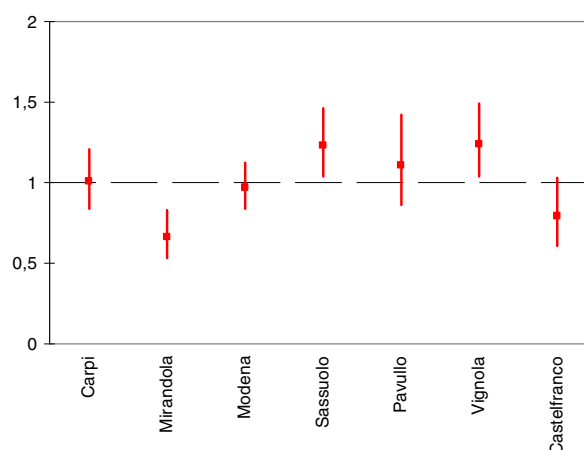


Fig. n°71 p: Rapporto tra i tassi standardizzati* di mortalità (CMF) distrettuali femminili sul valore provinciale, anni 1999-2003 (La mortalità in Provincia di Modena negli anni 1999-2003, AUSL di Modena).

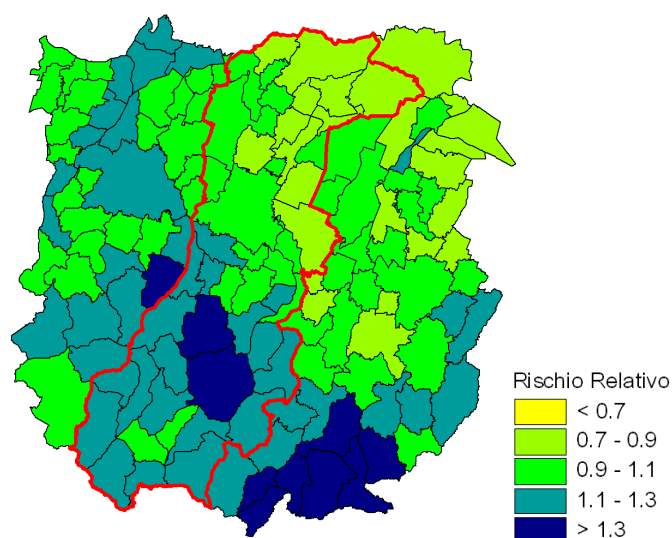


Fig. n°71 q: Rischi Relativi di mortalità maschile per i Comuni della Provincia di Modena, anni 1998-2003 (La mortalità in Provincia di Modena negli anni 1999-2003, AUSL di Modena).

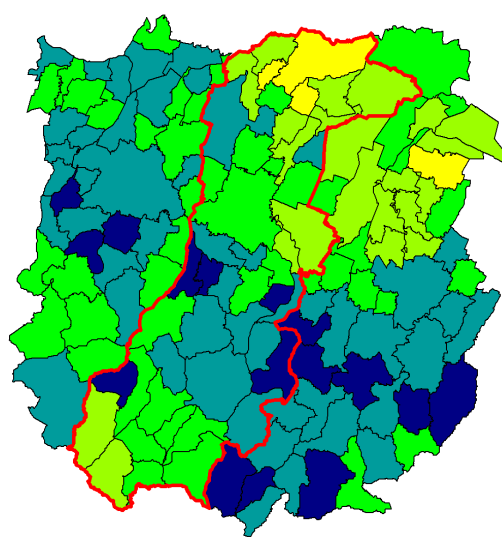


Fig. n°71 r: Rischi Relativi di mortalità femminile per i Comuni della Provincia di Modena, anni 1998-2003 (La mortalità in Provincia di Modena negli anni 1999-2003, AUSL di Modena).

* Tassi standardizzati di mortalità x 100.000 abitanti. Standard Italia '91.

Tumori del polmone

L'incidenza e la mortalità sia per uomini che per donne sono a livelli lievemente superiori alla media nazionale ed in linea con i valori regionali. I tassi standardizzati di mortalità sono in calo negli uomini ma in aumento nelle donne. L'analisi sul Territorio della Provincia mostra nel Comune di Modena un eccesso di mortalità per le donne.

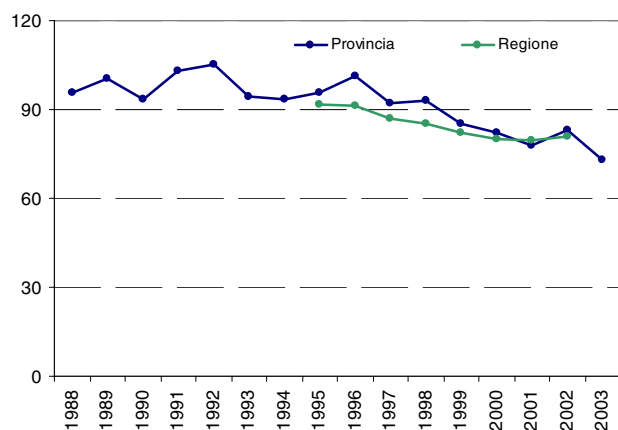


Fig. n°71 s: Trend dei tassi standardizzati* di mortalità maschile in Provincia di Modena, anni 1988-2003 (La mortalità in Provincia di Modena negli anni 1999-2003, AUSL di Modena).

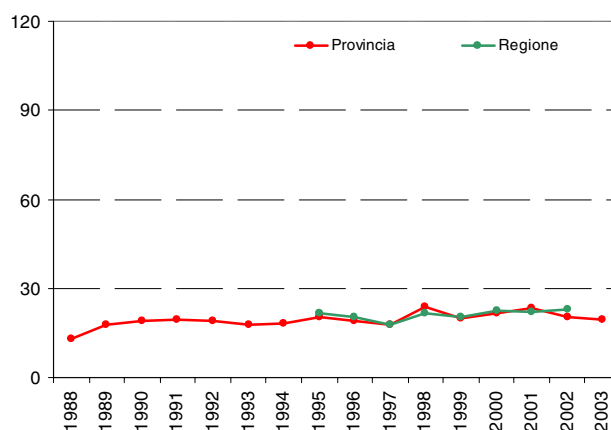


Fig. n°71 t: Trend dei tassi standardizzati* di mortalità femminile in Provincia di Modena, anni 1988-2003 (La mortalità in Provincia di Modena negli anni 1999-2003, AUSL di Modena).

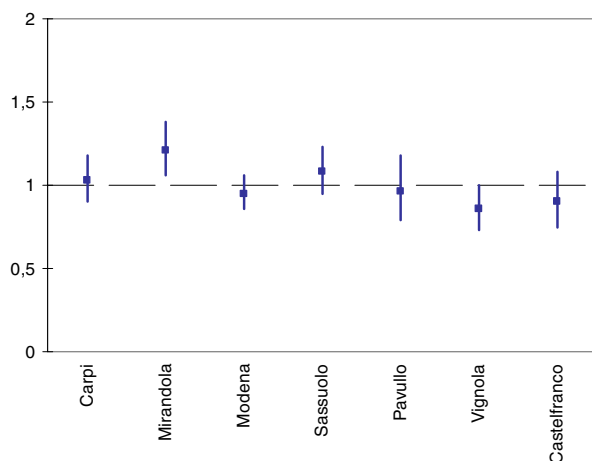


Fig. n°71 u: Rapporto tra i tassi standardizzati* di mortalità (CMF) distrettuali maschili sul valore provinciale, anni 1988-2003 (La mortalità in Provincia di Modena negli anni 1999-2003, AUSL di Modena).

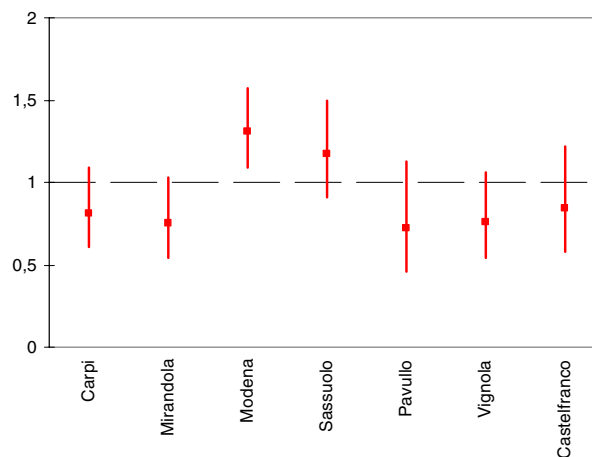


Fig. n°71 v: Rapporto tra i tassi standardizzati* di mortalità (CMF) distrettuali femminili sul valore provinciale, anni 1988-2003 (La mortalità in Provincia di Modena negli anni 1999-2003, AUSL di Modena)

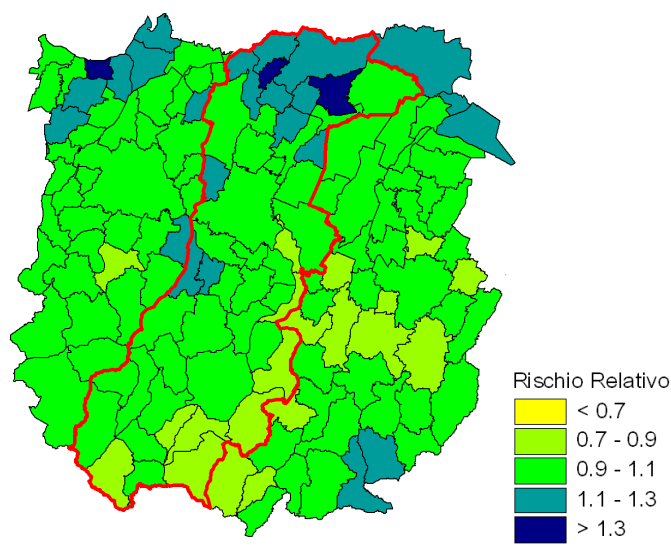


Fig. n°71 z: Rischi Relativi di mortalità maschile per i Comuni della Provincia di Modena, anni 1998-2003 (La mortalità in Provincia di Modena negli anni 1999-2003, AUSL di Modena).

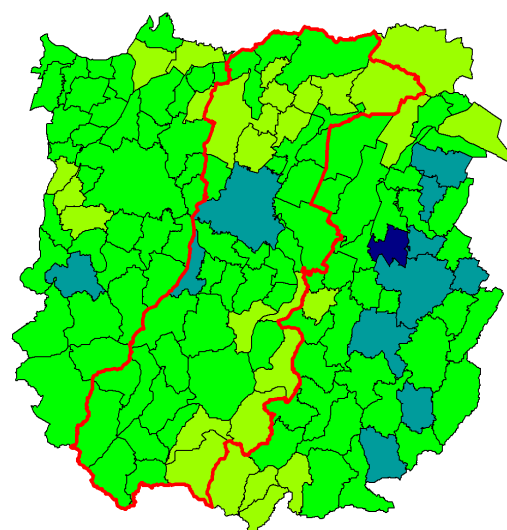
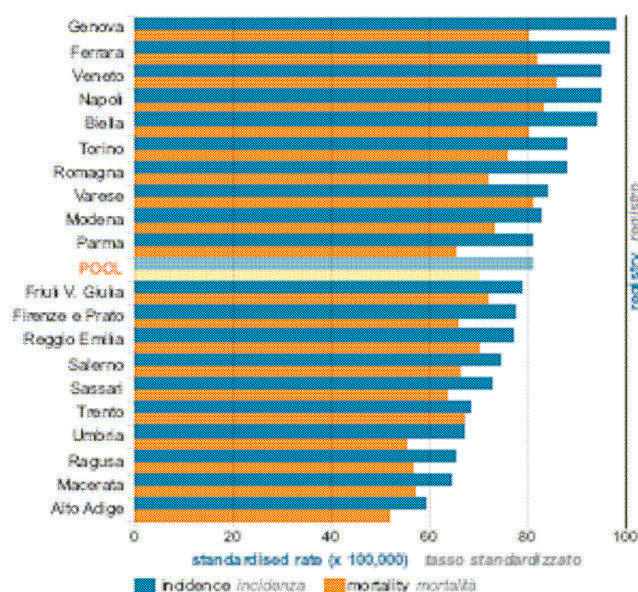


Fig. n°71 w: Rischi Relativi di mortalità femminile per i comuni della Provincia di Modena, anni 1998-2003 (La mortalità in Provincia di Modena negli anni 1999-2003, AUSL di Modena).

* Tassi standardizzati di mortalità x 100.000 abitanti. Standard Italia '91.

Incidenza e mortalità tumore polmone

♂ Maschi Males



♀ Femmine Females

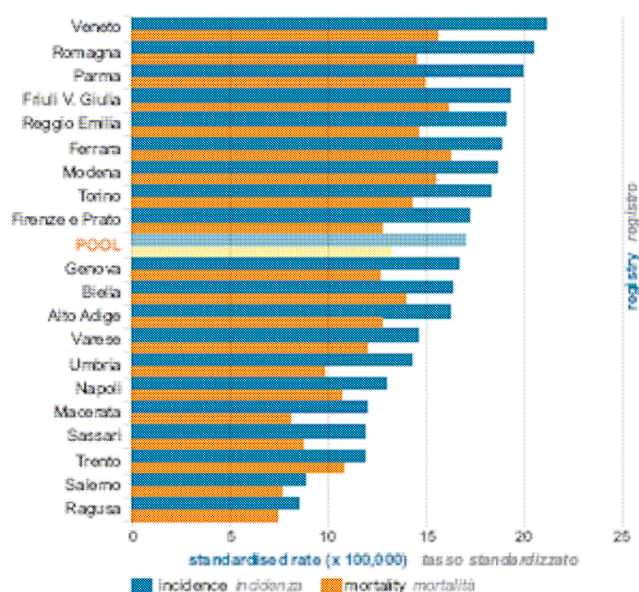


Fig. n° 71 y: Incidenza e mortalità tumore polmone (Fonte: Associazione Italiana Registri Tumori 2006)

ALLEGATO 1: DETTAGLIO DEI DATI UTILIZZATI PER IL CALCOLO DELLE EMISSIONI**Civile**

| Comune | Abitanti |
|-------------------------|-----------------|
| Bastiglia | 3.437 |
| Bomporto | 7.992 |
| Campogalliano | 7.935 |
| Camposanto | 3.041 |
| Carpi | 63.316 |
| Castelfranco Emilia | 26.535 |
| Castelnuovo Rangone | 12.533 |
| Castelvetro | 10.027 |
| Cavezzo | 6.938 |
| Concordia sulla Secchia | 8.597 |
| Fanano | 2.930 |
| Finale Emilia | 15.196 |
| Fiorano Modenese | 16.356 |
| Fiumalbo | 1.340 |
| Formigine | 30.655 |
| Frassinoro | 2.156 |
| Guiglia | 3.990 |
| Lama Mocogno | 3.017 |
| Maranello | 16.115 |
| Marano sul Panaro | 3.796 |
| Medolla | 5.804 |
| Mirandola | 22.580 |
| Modena | 178.874 |
| Montecreto | 932 |

| Comune | Abitanti |
|-------------------------|-----------------|
| Montefiorino | 2.343 |
| Montese | 3.222 |
| Nonantola | 13.224 |
| Novi di Modena | 10.694 |
| Palagano | 2.448 |
| Pavullo nel Frignano | 15.683 |
| Pievepelago | 2.168 |
| Polinago | 1.849 |
| Prignano sulla Secchia | 3.534 |
| Ravarino | 5.722 |
| Riolunato | 749 |
| San Cesario sul Panaro | 5.595 |
| San Felice sul Panaro | 10.247 |
| San Possidonio | 3.709 |
| San Prospero | 4.880 |
| Sassuolo | 41.394 |
| Savignano sul Panaro | 8.521 |
| Serramazzoni | 7.392 |
| Sestola | 2.662 |
| Soliera | 13.774 |
| Spilamberto | 11.228 |
| Vignola | 22.094 |
| Zocca | 4.696 |
| Totale provincia | 651.920 |

Tab. n° 42 - Popolazione comunale (anno 2003)

Allevamenti

| Comune | Altri avicoli | Altri bovini | Altro (conigli) | Capre | Cavalli | Galline ovaiole | Maiali da ingrasso | Ovini | Pollastri | Scrofe | Vacche da latte |
|-----------------------|------------------|-----------------|--------------------|--------------|--------------|--------------------|-----------------------|--------------|----------------|---------------|--------------------|
| Bastiglia | 0 | 40 | 0 | 0 | 9 | 0 | 4.286 | 0 | 150.000 | 1.044 | 32 |
| Bomporto | 22 | 4.251 | 286 | 9 | 16 | 517 | 1.676 | 0 | 795 | 0 | 308 |
| Campogalliano | 0 | 574 | 63 | 0 | 9 | 10.281 | 12.895 | 66 | 72 | 1.407 | 713 |
| Camposanto | 69 | 114 | 0 | 0 | 18 | 304 | 7.661 | 0 | 495 | 187 | 3 |
| Carpi | 2.517 | 1.892 | 1.104 | 17 | 108 | 37.622 | 7.846 | 12 | 17.726 | 1.573 | 1.883 |
| Castelfranco E. | 408 | 1.642 | 1.025 | 26 | 76 | 3.568 | 14.146 | 91 | 31.159 | 2.905 | 1.449 |
| Castelnuovo R. | 0 | 1.413 | 326 | 8 | 9 | 1.080 | 1.805 | 3 | 124 | 0 | 1.340 |
| Castelvetro | 173 | 1.626 | 2.112 | 12 | 53 | 52.660 | 10.393 | 132 | 899 | 1.271 | 1.936 |
| Cavezzo | 220 | 421 | 291 | 5 | 9 | 748 | 335 | 0 | 609 | 200 | 509 |
| Concordia | 21.515 | 1.204 | 873 | 28 | 28 | 3.167 | 5.644 | 0 | 10.848 | 106 | 917 |
| Fanano | 148 | 682 | 1.206 | 66 | 86 | 1.704 | 1.279 | 10 | 1.300 | 291 | 849 |
| Finale Emilia | 112 | 804 | 66 | 0 | 2 | 441 | 7.872 | 15 | 343 | 905 | 88 |
| Fiorano | 15 | 307 | 80 | 50 | 18 | 40 | 2.213 | 465 | 0 | 8 | 372 |
| Fiumalbo | 26 | 180 | 867 | 39 | 19 | 895 | 6 | 902 | 351 | 0 | 264 |
| Formigine | 196 | 2.668 | 3.773 | 14 | 16 | 38.603 | 51.427 | 15 | 40.942 | 7.312 | 2.530 |
| Frassinoro | 3 | 532 | 451 | 22 | 136 | 817 | 190 | 654 | 110 | 0 | 590 |
| Guiglia | 0 | 974 | 337 | 55 | 57 | 932 | 2.930 | 279 | 50.483 | 0 | 1.056 |
| Lama Mocogno | 182 | 753 | 1.387 | 36 | 66 | 2.097 | 1.898 | 85 | 723 | 0 | 971 |
| Maranello | 38.428 | 940 | 4.456 | 29 | 42 | 1.558 | 3.891 | 309 | 755 | 781 | 1.124 |
| Marano | 48 | 1.165 | 204 | 6 | 17 | 1.128 | 3.524 | 400 | 2.018 | 325 | 987 |
| Medolla | 149 | 681 | 81 | 8 | 89 | 327 | 4454 | 0 | 932 | 1129 | 538 |
| Mirandola | 294 | 1.653 | 29.105 | 35 | 33 | 2.242 | 25.421 | 10 | 140.934 | 4.459 | 1.269 |
| Modena | 829 | 4.377 | 6.804 | 35 | 348 | 5.656 | 32.230 | 62 | 1.560 | 5.156 | 3.727 |
| Montecreto | 13 | 288 | 446 | 16 | 16 | 812 | 508 | 33 | 459 | 0 | 292 |
| Montefiorino | 51 | 555 | 569 | 28 | 22 | 945 | 2 | 5 | 257 | 0 | 820 |
| Montese | 231 | 2.079 | 3.286 | 55 | 59 | 5.027 | 3.449 | 500 | 2.454 | 0 | 2.128 |
| Nonantola | 39.135 | 678 | 285 | 51 | 35 | 2.330 | 8.509 | 155 | 8.799 | 1.363 | 666 |
| Novi | 140 | 2.122 | 442 | 8 | 43 | 35.422 | 5.928 | 0 | 3.474 | 1.241 | 831 |
| Palagano | 9 | 1.004 | 974 | 33 | 27 | 1.214 | 3.099 | 18 | 615 | 460 | 1.124 |
| Pavullo | 306 | 6.924 | 5.143 | 61 | 95 | 4.766 | 14.854 | 195 | 1.462 | 180 | 6.031 |
| Pievepelago | 99 | 187 | 482 | 12 | 36 | 555 | 321 | 45 | 157 | 0 | 185 |
| Polinago | 146 | 1.025 | 708 | 39 | 20 | 1.624 | 3.422 | 33 | 349 | 209 | 1.390 |
| Prignano | 91 | 1.336 | 1.463 | 27 | 67 | 2.682 | 13.023 | 55 | 1.007 | 1.015 | 1.559 |
| Ravarino | 202 | 17 | 218 | 5 | 9 | 1.054 | 13.649 | 0 | 393 | 1.025 | 33 |
| Riolunato | 67 | 97 | 515 | 15 | 25 | 814 | 167 | 659 | 235 | 0 | 97 |
| San Cesario | 34 | 376 | 218 | 5 | 18 | 2.368 | 159 | 0 | 1.165 | 39 | 563 |
| San Felice | 120 | 582 | 157 | 12 | 17 | 2.746 | 595 | 13 | 907 | 0 | 432 |
| San Possidonio | 99 | 374 | 304 | 5 | 38 | 760 | 1.699 | 2 | 616 | 0 | 367 |
| San Prospero | 218 | 851 | 164 | 0 | 33 | 1.668 | 6.236 | 0 | 518 | 1.079 | 845 |
| Sassuolo | 267 | 1.388 | 2.673 | 11 | 28 | 2.346 | 57 | 63 | 1.485 | 5 | 1.177 |
| Savignano | 153 | 246 | 638 | 33 | 17 | 1.383 | 512 | 0 | 964 | 0 | 301 |
| Serramazzoni | 15.158 | 1.611 | 1.508 | 60 | 54 | 40.430 | 4.561 | 345 | 836 | 218 | 1.731 |
| Sestola | 25 | 659 | 1.191 | 28 | 28 | 1.875 | 1.318 | 24 | 992 | 0 | 628 |
| Soliera | 24.760 | 3.383 | 2.951 | 0 | 19 | 70.537 | 24.354 | 20 | 57.490 | 5.279 | 2.615 |
| Spilamberto | 40.144 | 2.715 | 11.432 | 2 | 16 | 3.477 | 13.291 | 0 | 3.537 | 1.340 | 2.017 |
| Vignola | 152 | 181 | 242 | 15 | 1 | 1.150 | 1.908 | 95 | 518 | 235 | 273 |
| Zocca | 121 | 987 | 533 | 69 | 52 | 1.638 | 3.251 | 79 | 288 | 15 | 1.114 |
| Tot. Provincia | 187.095 | 58.558 | 91.439 | 1.090 | 2.039 | 354.010 | 328.894 | 5.849 | 542.155 | 42.762 | 50.674 |

Tab. n° 43 - Numero di capi per Comune – Censimento 2000

ALLEGATO 2: FATTORI DI EMISSIONE**Settore Civile: fattori di emissione in g-Kg/Gj di consumo di combustibile**

| Macrosettore 2: Impianti di combustione non industriale | | | |
|---|----------------------------------|----------------------|-----------------|
| Settore 020200: Impianti residenziali | | | |
| Attività: 020202: Caldaie con potenza termica < 50 MW | | | |
| Combustibile | Inquinante | Fattore di emissione | Unità di misura |
| Gasolio | CO | 0,02 | Kg/GJ |
| | NO _x | 0,05 | Kg/GJ |
| | PM ₁₀ ^(*) | 1 | g/GJ |
| | NM VOC | 0,003 | Kg/GJ |
| | SO _x | 0,094 | Kg/GJ |
| Gas naturale/metano | CO | 0,025 | Kg/GJ |
| | NO _x | 0,05 | Kg/GJ |
| | PM ₁₀ ^(*) | 0,1 | g/GJ |
| | NM VOC | 0,005 | Kg/GJ |
| GPL | CO | 0,01 | Kg/GJ |
| | NO _x | 0,05 | Kg/GJ |
| | PM ₁₀ ^(**) | 0,2 | g/GJ |
| | NM VOC | 0,002 | Kg/GJ |

(*) Fonte IIASA

(**) Fonte CEPMEIP

Tab. n° 44: fattori di emissione per caldaie con potenza termica minore di 50 MW

Allevamenti: fattori di emissione in g-Kg/capi allevati in un anno

| Macrosettore 10: Agricoltura Settore 100500: Allevamento animali (composti organici) | | | |
|---|-----------------|----------------------|-----------------|
| Specie di animale | Inquinante | Fattore di emissione | Unità di misura |
| Vacche da latte | NH ₃ | 43,72 | Kg/capo*anno |
| | NMVOC | 60,0 | g/capo*anno |
| Altri bovini | NH ₃ | 21,20 | Kg/capo*anno |
| | NMVOC | 60,0 | g/capo*anno |
| Suini | NH ₃ | 6,33 | Kg/capo*anno |
| | NMVOC | 21,0 | g/capo*anno |
| Scrofe | NH ₃ | 13,65 | Kg/capo*anno |
| | NMVOC | 21,0 | g/capo*anno |
| Ovini | NH ₃ | 0,8 | Kg/capo*anno |
| | NMVOC | 5,0 | g/capo*anno |
| Equini | NH ₃ | 5,51 | Kg/capo*anno |
| | NMVOC | 31,0 | g/capo*anno |
| Galline ovaiole | NH ₃ | 0,37 | Kg/capo*anno |
| Pollastri | NH ₃ | 0,2 | Kg/capo*anno |
| Altri avicoli (anatre, oche) | NH ₃ | 0,334 | Kg/capo*anno |
| Capre | NH ₃ | 0,7 | Kg/capo*anno |
| | NMVOC | 5 | g/capo*anno |
| Asini e muli | SOV | 31 | g/capo*anno |
| Conigli | NH ₃ | 0,326 | Kg/capo*anno |

| Specie di animale | Inquinante | Fattore di emissione ^(*) | Unità di misura |
|-------------------|------------------|-------------------------------------|-----------------|
| Polli | PM ₁₀ | 0,011 | Kg/capo*anno |
| Suini | PM ₁₀ | 0,043 | Kg/capo*anno |
| Vacche | PM ₁₀ | 0,094 | Kg/capo*anno |
| Altre animali | PM ₁₀ | 0,061 | Kg/capo*anno |

(*) Fonte IIASA

Tab. n° 45 - Fattori di emissione per gli animali da allevamento

Traffico: fattori di emissioni espressi in g/kg di carburante consumato

| CO g/Kg di carburante*veicolo | | | Ciclo di guida | | |
|-------------------------------|---------------------|------------------|----------------|-------------|--------------|
| Veicolo | Categoria | Cilindrata | Urbano | Extraurbano | Autostradale |
| Auto a benzina | PRE-ECE | <1400 | 593,138 | 376,793 | 248,454 |
| | ECE 15/00/01 | <1400 | 486,212 | 289,650 | 362,949 |
| | ECE 1502 | <1400 | 452,477 | 188,893 | 152,831 |
| | ECE 1503 | <1400 | 481,446 | 219,050 | 140,990 |
| | ECE 1504 | <1400 | 368,851 | 133,038 | 83,742 |
| | 91/441/EEC - EURO I | <1400 | 211,028 | 21,751 | 93,097 |
| | 94/12/EEC - EURO II | <1400 | 170,083 | 8,275 | 63,306 |
| | PRE-ECE | 1400-2000 | 588,576 | 323,790 | 192,477 |
| | ECE 15/00/01 | 1400-2000 | 479,867 | 274,097 | 300,839 |
| | ECE 1502 | 1400-2000 | 442,015 | 174,520 | 135,753 |
| | ECE 1503 | 1400-2000 | 466,342 | 203,759 | 127,261 |
| | ECE 1504 | 1400-2000 | 333,363 | 164,949 | 76,088 |
| | 91/441/EEC - EURO I | 1400-2000 | 161,014 | 70,163 | 74,300 |
| | 94/12/EEC - EURO II | 1400-2000 | 149,171 | 43,720 | 50,524 |
| | PRE-ECE | >2000 | 494,756 | 270,950 | 168,625 |
| | ECE 15/00/01 | >2000 | 445,021 | 245,828 | 283,733 |
| | ECE 1502 | >2000 | 378,797 | 194,919 | 114,813 |
| | ECE 1503 | >2000 | 382,258 | 220,511 | 112,442 |
| | ECE 1504 | >2000 | 253,290 | 154,976 | 59,821 |
| | 91/441/EEC - EURO I | >2000 | 138,943 | 85,910 | 36,025 |
| | 94/12/EEC - EURO II | >2000 | 125,594 | 40,700 | 24,497 |
| Auto Diesel | Convenzionali | <2000 | 12,913 | 5,249 | 5,178 |
| | 91/441/EEC - EURO I | <2000 | 13,102 | 12,099 | 5,586 |
| | 94/12/EEC - EURO II | <2000 | 13,102 | 12,560 | 5,586 |
| | Convenzionali | >2000 | 12,913 | 5,328 | 4,617 |
| | 91/441/EEC - EURO I | >2000 | 13,102 | 5,328 | 6,455 |
| | 94/12/EEC - EURO II | >2000 | 13,102 | 5,249 | 6,455 |
| Auto GPL | Convenzionali | Non identificato | 137,916 | 41,124 | 343,018 |
| | 91/441/EEC - EURO I | Non identificato | 63,940 | 28,787 | 61,325 |
| | 94/12/EEC - EURO II | Non identificato | 45,528 | 19,426 | 90,183 |
| Autocarri a benzina | Convenzionali | <35q | 447,112 | 110,508 | 213,809 |
| | EURO I (93/59/EEC) | <35q | 158,434 | 18,280 | 39,561 |
| | EURO II (96/69/EEC) | <35q | 122,292 | 6,984 | 24,132 |
| | Convenzionali | >35q | 294,725 | 347,355 | 315,777 |

| CO g/Kg di carburante*veicolo | | | Ciclo di guida | | |
|-------------------------------|---------------------|-----------------------------------|----------------|-------------|--------------|
| Veicolo | Categoria | Cilindrata | Urbano | Extraurbano | Autostradale |
| Autocarri diesel | Convenzionali | <35q | 15,585 | 14,415 | 12,768 |
| | EURO I (93/59/EEC) | <35q | 7,382 | 5,339 | 7,402 |
| | EURO II (96/69/EEC) | <35q | 7,382 | 5,339 | 7,402 |
| | Convenzionali | 35-75q | 32,148 | 25,006 | 14,772 |
| | 91/542/EEC Stage I | 35-75q | 16,074 | 15,004 | 8,125 |
| | 91/542/EEC Stage II | 35-75q | 12,859 | 13,753 | 7,386 |
| | Convenzionali | 75-160q | 18,462 | 14,809 | 10,542 |
| | 91/542/EEC Stage I | 75-160q | 9,231 | 8,886 | 5,798 |
| | 91/542/EEC Stage II | 75-160q | 7,385 | 8,145 | 5,271 |
| | Convenzionali | 160-320q | 11,757 | 9,589 | 8,216 |
| | 91/542/EEC Stage I | 160-320q | 6,466 | 5,753 | 5,340 |
| | 91/542/EEC Stage II | 160-320q | 5,291 | 4,794 | 5,340 |
| | Convenzionali | >320q | 8,979 | 6,990 | 6,591 |
| | 91/542/EEC Stage I | >320q | 4,939 | 4,194 | 4,284 |
| | 91/542/EEC Stage II | >320q | 4,041 | 3,495 | 4,284 |
| Autobus urbani | Convenzionali | Non identificato | 16,403 | 11,983 | 0,000 |
| | 91/542/EEC Stage I | Non identificato | 8,201 | 0,000 | 0,000 |
| | 91/542/EEC Stage II | Non identificato | 6,561 | 0,000 | 0,000 |
| Corriere | Convenzionali | Non identificato | 13,203 | 9,595 | 7,197 |
| | 91/542/EEC Stage I | Non identificato | 7,262 | 5,757 | 4,678 |
| | 91/542/EEC Stage II | Non identificato | 5,941 | 4,798 | 4,678 |
| Motocicli | Convenzionali | <50 cm ³ | 473,666 | 473,666 | 0,000 |
| | 97/24/CEEC | <50 cm ³ | 157,889 | 166,667 | 0,000 |
| | Convenzionali | 4 tempi < 250 cm ³ | 921,800 | 916,583 | 1026,010 |
| | 97/24/CEEC | 4 tempi < 250 cm ³ | 238,369 | 298,694 | 462,184 |
| | Convenzionali | 4 tempi 250 - 750 cm ³ | 642,643 | 711,722 | 700,648 |
| | 97/24/CEEC | 4 tempi 250 - 750 cm ³ | 238,369 | 323,656 | 482,556 |
| | Convenzionali | 4 tempi > 750 cm ³ | 361,401 | 516,967 | 634,561 |
| | 97/24/CEEC | 4 tempi > 750 cm ³ | 238,369 | 348,284 | 538,188 |

ALLEGATO 2: FATTORI DI EMISSIONE

| NO _x g/Kg di carburante*veicolo | | | Ciclo di guida | | |
|--|---------------------|------------------|----------------|-------------|--------------|
| Veicolo | Categoria | Cilindrata | Urbano | Extraurbano | Autostradale |
| Auto a benzina | PRE-ECE | <1400 | 16,107 | 33,970 | 32,561 |
| | ECE 15/00/01 | <1400 | 18,013 | 40,336 | 40,266 |
| | ECE 1502 | <1400 | 17,921 | 39,853 | 54,961 |
| | ECE 1503 | <1400 | 18,271 | 42,091 | 61,895 |
| | ECE 1504 | <1400 | 21,060 | 41,885 | 54,109 |
| | 91/441/EEC - EURO I | <1400 | 8,023 | 8,407 | 13,782 |
| | 94/12/EEC - EURO II | <1400 | 4,655 | 2,967 | 4,962 |
| | PRE-ECE | 1400-2000 | 14,295 | 35,737 | 39,638 |
| | ECE 15/00/01 | 1400-2000 | 15,899 | 49,009 | 49,434 |
| | ECE 1502 | 1400-2000 | 15,521 | 41,652 | 54,511 |
| | ECE 1503 | 1400-2000 | 14,774 | 45,110 | 57,010 |
| | ECE 1504 | 1400-2000 | 19,110 | 44,569 | 65,253 |
| | 91/441/EEC - EURO I | 1400-2000 | 6,087 | 7,402 | 10,930 |
| | 94/12/EEC - EURO II | 1400-2000 | 4,146 | 2,784 | 3,935 |
| | PRE-ECE | >2000 | 13,807 | 42,215 | 61,599 |
| | ECE 15/00/01 | >2000 | 16,943 | 63,491 | 81,826 |
| | ECE 1502 | >2000 | 13,507 | 34,033 | 51,613 |
| | ECE 1503 | >2000 | 19,007 | 44,207 | 64,541 |
| | ECE 1504 | >2000 | 17,556 | 40,174 | 55,781 |
| | 91/441/EEC - EURO I | >2000 | 5,589 | 8,007 | 8,677 |
| | 94/12/EEC - EURO II | >2000 | 3,555 | 2,910 | 3,124 |
| Auto Diesel | Convenzionali | <2000 | 7,762 | 9,738 | 10,169 |
| | 91/441/EEC - EURO I | <2000 | 12,955 | 11,615 | 14,546 |
| | 94/12/EEC - EURO II | <2000 | 12,955 | 11,615 | 14,546 |
| | Convenzionali | >2000 | 11,858 | 16,050 | 15,681 |
| | 91/441/EEC - EURO I | >2000 | 12,955 | 11,352 | 14,997 |
| | 94/12/EEC - EURO II | >2000 | 12,955 | 11,352 | 14,997 |
| Auto GPL | Convenzionali | Non identificato | 22,579 | 56,151 | 55,804 |
| | 91/441/EEC - EURO I | Non identificato | 4,880 | 6,387 | 5,168 |
| | 94/12/EEC - EURO II | Non identificato | 1,590 | 2,300 | 1,860 |
| Autocarri a benzina | Convenzionali | <35q | 17,325 | 49,774 | 58,373 |
| | EURO I (93/59/EEC) | <35q | 4,938 | 5,518 | 6,681 |
| | EURO II (96/69/EEC) | <35q | 2,656 | 1,844 | 2,272 |
| | Convenzionali | >35q | 19,347 | 48,367 | 43,970 |

| NO _x g/Kg di carburante*veicolo | | | Ciclo di guida | | |
|--|---------------------|-----------------------|----------------|-------------|--------------|
| Veicolo | Categoria | Cilindrata | Urbano | Extraurbano | Autostradale |
| Autocarri diesel | Convenzionali | <35q | 25,714 | 12,966 | 13,716 |
| | EURO I (93/59/EEC) | <35q | 14,671 | 16,897 | 15,252 |
| | EURO II (96/69/EEC) | <35q | 14,671 | 16,897 | 15,252 |
| | Convenzionali | 35-75q | 33,994 | 24,870 | 25,033 |
| | 91/542/EEC Stage I | 35-75q | 23,796 | 17,409 | 22,530 |
| | 91/542/EEC Stage II | 35-75q | 16,997 | 13,679 | 16,272 |
| | Convenzionali | 75-160q | 39,658 | 29,154 | 24,151 |
| | 91/542/EEC Stage I | 75-160q | 27,760 | 20,408 | 21,736 |
| | 91/542/EEC Stage II | 75-160q | 19,829 | 16,035 | 15,698 |
| | Convenzionali | 160-320q | 44,881 | 39,843 | 34,817 |
| | 91/542/EEC Stage I | 160-320q | 24,685 | 23,906 | 19,149 |
| | 91/542/EEC Stage II | 160-320q | 17,952 | 17,929 | 15,667 |
| | Convenzionali | >320q | 48,861 | 43,350 | 41,746 |
| | 91/542/EEC Stage I | >320q | 26,873 | 26,010 | 22,960 |
| | 91/542/EEC Stage II | >320q | 19,544 | 19,508 | 18,786 |
| Autobus urbani | Convenzionali | Non identificato | 49,653 | 45,516 | 0,000 |
| | 91/542/EEC Stage I | Non identificato | 34,757 | 0,000 | 0,000 |
| | 91/542/EEC Stage II | Non identificato | 24,826 | 0,000 | 0,000 |
| Corriere | Convenzionali | Non identificato | 45,671 | 38,430 | 38,920 |
| | 91/542/EEC Stage I | Non identificato | 25,119 | 23,058 | 21,406 |
| | 91/542/EEC Stage II | Non identificato | 18,269 | 17,294 | 17,514 |
| Motocicli | Convenzionali | <50 cm3 | 0,967 | 0,967 | 0,000 |
| | 97/24/CEEC | <50 cm3 | 0,645 | 0,667 | 0,000 |
| | Convenzionali | 4 tempi < 250 cm3 | 4,229 | 8,598 | 9,825 |
| | 97/24/CEEC | 4 tempi < 250 cm3 | 5,575 | 10,697 | 13,149 |
| | Convenzionali | 4 tempi 250 - 750 cm3 | 3,432 | 8,478 | 10,672 |
| | 97/24/CEEC | 4 tempi 250 - 750 cm3 | 5,575 | 11,088 | 13,437 |
| | Convenzionali | 4 tempi > 750 cm3 | 2,911 | 7,899 | 11,090 |
| | 97/24/CEEC | 4 tempi > 750 cm3 | 5,575 | 11,467 | 14,203 |

ALLEGATO 2: FATTORI DI EMISSIONE

| NMVOC g/Kg di carburante*veicolo | | | Ciclo di guida | | |
|----------------------------------|---------------------|------------------|----------------|-------------|--------------|
| Veicolo | Categoria | Cilindrata | Urbano | Extraurbano | Autostradale |
| Auto a benzina | PRE-ECE | <1400 | 66,213 | 38,951 | 307,471 |
| | ECE 15/00/01 | <1400 | 61,915 | 34,932 | 357,234 |
| | ECE 1502 | <1400 | 66,285 | 31,142 | 319,578 |
| | ECE 1503 | <1400 | 70,748 | 30,588 | 46,277 |
| | ECE 1504 | <1400 | 77,089 | 29,483 | 30,464 |
| | 91/441/EEC - EURO I | <1400 | 20,762 | 2,848 | 2,702 |
| | 94/12/EEC - EURO II | <1400 | 12,462 | 0,562 | 0,879 |
| | PRE-ECE | 1400-2000 | 66,192 | 30,423 | 54,187 |
| | ECE 15/00/01 | 1400-2000 | 61,596 | 29,137 | 60,058 |
| | ECE 1502 | 1400-2000 | 65,184 | 25,162 | 53,287 |
| | ECE 1503 | 1400-2000 | 69,148 | 25,525 | 26,369 |
| | ECE 1504 | 1400-2000 | 85,758 | 27,850 | 19,922 |
| | 91/441/EEC - EURO I | 1400-2000 | 13,567 | 5,713 | 1,768 |
| | 94/12/EEC - EURO II | 1400-2000 | 12,318 | 0,601 | 0,483 |
| | PRE-ECE | >2000 | 55,551 | 25,218 | 28,349 |
| | ECE 15/00/01 | >2000 | 57,332 | 25,856 | 32,391 |
| | ECE 1502 | >2000 | 66,530 | 22,908 | 19,400 |
| | ECE 1503 | >2000 | 65,554 | 23,381 | 16,740 |
| | ECE 1504 | >2000 | 75,735 | 24,147 | 13,222 |
| | 91/441/EEC - EURO I | >2000 | 11,994 | 8,763 | 1,403 |
| | 94/12/EEC - EURO II | >2000 | 10,322 | 0,916 | 0,426 |
| Auto Diesel | Convenzionali | <2000 | 4,337 | 2,939 | 0,606 |
| | 91/441/EEC - EURO I | <2000 | 2,512 | 1,298 | 0,500 |
| | 94/12/EEC - EURO II | <2000 | 2,512 | 1,298 | 0,500 |
| | Convenzionali | >2000 | 4,337 | 3,262 | 0,506 |
| | 91/441/EEC - EURO I | >2000 | 2,512 | 1,408 | 0,553 |
| | 94/12/EEC - EURO II | >2000 | 2,512 | 1,408 | 0,553 |
| Auto GPL | Convenzionali | Non identificato | 28,558 | 15,071 | 7,283 |
| | 91/441/EEC - EURO I | Non identificato | 6,050 | 1,162 | 2,468 |
| | 94/12/EEC - EURO II | Non identificato | 1,950 | 0,241 | 0,518 |
| Autocarri a benzina | Convenzionali | <35q | 65,041 | 15,568 | 16,952 |
| | EURO I (93/59/EEC) | <35q | 9,398 | 1,703 | 0,980 |
| | EURO II (96/69/EEC) | <35q | 5,703 | 0,380 | 0,428 |
| | Convenzionali | >35q | 29,185 | 34,396 | 19,899 |

| NMVOC g/Kg di carburante*veicolo | | | Ciclo di guida | | |
|----------------------------------|---------------------|-----------------------|----------------|-------------|--------------|
| Veicolo | Categoria | Cilindrata | Urbano | Extraurbano | Autostradale |
| Autocarri diesel | Convenzionali | <35q | 2,325 | 1,491 | 1,072 |
| | EURO I (93/59/EEC) | <35q | 2,557 | 1,689 | 1,207 |
| | EURO II (96/69/EEC) | <35q | 2,557 | 1,689 | 1,207 |
| | Convenzionali | 35-75q | 18,899 | 12,493 | 6,898 |
| | 91/542/EEC Stage I | 35-75q | 14,174 | 9,369 | 5,173 |
| | 91/542/EEC Stage II | 35-75q | 13,229 | 8,745 | 4,829 |
| | Convenzionali | 75-160q | 10,853 | 7,398 | 4,984 |
| | 91/542/EEC Stage I | 75-160q | 8,140 | 5,549 | 3,738 |
| | 91/542/EEC Stage II | 75-160q | 7,597 | 5,179 | 3,489 |
| | Convenzionali | 160-320q | 6,662 | 4,539 | 3,715 |
| | 91/542/EEC Stage I | 160-320q | 3,331 | 2,951 | 2,786 |
| | 91/542/EEC Stage II | 160-320q | 2,998 | 2,724 | 2,415 |
| | Convenzionali | >320q | 5,088 | 3,309 | 3,033 |
| | 91/542/EEC Stage I | >320q | 2,544 | 2,151 | 2,275 |
| | 91/542/EEC Stage II | >320q | 2,290 | 1,985 | 1,971 |
| Autobus urbani | Convenzionali | Non identificato | 4,549 | 2,420 | 0,000 |
| | 91/542/EEC Stage I | Non identificato | 3,412 | 0,000 | 0,000 |
| | 91/542/EEC Stage II | Non identificato | 3,184 | 0,000 | 0,000 |
| Corriere | Convenzionali | Non identificato | 7,433 | 5,111 | 3,690 |
| | 91/542/EEC Stage I | Non identificato | 3,716 | 3,322 | 2,768 |
| | 91/542/EEC Stage II | Non identificato | 3,345 | 3,067 | 2,399 |
| Motocicli | Convenzionali | <50 cm3 | 294,235 | 280,125 | 0,000 |
| | 97/24/CEEC | <50 cm3 | 93,444 | 87,810 | 0,000 |
| | Convenzionali | 4 tempi < 250 cm3 | 93,470 | 38,331 | 61,167 |
| | 97/24/CEEC | 4 tempi < 250 cm3 | 46,133 | 16,407 | 38,484 |
| | Convenzionali | 4 tempi 250 - 750 cm3 | 63,516 | 30,100 | 52,201 |
| | 97/24/CEEC | 4 tempi 250 - 750 cm3 | 45,974 | 14,942 | 36,856 |
| | Convenzionali | 4 tempi > 750 cm3 | 80,222 | 40,731 | 42,921 |
| | 97/24/CEEC | 4 tempi > 750 cm3 | 45,899 | 13,657 | 33,244 |

ALLEGATO 2: FATTORI DI EMISSIONE

| PM ₁₀ g/Kg di carburante*veicolo | | | Ciclo di guida | | |
|---|---------------------|------------------|----------------|-------------|--------------|
| Veicolo | Categoria | Cilindrata | Urbano | Extraurbano | Autostradale |
| Auto a benzina | PRE-ECE | <1400 | 0,782 | 1,073 | 0,951 |
| | ECE 15/00/01 | <1400 | 0,874 | 1,274 | 1,190 |
| | ECE 1502 | <1400 | 0,956 | 1,313 | 1,129 |
| | ECE 1503 | <1400 | 0,685 | 0,988 | 0,893 |
| | ECE 1504 | <1400 | 0,625 | 0,820 | 0,740 |
| | 91/441/EEC - EURO I | <1400 | 0,204 | 0,442 | 0,347 |
| | 94/12/EEC - EURO II | <1400 | 0,204 | 0,442 | 0,347 |
| | PRE-ECE | 1400-2000 | 0,597 | 0,922 | 0,758 |
| | ECE 15/00/01 | 1400-2000 | 0,663 | 1,221 | 0,920 |
| | ECE 1502 | 1400-2000 | 0,718 | 1,213 | 0,889 |
| | ECE 1503 | 1400-2000 | 0,513 | 0,912 | 0,702 |
| | ECE 1504 | 1400-2000 | 0,469 | 0,663 | 0,650 |
| | 91/441/EEC - EURO I | 1400-2000 | 0,152 | 0,343 | 0,267 |
| | 94/12/EEC - EURO II | 1400-2000 | 0,152 | 0,323 | 0,267 |
| | PRE-ECE | >2000 | 0,465 | 0,767 | 0,637 |
| | ECE 15/00/01 | >2000 | 0,571 | 1,088 | 0,808 |
| | ECE 1502 | >2000 | 0,549 | 0,872 | 0,750 |
| | ECE 1503 | >2000 | 0,404 | 0,654 | 0,566 |
| | ECE 1504 | >2000 | 0,356 | 0,569 | 0,462 |
| | 91/441/EEC - EURO I | >2000 | 0,120 | 0,293 | 0,232 |
| | 94/12/EEC - EURO II | >2000 | 0,120 | 0,293 | 0,232 |
| Auto Diesel | Convenzionali | <2000 | 5,157 | 4,346 | 3,662 |
| | 91/441/EEC - EURO I | <2000 | 2,173 | 1,455 | 2,229 |
| | 94/12/EEC - EURO II | <2000 | 2,173 | 1,455 | 2,229 |
| | Convenzionali | >2000 | 5,157 | 4,701 | 3,689 |
| | 91/441/EEC - EURO I | >2000 | 2,174 | 1,587 | 2,364 |
| | 94/12/EEC - EURO II | >2000 | 2,173 | 1,587 | 2,364 |
| Auto GPL | Convenzionali | Non identificato | 0,727 | 1,036 | 0,772 |
| | 91/441/EEC - EURO I | Non identificato | 0,225 | 0,371 | 0,248 |
| | 94/12/EEC - EURO II | Non identificato | 0,225 | 0,371 | 0,248 |
| Autocarri a benzina | Convenzionali | <35q | 0,432 | 1,013 | 1,015 |
| | EURO I (93/59/EEC) | <35q | 0,134 | 0,311 | 0,311 |
| | EURO II (96/69/EEC) | <35q | 0,134 | 0,311 | 0,312 |
| | Convenzionali | >35q | 2,170 | 3,252 | 2,959 |

| PM ₁₀ g/Kg di carburante*veicolo | | | Ciclo di guida | | |
|---|---------------------|-----------------------------------|----------------|-------------|--------------|
| Veicolo | Categoria | Cilindrata | Urbano | Extraurbano | Autostradale |
| Autocarri diesel | Convenzionali | <35q | 4,243 | 4,777 | 4,002 |
| | EURO I (93/59/EEC) | <35q | 1,775 | 1,476 | 1,929 |
| | EURO II (96/69/EEC) | <35q | 1,775 | 1,476 | 1,929 |
| | Convenzionali | 35-75q | 4,355 | 3,843 | 2,426 |
| | 91/542/EEC Stage I | 35-75q | 3,064 | 2,851 | 1,842 |
| | 91/542/EEC Stage II | 35-75q | 2,141 | 2,142 | 1,425 |
| | Convenzionali | 75-160q | 4,591 | 3,873 | 2,830 |
| | 91/542/EEC Stage I | 75-160q | 3,118 | 2,726 | 2,021 |
| | 91/542/EEC Stage II | 75-160q | 2,066 | 1,907 | 1,443 |
| | Convenzionali | 160-320q | 3,433 | 2,948 | 2,574 |
| | 91/542/EEC Stage I | 160-320q | 2,317 | 2,051 | 1,808 |
| | 91/542/EEC Stage II | 160-320q | 1,041 | 1,027 | 0,933 |
| | Convenzionali | >320q | 2,767 | 2,288 | 2,187 |
| | 91/542/EEC Stage I | >320q | 1,864 | 1,586 | 1,525 |
| | 91/542/EEC Stage II | >320q | 0,831 | 0,783 | 0,769 |
| Autobus urbani | Convenzionali | Non identificato | 2,435 | 1,991 | 0,000 |
| | 91/542/EEC Stage I | Non identificato | 1,668 | 0,370 | 0,000 |
| | 91/542/EEC Stage II | Non identificato | 1,120 | 0,374 | 0,000 |
| Corriere | Convenzionali | Non identificato | 2,817 | 2,481 | 2,051 |
| | 91/542/EEC Stage I | Non identificato | 1,916 | 1,756 | 1,484 |
| | 91/542/EEC Stage II | Non identificato | 0,886 | 0,927 | 0,836 |
| Motocicli | Convenzionali | <50 cm ³ | 6,012 | 1,422 | 0,000 |
| | 97/24/CEEC | <50 cm ³ | 1,142 | 0,693 | 0,000 |
| | Convenzionali | 4 tempi < 250 cm ³ | 1,858 | 1,906 | 1,357 |
| | 97/24/CEEC | 4 tempi < 250 cm ³ | 0,312 | 0,343 | 0,279 |
| | Convenzionali | 4 tempi 250 - 750 cm ³ | 1,440 | 1,689 | 1,340 |
| | 97/24/CEEC | 4 tempi 250 - 750 cm ³ | 0,312 | 0,334 | 0,269 |
| | Convenzionali | 4 tempi > 750 cm ³ | 1,114 | 1,388 | 1,119 |
| | 97/24/CEEC | 4 tempi > 750 cm ³ | 0,312 | 0,327 | 0,243 |

Tab. n° 46 - Fattori di emissione dei veicoli in g/Kg di combustibile

Traffico: fattori di emissioni espressi in g/km*veicolo

| Veicolo | CO g/Km*veicolo | | Ciclo di guida | | |
|---------------------|---------------------|------------------|----------------|-------------|--------------|
| | Categoria | Cilindrata | Urbano | Extraurbano | Autostradale |
| Auto a benzina | PRE-ECE | <1400 | 60,470 | 21,320 | 15,109 |
| | ECE 15/00/01 | <1400 | 44,325 | 13,803 | 17,639 |
| | ECE 1502 | <1400 | 37,714 | 8,734 | 7,825 |
| | ECE 1503 | <1400 | 41,260 | 10,129 | 7,219 |
| | ECE 1504 | <1400 | 27,580 | 5,952 | 4,154 |
| | 91/441/EEC - EURO I | <1400 | 18,421 | 0,856 | 4,669 |
| | 94/12/EEC - EURO II | <1400 | 14,847 | 0,326 | 3,175 |
| | PRE-ECE | 1400-2000 | 78,638 | 21,320 | 14,703 |
| | ECE 15/00/01 | 1400-2000 | 57,642 | 13,623 | 18,823 |
| | ECE 1502 | 1400-2000 | 49,045 | 8,734 | 8,829 |
| | ECE 1503 | 1400-2000 | 53,412 | 10,210 | 8,277 |
| | ECE 1504 | 1400-2000 | 33,220 | 9,130 | 4,297 |
| | 91/441/EEC - EURO I | 1400-2000 | 18,844 | 3,561 | 4,838 |
| | 94/12/EEC - EURO II | 1400-2000 | 17,458 | 2,352 | 3,290 |
| | PRE-ECE | >2000 | 84,865 | 21,438 | 15,233 |
| | ECE 15/00/01 | >2000 | 62,206 | 13,710 | 20,159 |
| | ECE 1502 | >2000 | 54,979 | 13,555 | 8,829 |
| | ECE 1503 | >2000 | 55,481 | 15,436 | 9,074 |
| | ECE 1504 | >2000 | 33,220 | 9,990 | 4,749 |
| | 91/441/EEC - EURO I | >2000 | 20,651 | 5,098 | 2,704 |
| | 94/12/EEC - EURO II | >2000 | 18,667 | 2,415 | 1,839 |
| Auto Diesel | Convenzionali | <2000 | 1,198 | 0,582 | 0,331 |
| | 91/441/EEC - EURO I | <2000 | 1,033 | 0,250 | 0,312 |
| | 94/12/EEC - EURO II | <2000 | 1,033 | 0,250 | 0,312 |
| | Convenzionali | >2000 | 1,198 | 0,610 | 0,323 |
| | 91/441/EEC - EURO I | >2000 | 1,033 | 0,258 | 0,384 |
| | 94/12/EEC - EURO II | >2000 | 1,033 | 0,258 | 0,384 |
| Auto GPL | Convenzionali | Non identificato | 10,763 | 1,853 | 18,523 |
| | 91/441/EEC - EURO I | Non identificato | 4,736 | 1,295 | 6,070 |
| | 94/12/EEC - EURO II | Non identificato | 3,372 | 0,874 | 4,127 |
| Autocarri a benzina | Convenzionali | <35q | 63,617 | 6,706 | 12,951 |
| | EURO I (93/59/EEC) | <35q | 26,395 | 1,304 | 2,820 |
| | EURO II (96/69/EEC) | <35q | 20,374 | 0,498 | 1,720 |
| | Convenzionali | >35q | 66,313 | 52,103 | 52,103 |

| CO g/Km*veicolo | | | Ciclo di guida | | |
|------------------|---------------------|-----------------------|----------------|-------------|--------------|
| Veicolo | Categoria | Cilindrata | Urbano | Extraurbano | Autostradale |
| Autocarri diesel | Convenzionali | <35q | 1,840 | 0,958 | 1,122 |
| | EURO I (93/59/EEC) | <35q | 0,792 | 0,313 | 0,578 |
| | EURO II (96/69/EEC) | <35q | 0,792 | 0,313 | 0,578 |
| | Convenzionali | 35-75q | 4,237 | 2,177 | 1,709 |
| | 91/542/EEC Stage I | 35-75q | 2,119 | 1,306 | 0,940 |
| | 91/542/EEC Stage II | 35-75q | 1,695 | 1,197 | 0,855 |
| | Convenzionali | 75-160q | 4,237 | 2,177 | 1,783 |
| | 91/542/EEC Stage I | 75-160q | 2,119 | 1,306 | 0,981 |
| | 91/542/EEC Stage II | 75-160q | 1,695 | 1,197 | 0,891 |
| | Convenzionali | 160-320q | 4,237 | 2,177 | 1,865 |
| | 91/542/EEC Stage I | 160-320q | 2,330 | 1,306 | 1,212 |
| | 91/542/EEC Stage II | 160-320q | 1,907 | 1,089 | 1,212 |
| | Convenzionali | >320q | 4,237 | 2,177 | 1,956 |
| | 91/542/EEC Stage I | >320q | 2,330 | 1,306 | 1,271 |
| | 91/542/EEC Stage II | >320q | 1,907 | 1,089 | 1,271 |
| Autobus urbani | Convenzionali | Non identificato | 5,922 | 2,805 | 0,000 |
| | 91/542/EEC Stage I | Non identificato | 2,961 | 0,000 | 0,000 |
| | 91/542/EEC Stage II | Non identificato | 2,369 | 0,000 | 0,000 |
| Corriere | Convenzionali | Non identificato | 4,780 | 2,059 | 1,465 |
| | 91/542/EEC Stage I | Non identificato | 2,629 | 1,235 | 0,952 |
| | 91/542/EEC Stage II | Non identificato | 2,151 | 1,030 | 0,952 |
| Motocicli | Convenzionali | <50 cm3 | 14,210 | 14,210 | 0,000 |
| | 97/24/CEEC | <50 cm3 | 7,105 | 7,500 | 0,000 |
| | Convenzionali | 4 tempi < 250 cm3 | 23,997 | 23,255 | 36,567 |
| | 97/24/CEEC | 4 tempi < 250 cm3 | 7,072 | 7,901 | 15,063 |
| | Convenzionali | 4 tempi 250 - 750 cm3 | 21,588 | 20,384 | 25,278 |
| | 97/24/CEEC | 4 tempi 250 - 750 cm3 | 7,072 | 8,782 | 16,275 |
| | Convenzionali | 4 tempi > 750 cm3 | 15,687 | 18,011 | 27,454 |
| | 97/24/CEEC | 4 tempi > 750 cm3 | 7,072 | 9,710 | 20,197 |

ALLEGATO 2: FATTORI DI EMISSIONE

| NO _x g/Km*veicolo | | | Ciclo di guida | | |
|------------------------------|---------------------|------------------|----------------|-------------|--------------|
| Veicolo | Categoria | Cilindrata | Urbano | Extraurbano | Autostradale |
| Auto a benzina | PRE-ECE | <1400 | 1,642 | 1,922 | 1,980 |
| | ECE 15/00/01 | <1400 | 1,642 | 1,922 | 1,957 |
| | ECE 1502 | <1400 | 1,494 | 1,843 | 2,814 |
| | ECE 1503 | <1400 | 1,566 | 1,946 | 3,169 |
| | ECE 1504 | <1400 | 1,575 | 1,874 | 2,684 |
| | 91/441/EEC - EURO I | <1400 | 0,700 | 0,331 | 0,691 |
| | 94/12/EEC - EURO II | <1400 | 0,406 | 0,117 | 0,249 |
| | PRE-ECE | 1400-2000 | 1,910 | 2,353 | 3,028 |
| | ECE 15/00/01 | 1400-2000 | 1,910 | 2,436 | 3,093 |
| | ECE 1502 | 1400-2000 | 1,722 | 2,085 | 3,545 |
| | ECE 1503 | 1400-2000 | 1,692 | 2,260 | 3,708 |
| | ECE 1504 | 1400-2000 | 1,904 | 2,467 | 3,685 |
| | 91/441/EEC - EURO I | 1400-2000 | 0,712 | 0,376 | 0,712 |
| | 94/12/EEC - EURO II | 1400-2000 | 0,485 | 0,150 | 0,256 |
| | PRE-ECE | >2000 | 2,368 | 3,340 | 5,565 |
| | ECE 15/00/01 | >2000 | 2,368 | 3,541 | 5,814 |
| | ECE 1502 | >2000 | 1,960 | 2,367 | 3,969 |
| | ECE 1503 | >2000 | 2,759 | 3,094 | 5,208 |
| | ECE 1504 | >2000 | 2,303 | 2,590 | 4,428 |
| | 91/441/EEC - EURO I | >2000 | 0,831 | 0,475 | 0,651 |
| | 94/12/EEC - EURO II | >2000 | 0,528 | 0,173 | 0,234 |
| Auto Diesel | Convenzionali | <2000 | 0,720 | 0,468 | 0,651 |
| | 91/441/EEC - EURO I | <2000 | 1,021 | 0,553 | 0,813 |
| | 94/12/EEC - EURO II | <2000 | 1,021 | 0,553 | 0,813 |
| | Convenzionali | >2000 | 1,100 | 0,780 | 1,098 |
| | 91/441/EEC - EURO I | >2000 | 1,021 | 0,549 | 0,893 |
| | 94/12/EEC - EURO II | >2000 | 1,021 | 0,549 | 0,893 |
| Auto GPL | Convenzionali | Non identificato | 1,762 | 2,530 | 3,013 |
| | 91/441/EEC - EURO I | Non identificato | 0,361 | 0,287 | 0,348 |
| | 94/12/EEC - EURO II | Non identificato | 0,118 | 0,103 | 0,125 |
| Autocarri a benzina | Convenzionali | <35q | 2,465 | 3,020 | 3,536 |
| | EURO I (93/59/EEC) | <35q | 0,823 | 0,394 | 0,476 |
| | EURO II (96/69/EEC) | <35q | 0,442 | 0,132 | 0,162 |
| | Convenzionali | >35q | 4,353 | 7,255 | 7,255 |

| NO _x g/Km*veicolo | | | Ciclo di guida | | |
|------------------------------|---------------------|-----------------------|----------------|-------------|--------------|
| Veicolo | Categoria | Cilindrata | Urbano | Extraurbano | Autostradale |
| Autocarri diesel | Convenzionali | <35q | 3,035 | 0,861 | 1,205 |
| | EURO I (93/59/EEC) | <35q | 1,574 | 0,991 | 1,190 |
| | EURO II (96/69/EEC) | <35q | 1,574 | 0,991 | 1,190 |
| | Convenzionali | 35-75q | 4,480 | 2,165 | 2,897 |
| | 91/542/EEC Stage I | 35-75q | 3,136 | 1,516 | 2,607 |
| | 91/542/EEC Stage II | 35-75q | 2,240 | 1,191 | 1,883 |
| | Convenzionali | 75-160q | 9,102 | 4,286 | 4,084 |
| | 91/542/EEC Stage I | 75-160q | 6,371 | 3,000 | 3,676 |
| | 91/542/EEC Stage II | 75-160q | 4,551 | 2,357 | 2,655 |
| | Convenzionali | 160-320q | 16,175 | 9,046 | 7,902 |
| | 91/542/EEC Stage I | 160-320q | 8,896 | 5,428 | 4,346 |
| | 91/542/EEC Stage II | 160-320q | 6,470 | 4,071 | 3,556 |
| | Convenzionali | >320q | 23,057 | 13,502 | 12,389 |
| | 91/542/EEC Stage I | >320q | 12,681 | 8,101 | 6,814 |
| | 91/542/EEC Stage II | >320q | 9,223 | 6,076 | 5,575 |
| Autobus urbani | Convenzionali | Non identificato | 17,927 | 10,656 | 0,000 |
| | 91/542/EEC Stage I | Non identificato | 12,549 | 0,000 | 0,000 |
| | 91/542/EEC Stage II | Non identificato | 8,964 | 0,000 | 0,000 |
| Corriere | Convenzionali | Non identificato | 16,533 | 8,247 | 7,924 |
| | 91/542/EEC Stage I | Non identificato | 9,093 | 4,948 | 4,358 |
| | 91/542/EEC Stage II | Non identificato | 6,613 | 3,711 | 3,566 |
| Motocicli | Convenzionali | <50 cm3 | 0,029 | 0,029 | 0,000 |
| | 97/24/CEEC | <50 cm3 | 0,029 | 0,030 | 0,000 |
| | Convenzionali | 4 tempi < 250 cm3 | 0,110 | 0,218 | 0,350 |
| | 97/24/CEEC | 4 tempi < 250 cm3 | 0,165 | 0,283 | 0,429 |
| | Convenzionali | 4 tempi 250 - 750 cm3 | 0,115 | 0,243 | 0,385 |
| | 97/24/CEEC | 4 tempi 250 - 750 cm3 | 0,165 | 0,301 | 0,453 |
| | Convenzionali | 4 tempi > 750 cm3 | 0,126 | 0,275 | 0,480 |
| | 97/24/CEEC | 4 tempi > 750 cm3 | 0,165 | 0,320 | 0,533 |

ALLEGATO 2: FATTORI DI EMISSIONE

| NMVOC g/Km*veicolo | | | Ciclo di guida | | |
|--------------------|---------------------|------------------|----------------|-------------|--------------|
| Veicolo | Categoria | Cilindrata | Urbano | Extraurbano | Autostradale |
| Auto a benzina | PRE-ECE | <1400 | 6,750 | 2,204 | 18,698 |
| | ECE 15/00/01 | <1400 | 5,644 | 1,665 | 17,362 |
| | ECE 1502 | <1400 | 5,525 | 1,440 | 16,362 |
| | ECE 1503 | <1400 | 6,063 | 1,414 | 2,369 |
| | ECE 1504 | <1400 | 5,764 | 1,319 | 1,511 |
| | 91/441/EEC - EURO I | <1400 | 1,812 | 0,112 | 0,136 |
| | 94/12/EEC - EURO II | <1400 | 1,088 | 0,022 | 0,044 |
| | PRE-ECE | 1400-2000 | 8,844 | 2,003 | 4,139 |
| | ECE 15/00/01 | 1400-2000 | 7,399 | 1,448 | 3,758 |
| | ECE 1502 | 1400-2000 | 7,233 | 1,259 | 3,466 |
| | ECE 1503 | 1400-2000 | 7,920 | 1,279 | 1,715 |
| | ECE 1504 | 1400-2000 | 8,546 | 1,541 | 1,125 |
| | 91/441/EEC - EURO I | 1400-2000 | 1,588 | 0,290 | 0,115 |
| | 94/12/EEC - EURO II | 1400-2000 | 1,442 | 0,032 | 0,031 |
| | PRE-ECE | >2000 | 9,529 | 1,995 | 2,561 |
| | ECE 15/00/01 | >2000 | 8,014 | 1,442 | 2,301 |
| | ECE 1502 | >2000 | 9,656 | 1,593 | 1,492 |
| | ECE 1503 | >2000 | 9,515 | 1,637 | 1,351 |
| | ECE 1504 | >2000 | 9,933 | 1,557 | 1,050 |
| | 91/441/EEC - EURO I | >2000 | 1,783 | 0,520 | 0,105 |
| | 94/12/EEC - EURO II | >2000 | 1,534 | 0,054 | 0,032 |
| Auto Diesel | Convenzionali | <2000 | 0,402 | 0,141 | 0,039 |
| | 91/441/EEC - EURO I | <2000 | 0,198 | 0,062 | 0,028 |
| | 94/12/EEC - EURO II | <2000 | 0,198 | 0,062 | 0,028 |
| | Convenzionali | >2000 | 0,402 | 0,159 | 0,035 |
| | 91/441/EEC - EURO I | >2000 | 0,198 | 0,068 | 0,033 |
| | 94/12/EEC - EURO II | >2000 | 0,198 | 0,068 | 0,033 |
| Auto GPL | Convenzionali | Non identificato | 2,229 | 0,679 | 0,393 |
| | 91/441/EEC - EURO I | Non identificato | 0,448 | 0,052 | 0,166 |
| | 94/12/EEC - EURO II | Non identificato | 0,144 | 0,011 | 0,035 |

| NMVOC g/Km*veicolo | | | Ciclo di guida | | |
|---------------------|---------------------|-----------------------|----------------|-------------|--------------|
| Veicolo | Categoria | Cilindrata | Urbano | Extraurbano | Autostradale |
| Autocarri a benzina | Convenzionali | <35q | 9,254 | 0,945 | 1,027 |
| | EURO I (93/59/EEC) | <35q | 1,566 | 0,121 | 0,070 |
| | EURO II (96/69/EEC) | <35q | 0,950 | 0,027 | 0,031 |
| | Convenzionali | >35q | 6,567 | 5,159 | 3,283 |
| Autocarri diesel | Convenzionali | <35q | 0,274 | 0,099 | 0,094 |
| | EURO I (93/59/EEC) | <35q | 0,274 | 0,099 | 0,094 |
| | EURO II (96/69/EEC) | <35q | 0,274 | 0,099 | 0,094 |
| | Convenzionali | 35-75q | 2,491 | 1,088 | 0,798 |
| | 91/542/EEC Stage I | 35-75q | 1,868 | 0,816 | 0,599 |
| | 91/542/EEC Stage II | 35-75q | 1,744 | 0,761 | 0,559 |
| | Convenzionali | 75-160q | 2,491 | 1,088 | 0,843 |
| | 91/542/EEC Stage I | 75-160q | 1,868 | 0,816 | 0,632 |
| | 91/542/EEC Stage II | 75-160q | 1,744 | 0,761 | 0,590 |
| | Convenzionali | 160-320q | 2,401 | 1,031 | 0,843 |
| | 91/542/EEC Stage I | 160-320q | 1,200 | 0,670 | 0,632 |
| | 91/542/EEC Stage II | 160-320q | 1,080 | 0,618 | 0,548 |
| | Convenzionali | >320q | 2,401 | 1,031 | 0,900 |
| | 91/542/EEC Stage I | >320q | 1,200 | 0,670 | 0,675 |
| | 91/542/EEC Stage II | >320q | 1,080 | 0,618 | 0,585 |
| Autobus urbani | Convenzionali | Non identificato | 1,642 | 0,567 | 0,000 |
| | 91/542/EEC Stage I | Non identificato | 1,232 | 0,000 | 0,000 |
| | 91/542/EEC Stage II | Non identificato | 1,150 | 0,000 | 0,000 |
| Corriere | Convenzionali | Non identificato | 2,691 | 1,097 | 0,751 |
| | 91/542/EEC Stage I | Non identificato | 1,345 | 0,713 | 0,564 |
| | 91/542/EEC Stage II | Non identificato | 1,211 | 0,658 | 0,488 |
| Motocicli | Convenzionali | <50 cm3 | 8,827 | 8,404 | 0,000 |
| | 97/24/CEEC | <50 cm3 | 4,205 | 3,951 | 0,000 |
| | Convenzionali | 4 tempi < 250 cm3 | 2,433 | 0,973 | 2,180 |
| | 97/24/CEEC | 4 tempi < 250 cm3 | 1,369 | 0,434 | 1,254 |
| | Convenzionali | 4 tempi 250 - 750 cm3 | 2,134 | 0,862 | 1,883 |
| | 97/24/CEEC | 4 tempi 250 - 750 cm3 | 1,364 | 0,405 | 1,243 |
| | Convenzionali | 4 tempi > 750 cm3 | 3,482 | 1,419 | 1,857 |
| | 97/24/CEEC | 4 tempi > 750 cm3 | 1,362 | 0,381 | 1,248 |

ALLEGATO 2: FATTORI DI EMISSIONE

| PM ₁₀ g/Km*veicolo | | | Ciclo di guida | | |
|-------------------------------|---------------------|------------------|----------------|-------------|--------------|
| Veicolo | Categoria | Cilindrata | Urbano | Extraurbano | Autostradale |
| Auto a benzina | PRE-ECE | <1400 | 0,080 | 0,061 | 0,058 |
| | ECE 15/00/01 | <1400 | 0,080 | 0,061 | 0,058 |
| | ECE 1502 | <1400 | 0,080 | 0,061 | 0,058 |
| | ECE 1503 | <1400 | 0,059 | 0,046 | 0,046 |
| | ECE 1504 | <1400 | 0,047 | 0,037 | 0,037 |
| | 91/441/EEC - EURO I | <1400 | 0,018 | 0,017 | 0,017 |
| | 94/12/EEC - EURO II | <1400 | 0,018 | 0,017 | 0,017 |
| | PRE-ECE | 1400-2000 | 0,080 | 0,061 | 0,058 |
| | ECE 15/00/01 | 1400-2000 | 0,080 | 0,061 | 0,058 |
| | ECE 1502 | 1400-2000 | 0,080 | 0,061 | 0,058 |
| | ECE 1503 | 1400-2000 | 0,059 | 0,046 | 0,046 |
| | ECE 1504 | 1400-2000 | 0,047 | 0,037 | 0,037 |
| | 91/441/EEC - EURO I | 1400-2000 | 0,018 | 0,017 | 0,017 |
| | 94/12/EEC - EURO II | 1400-2000 | 0,018 | 0,017 | 0,017 |
| | PRE-ECE | >2000 | 0,080 | 0,061 | 0,058 |
| | ECE 15/00/01 | >2000 | 0,080 | 0,061 | 0,057 |
| | ECE 1502 | >2000 | 0,080 | 0,061 | 0,058 |
| | ECE 1503 | >2000 | 0,059 | 0,046 | 0,046 |
| | ECE 1504 | >2000 | 0,047 | 0,037 | 0,037 |
| | 91/441/EEC - EURO I | >2000 | 0,018 | 0,017 | 0,017 |
| | 94/12/EEC - EURO II | >2000 | 0,018 | 0,017 | 0,017 |
| Auto Diesel | Convenzionali | >2000 | 0,479 | 0,228 | 0,258 |
| | 91/441/EEC - EURO I | >2000 | 0,171 | 0,077 | 0,141 |
| | 94/12/EEC - EURO II | >2000 | 0,171 | 0,077 | 0,141 |
| | Convenzionali | <2000 | 0,479 | 0,209 | 0,234 |
| | 91/441/EEC - EURO I | <2000 | 0,171 | 0,069 | 0,125 |
| | 94/12/EEC - EURO II | <2000 | 0,171 | 0,069 | 0,125 |
| Auto GPL | Convenzionali | Non identificato | 0,057 | 0,047 | 0,042 |
| | 91/441/EEC - EURO I | Non identificato | 0,017 | 0,017 | 0,017 |
| | 94/12/EEC - EURO II | Non identificato | 0,017 | 0,017 | 0,017 |
| Autocarri a benzina | Convenzionali | <35q | 0,062 | 0,061 | 0,061 |
| | EURO I (93/59/EEC) | <35q | 0,022 | 0,022 | 0,022 |
| | EURO II (96/69/EEC) | <35q | 0,022 | 0,022 | 0,022 |
| | Convenzionali | >35q | 0,488 | 0,488 | 0,488 |

| PM ₁₀ g/Km*veicolo | | | Ciclo di guida | | |
|-------------------------------|---------------------|-----------------------|----------------|-------------|--------------|
| Veicolo | Categoria | Cilindrata | Urbano | Extraurbano | Autostradale |
| Autocarri diesel | Convenzionali | <35q | 0,501 | 0,317 | 0,352 |
| | EURO I (93/59/EEC) | <35q | 0,191 | 0,087 | 0,151 |
| | EURO II (96/69/EEC) | <35q | 0,191 | 0,087 | 0,151 |
| | Convenzionali | 35-75q | 0,574 | 0,335 | 0,281 |
| | 91/542/EEC Stage I | 35-75q | 0,404 | 0,248 | 0,213 |
| | 91/542/EEC Stage II | 35-75q | 0,282 | 0,186 | 0,165 |
| | Convenzionali | 75-160q | 1,054 | 0,569 | 0,479 |
| | 91/542/EEC Stage I | 75-160q | 0,716 | 0,401 | 0,342 |
| | 91/542/EEC Stage II | 75-160q | 0,474 | 0,280 | 0,244 |
| | Convenzionali | 160-320q | 1,237 | 0,669 | 0,584 |
| | 91/542/EEC Stage I | 160-320q | 0,835 | 0,466 | 0,410 |
| | 91/542/EEC Stage II | 160-320q | 0,375 | 0,233 | 0,212 |
| | Convenzionali | >320q | 1,306 | 0,713 | 0,649 |
| | 91/542/EEC Stage I | >320q | 0,880 | 0,494 | 0,453 |
| | 91/542/EEC Stage II | >320q | 0,392 | 0,244 | 0,228 |
| Autobus urbani | Convenzionali | Non identificato | 0,879 | 0,466 | 0,000 |
| | 91/542/EEC Stage I | Non identificato | 0,602 | 0,087 | 0,000 |
| | 91/542/EEC Stage II | Non identificato | 0,404 | 0,088 | 0,000 |
| Corriere | Convenzionali | Non identificato | 1,020 | 0,532 | 0,418 |
| | 91/542/EEC Stage I | Non identificato | 0,694 | 0,377 | 0,302 |
| | 91/542/EEC Stage II | Non identificato | 0,321 | 0,199 | 0,170 |
| Motocicli | Convenzionali | <50 cm3 | 0,180 | 0,043 | 0,000 |
| | 97/24/CEEC | <50 cm3 | 0,051 | 0,031 | 0,000 |
| | Convenzionali | 4 tempi < 250 cm3 | 0,048 | 0,048 | 0,048 |
| | 97/24/CEEC | 4 tempi < 250 cm3 | 0,009 | 0,009 | 0,009 |
| | Convenzionali | 4 tempi 250 - 750 cm3 | 0,048 | 0,048 | 0,048 |
| | 97/24/CEEC | 4 tempi 250 - 750 cm3 | 0,009 | 0,009 | 0,009 |
| | Convenzionali | 4 tempi > 750 cm3 | 0,048 | 0,048 | 0,048 |
| | 97/24/CEEC | 4 tempi > 750 cm3 | 0,009 | 0,009 | 0,009 |

Tab. n° 47 - Fattori di emissione dei veicoli in g/Km percorso

Traffico: percentuali di riduzione^{*} delle emissioni dei veicoli

| Veicoli | Categoria | CO [%] | Nox[%] | NMVOC[%] | PM₁₀[%] |
|---|------------------|---------------|---------------|-----------------|---------------------------|
| Autovetture benzina Autovetture GPL | Euro I | Riferimento | Riferimento | Riferimento | |
| | Euro II | 32 | 64 | 79 | |
| | Euro III | 44 | 76 | 85 | |
| | Euro IV | 66 | 87 | 97 | |
| Autovetture diesel | Euro I | Riferimento | Riferimento | Riferimento | Riferimento |
| | Euro II | | 0 | 0 | 0 |
| | Euro III | | 23 | 15 | 28 |
| | Euro IV | | 47 | 31 | 55 |
| Autocarri leggeri benzina (< 35 q) | Euro I | Riferimento | Riferimento | Riferimento | |
| | Euro II | 39 | 66 | 76 | |
| | Euro III | 48 | 79 | 86 | |
| | Euro IV | 72 | 90 | 94 | |
| Autocarri leggeri diesel (< 35 q) | Euro I | Riferimento | Riferimento | Riferimento | Riferimento |
| | Euro II | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | Euro III | 18 | 16 | 38 | 33 |
| | Euro IV | 35 | 32 | 77 | 65 |

Tab. n° 48 – Percentuali di riduzione dei fattori di emissione a caldo rispetto alla categoria veicolare EURO I

| Veicoli | Categoria | CO [%] | Nox[%] | NMVOC[%] | PM₁₀[%] |
|---|------------------|---------------|---------------|-----------------|---------------------------|
| Autovetture benzina Autovetture GPL Autocarri leggeri benzina (< 35 q) | Euro I | Riferimento | Riferimento | Riferimento | |
| | Euro II | 72 | 72 | 56 | |
| | Euro III | 62 | 32 | 32 | |
| | Euro IV | 18 | 18 | 18 | |
| Autovetture diesel | Euro I | Riferimento | Riferimento | Riferimento | Riferimento |
| | Euro II | | 0 | 0 | 0 |
| | Euro III | | 77 | 85 | 72 |
| | Euro IV | | 53 | 69 | 45 |
| Autocarri leggeri diesel (< 3,5 t) | Euro I | Riferimento | Riferimento | Riferimento | Riferimento |
| | Euro II | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | Euro III | 82 | 84 | 62 | 67 |
| | Euro IV | 65 | 68 | 27 | 35 |

Tab. n° 49 - Percentuali di riduzione dei fattori di emissione a freddo rispetto alla categoria veicolare EURO I

^{*} EMEP/CORINAIR Emission Inventory Guidebook – 3rd Edition, October 2002 Update

| Categoria | Peso[t] | CO[%] | | | NOx[%] | | | NMVOC[%] | | | PM ₁₀ [%] | | |
|----------------|----------------|-------|------|------|--------|------|------|----------|------|------|----------------------|------|------|
| Ciclo di guida | | U | R | H | U | R | H | U | R | H | U | R | H |
| Euro I | <7,5t | 50 | 40 | 45 | 30 | 30 | 10 | 25 | 25 | 25 | 35 | 35 | 35 |
| | 7,5t<W<16t | 50 | 40 | 45 | 30 | 30 | 10 | 25 | 25 | 25 | 35 | 35 | 35 |
| | 16<W<32 | 45 | 40 | 35 | 45 | 40 | 45 | 50 | 35 | 25 | 35 | 35 | 35 |
| | W>32t | 45 | 40 | 35 | 45 | 40 | 45 | 50 | 35 | 25 | 35 | 35 | 35 |
| Euro II | <7,5t | 60 | 45 | 50 | 50 | 45 | 35 | 30 | 30 | 30 | 60 | 60 | 60 |
| | 7,5t<W<16t | 60 | 45 | 50 | 50 | 45 | 35 | 30 | 30 | 30 | 60 | 60 | 60 |
| | 16<W<32 | 55 | 50 | 35 | 60 | 55 | 55 | 55 | 40 | 35 | 75 | 75 | 75 |
| | W>32t | 55 | 50 | 35 | 60 | 55 | 55 | 55 | 40 | 35 | 75 | 75 | 75 |
| Euro III | <7,5t | 72 | 61,5 | 65 | 65 | 61,5 | 54,5 | 51 | 51 | 51 | 72 | 72 | 72 |
| | 7,5t<W<16t | 72 | 61,5 | 65 | 65 | 61,5 | 54,5 | 51 | 51 | 51 | 72 | 72 | 72 |
| | 16<W<32 | 68,5 | 65 | 54,5 | 72 | 68,5 | 68,5 | 68,5 | 58 | 54,5 | 82,5 | 82,5 | 82,5 |
| | W>32t | 68,5 | 65 | 54,5 | 72 | 68,5 | 68,5 | 68,5 | 58 | 54,5 | 82,5 | 82,5 | 82,5 |
| Euro IV | <7,5t | 79,6 | 71,9 | 74,5 | 75,5 | 73,1 | 68,2 | 65,7 | 65,7 | 65,7 | 94,7 | 94,7 | 94,7 |
| | 7,5t<W<16t | 79,6 | 71,9 | 74,5 | 75,5 | 73,1 | 68,2 | 65,7 | 65,7 | 65,7 | 94,7 | 94,7 | 94,7 |
| | 16<W<32 | 77 | 74,5 | 66,8 | 80,4 | 78 | 78 | 78 | 70,6 | 68,2 | 96,7 | 96,7 | 96,7 |
| | W>32t | 77 | 74,5 | 66,8 | 80,4 | 78 | 78 | 78 | 70,6 | 68,2 | 96,7 | 96,7 | 96,7 |
| Euro V | <7,5t | 79,6 | 71,9 | 74,5 | 86 | 84,6 | 81,8 | 65,7 | 65,7 | 65,7 | 94,7 | 94,7 | 94,7 |
| | 7,5t<W<16t | 79,6 | 71,9 | 74,5 | 86 | 84,6 | 81,8 | 65,7 | 65,7 | 65,7 | 94,7 | 94,7 | 94,7 |
| | 16<W<32 | 77 | 74,5 | 66,8 | 80,4 | 78 | 78 | 78 | 70,6 | 68,2 | 96,7 | 96,7 | 96,7 |
| | W>32t | 77 | 74,5 | 66,8 | 80,4 | 78 | 78 | 78 | 70,6 | 68,2 | 96,7 | 96,7 | 96,7 |
| Euro I | Autobus urbani | 50 | 40 | 45 | 30 | 30 | 10 | 25 | 25 | 25 | 35 | 35 | 35 |
| | Corriere | 45 | 40 | 35 | 45 | 40 | 45 | 50 | 35 | 25 | 35 | 35 | 35 |
| Euro II | Autobus urbani | 60 | 45 | 50 | 50 | 45 | 35 | 30 | 30 | 30 | 60 | 60 | 60 |
| | Corriere | 55 | 50 | 35 | 60 | 55 | 55 | 55 | 40 | 35 | 75 | 75 | 75 |
| Euro III | Autobus urbani | 72 | 61,5 | 65 | 65 | 61,5 | 54,5 | 51 | 51 | 51 | 72 | 72 | 72 |
| | Corriere | 68,5 | 65 | 54,5 | 72 | 68,5 | 68,5 | 68,5 | 58 | 54,5 | 82,5 | 82,5 | 82,5 |
| Euro IV | Autobus urbani | 79,6 | 71,9 | 74,5 | 75,5 | 73,1 | 68,2 | 65,7 | 65,7 | 65,7 | 94,7 | 94,7 | 94,7 |
| | Corriere | 77 | 74,5 | 66,8 | 80,4 | 78 | 78 | 78 | 70,6 | 68,2 | 96,7 | 96,7 | 96,7 |
| Euro V | Autobus urbani | 79,6 | 71,9 | 74,5 | 86 | 84,6 | 81,8 | 65,7 | 65,7 | 65,7 | 94,7 | 94,7 | 94,7 |
| | Corriere | 77 | 74,5 | 66,8 | 88,8 | 87,4 | 87,4 | 78 | 70,6 | 68,2 | 96,7 | 96,7 | 96,7 |

Tab. n° 50 - Percentuali di riduzione dei fattori di emissione a caldo per autocarri pesanti, autobus urbani e corriere, rispetto alla categoria Convenzionali

Traffico: intervalli di immatricolazione delle categorie COPERT

| Veicoli | Categoria | Immatricolazione |
|--|--------------------|------------------------------|
| Autovetture a benzina | Fino a ECE 15/04 | Fino al 31/12/1992 |
| | EURO I | Dal 01/01/1993 al 31/12/1996 |
| | EURO II | Dal 01/01/1997 al 31/12/2000 |
| | EURO III | Dal 01/01/2001 al 31/12/2005 |
| | EURO IV | Dal 01/01/2006 |
| Autovetture diesel | Convenzionali | Fino al 30/06/1994 |
| | EURO I | Dal 01/01/1994 al 31/12/1996 |
| | EURO II | Dal 01/01/1997 al 31/12/2000 |
| | EURO III | Dal 01/01/2001 al 31/12/2005 |
| | EURO IV | Dal 01/01/2006 |
| Autovetture GPL | Convenzionali | Fino al 30/06/1992 |
| | EURO I | Dal 01/01/1993 al 31/12/1996 |
| | EURO II | Dal 01/01/1997 al 31/12/2000 |
| | EURO III | Dal 01/01/2001 al 31/12/2005 |
| | EURO IV | Dal 01/01/2006 |
| Autocarri leggeri benzina e diesel (< 3,5 t) | Convenzionali | Fino al 30/09/1994 |
| | EURO I | Dal 01/10/1994 al 30/09/1998 |
| | EURO II | Dal 01/10/1998 al 31/12/2000 |
| | EURO III | Dal 01/01/2001 al 31/12/2006 |
| | EURO IV | Dal 01/01/2007 |
| Autocarri pesanti diesel (> 3,5 t) | Convenzionali | Fino al 30/09/1993 |
| | EURO I | Dal 01/10/1993 al 30/09/1997 |
| | EURO II | Dal 01/10/1997 al 31/12/2000 |
| | EURO III | Dal 01/01/2001 al 31/12/2005 |
| | EURO IV | Dal 01/01/2006 al 31/12/2008 |
| | EURO V | Dal 01/01/2009 |
| Autobus urbani | Convenzionali | Fino al 30/09/1993 |
| | 91/542/EEC Stage 1 | Dal 01/10/1993 al 30/09/1996 |
| | 91/542/EEC Stage 2 | Dal 01/10/1997 al 31/12/2000 |
| Motocicli (<50 cm ³) | Convenzionali | Fino al 30/06/1999 |
| | 97/24/EC | Dal 01/07/1999 |
| Motocicli (> 50 cm ³) | Convenzionali | Fino al 30/06/1999 |
| | 97/24/EC | Dal 01/07/1999 |

Tab n° 51 - Intervalli di immatricolazione delle categorie COPERT utilizzate per le stime delle emissioni da traffico

