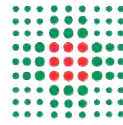




Comune
di Ravenna



Provincia
di Ravenna

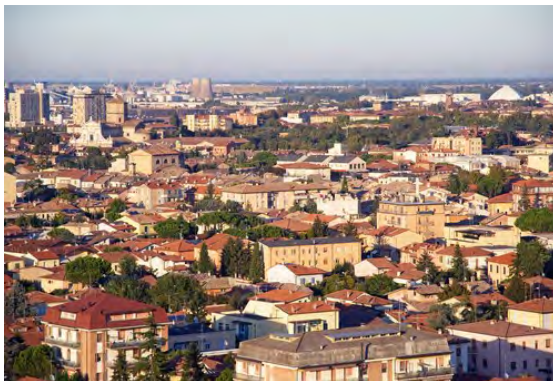


SERVIZIO SANITARIO REGIONALE
EMILIA-ROMAGNA
Azienda Unità Sanitaria Locale della Romagna

Progetto “S.In.A.T.Ra.”

(S. orveglianza In.quinamento A.tmosferico T.erritorio di Ra.venna)

Studio ambientale ed epidemiologico dell'inquinamento atmosferico e suo
impatto sanitario sulla popolazione residente nell'area urbana di Ravenna

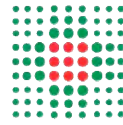




Comune
di Ravenna



Provincia
di Ravenna



SERVIZIO SANITARIO REGIONALE
EMILIA-ROMAGNA
Azienda Unità Sanitaria Locale della Romagna

Progetto “S.In.A.T.Ra.”

(**S**.orveglianza **In**.quinamento **A**.tmosferico **T**.erritorio di **Ra**.venna)

Studio ambientale ed epidemiologico dell'inquinamento atmosferico e suo
impatto sanitario sulla popolazione residente nell'area urbana di Ravenna

A cura di:

Giuliano Silvi, Valeria Frassinetti, Cristina Raineri, Silvia Candela, Raffaella Angelini

Ausl della Romagna, Dipartimento di Sanità Pubblica

Patrizia Luciali, Elisa Pollini

ARPAE, Sezione Provinciale di Ravenna, Servizio Sistemi Ambientali

Andrea Ranzi, Federica Parmagnani

ARPAE, CTR Ambiente e Salute, Modena

Serena Broccoli

Servizio interaziendale di Epidemiologia, AUSL Reggio Emilia;
Arcispedale S. Maria Nuova – IRCCS Reggio Emilia

Paola Angelini

Servizio Prevenzione Collettiva e Sanità Pubblica, Regione Emilia-Romagna

Indice

PROGETTO S.In.A.T.Ra - SINTESI	7
PROGETTO S.In.A.T.Ra - PROTOCOLLO	9
1. Introduzione	9
1.1 - Premessa	9
1.2 - Breve sintesi letteratura disponibile	9
2. Studio di fattibilità e obiettivi generali progetto S.In.A.T.Ra	11
3. Metodologia dell'indagine	11
3.1 - Linea progettuale 1 – Monitoraggio ambientale	11
3.2 - Linea progettuale 2 – Costruzione della coorte e sua caratterizzazione	12
3.3 - Linea progettuale 3 – Valutazione epidemiologica degli effetti sulla salute	12
Bibliografia	13
LP1 - MONITORAGGIO AMBIENTALE	15
1. Dominio di calcolo	15
2. Metodologia di calcolo delle emissioni per le diverse sorgenti	16
3. Metodologia per la “storicizzazione” delle emissioni per gli anni 2004 - 2013	27
4. Il modello di dispersione	30
5. Dati meteorologici	30
6. Simulazione della dispersione degli inquinanti per le diverse sorgenti: medie mensili e annuali	30
7. Confronto con i dati misurati dalle stazioni di monitoraggio della qualità dell'aria e validazione del modello	34
8. Estensione della “storicizzazione” al periodo 1970 - 2000 per le emissioni Industriali	45
Bibliografia	48
LP2 - CARATTERIZZAZIONE DELLA POPOLAZIONE DAL PUNTO DI VISTA DELL'ESPOSIZIONE	49
1. Costruzione delle coorti e georeferenziazione delle residenze	50
2. Valutazione dell'esposizione per lo studio sugli esiti riproduttivi	51
3. Valutazione dell'esposizione per la coorte residenziale	54
Bibliografia	57
LP3 - VALUTAZIONE EPIDEMIOLOGICA DEGLI EFFETTI SULLA SALUTE	59
A - Inquinamento atmosferico urbano ed effetti sulla salute riproduttiva	59
1. Materiali e metodi	59
2. Risultati	61
3. Discussione	63
Bibliografia	65
Tabelle	66
Appendice	73
B - Inquinamento atmosferico urbano ed impatto su mortalità, ospedalizzazione e insorgenza di tumori	74
1. Materiali e metodi	74
2. Risultati	77
3. Discussione	78
Bibliografia	81
Tabelle	82

Progetto S.In.A.T.Ra

S. sorveglianza Inquinamento Atmosferico Territorio di Ravenna

SINTESI

INTRODUZIONE

Il progetto è stato promosso e finanziato dal Comune di Ravenna, con il supporto della Provincia di Ravenna e realizzato da Arpa Sezione di Ravenna e AUSL della Romagna Dipartimento di Sanità Pubblica – Ambito territoriale di Ravenna, in collaborazione con RER Servizio Sanità Pubblica e Arpa CTR Ambiente e Salute.

Ha preso spunto da un insieme di osservazioni di carattere socio-economico, demografico, ambientale e sanitario.

Nell'intero bacino padano e nella città di Ravenna, le principali criticità in tema di inquinamento atmosferico sono le concentrazioni di biossido di azoto (NO₂) e di particolato PM₁₀, particolarmente critici in corrispondenza delle strade statali, caratterizzate da un elevato flusso di mezzi pesanti e nell'intorno del comparto industriale; il PM₁₀, nell'area industriale-portuale, ove sono localizzate emissioni importanti di questo inquinante.

I dati ambientali e sanitari disponibili a livello locale, hanno consentito di effettuare una valutazione dello stato di salute della popolazione residente nell'area urbana del Comune di Ravenna, in previsione anche di possibili progetti futuri di sorveglianza dell'impatto dell'inquinamento atmosferico, mediante l'utilizzo di indicatori ambientali e sanitari affidabili utili allo sviluppo di politiche di prevenzione e alla valutazione dell'efficacia degli interventi mitigativi realizzati.

OBBIETTIVO

Obiettivo generale del progetto è valutare gli effetti sulla salute della popolazione residente nell'area urbana del Comune di Ravenna derivanti dall'esposizione per via aerea agli inquinanti atmosferici emessi dal traffico auto veicolare, dal riscaldamento domestico, dagli insediamenti industriali e dal porto, fornendo agli amministratori:

- risultati da condividere, attraverso strategie comunicative individuate dall'amministrazione, con i cittadini e i diversi *stakeholders*;
- elementi conoscitivi per gli amministratori locali a supporto delle azioni da intraprendere per il contenimento dei rischi ambientali e sanitari;
- metodologie e strumenti operativi per l'eventuale implementazione di un sistema di sorveglianza in materia di inquinamento e salute.

METODOLOGIA

L'indagine è focalizzata su un dominio definito dell'area urbana del Comune di Ravenna - precisamente un quadrato avente come coordinate nel sistema UTM 32 del vertice Sud Ovest $x = 749657$; $y = 919178$ e del vertice Nord Est: $x = 764657$; $y = 934178$ - e sulla popolazione ivi residente nel periodo 2004 – 2013.

E' articolata in tre linee progettuali:

1. Linea Progettuale 1 (LP1): Monitoraggio ambientale. Comprende:
 - stima modellistica di valutazione degli impatti (emissioni ed immissioni) in relazione ai quattro fattori di pressione sul comparto atmosferico ritenuti prioritari nell'area urbana: traffico veicolare, riscaldamento domestico, area industriale, area portuale.
2. Linea Progettuale 2 (LP2): Coorte di popolazione e sua caratterizzazione:
 - definizione della coorte (criteri di inclusione ed esclusione);

- geo-referenziazione dei residenti nelle aree urbane a livello di civico residenziale e loro caratterizzazione socio-demografica;
 - assegnazione dell'esposizione su base residenziale, in relazione alle 4 matrici oggetto delle simulazioni modellistiche;
 - valutazione delle disuguaglianze socio-demografiche nell'esposizione a fattori di rischio ambientale.
3. Linea Progettuale 3 (LP3): Valutazione epidemiologica degli effetti sulla salute
- descrivere lo stato di salute della popolazione in relazione ai gradienti di esposizione utilizzando indicatori di effetto a breve termine (esiti riproduttivi: parti pretermine, neonati piccoli per età gestazionale, neonati a basso peso alla nascita) e a lungo termine (mortalità per cause specifiche, ricoveri ospedalieri per patologie respiratorie e cardiovascolari, insorgenza di tumori).

RISULTATI

Inquinamento atmosferico urbano ed effetti sulla salute riproduttiva

- Nel confronto con i tassi regionali di Nati pretermine e a Basso peso a termine, non sono state evidenziate differenze significative tra i dati rilevati e la media regionale.
- L'inquinamento da Traffico appare associato con un modesto incremento di ciascuno degli eventi in studio: questa associazione si configura con livelli di rischio crescenti al crescere del livello di esposizione, senza tuttavia raggiungere la significatività statistica.
- L'inquinamento da Riscaldamento non appare associato con alcuno degli eventi esaminati.
- L'inquinamento da Industria non risulta associato con gli eventi in studio, anzi l'esposizione a Industria sembra avere un effetto protettivo sugli esiti Nati pretermine e Basso peso nei nati a termine. Una spiegazione dell'effetto paradossale di decremento di rischio nelle donne massimamente esposte a Industria, risiede nella caratterizzazione geografica dei soggetti esposti a Industria: la distribuzione della popolazione e la meteorologia locale rendono infatti i cittadini di Ravenna mediamente poco esposti a questa fonte nel periodo preso in esame (2005-2013) che tra l'altro è comprensivo del periodo di riduzione dell'attività industriale in conseguenza della crisi economica.
- L'inquinamento prodotto dal Porto è associato con un significativo incremento di nati pretermine, in corrispondenza del livello di esposizione più elevato.

Inquinamento atmosferico urbano ed impatto su mortalità, ospedalizzazione e insorgenza di tumori

- Nella popolazione del territorio in studio si è osservata una mortalità generale inferiore rispetto a quanto rilevato mediamente a livello regionale.
- Si rileva un eccesso di ricoveri dovuti a malattie polmonari croniche ostruttive ed alle infezioni delle vie respiratorie; per le altre malattie considerate si rileva un ricorso al ricovero in misura minore rispetto a quanto atteso.
- L'occorrenza dei nuovi casi di tumori maligni è generalmente più bassa di quella mediamente osservata a livello di tutto il territorio romagnolo.
- L'esposizione ai livelli maggiori di inquinamento atmosferico aumenta il rischio di mortalità e ricovero per cause cardiovascolari e polmonari. Si rilevano, tuttavia, differenze di genere: nelle donne il rischio è maggiore per le esposizioni alle fonti Traffico e Riscaldamento, che caratterizzano il centro urbano; negli uomini il rischio è più elevato per esposizioni a Industria e Porto, suggerendo un contributo dell'esposizione di tipo professionale.
- Per esposizione ai livelli maggiori di inquinamento atmosferico si rileva un rischio più elevato di insorgenza di alcuni tipi di tumori nell'uomo: a rene - vie urinarie e linfoma non Hodgkin per la fonte Traffico, al pancreas per la fonte Industria.

Progetto S.In.A.T.Ra

S. sorveglianza Inquinamento Atmosferico Territorio di Ravenna

PROTOCOLLO

1. INTRODUZIONE

1.1 - Premessa

L'ambiente urbano è particolarmente importante per la salute della popolazione, anche a causa delle elevate concentrazioni di attività antropiche inquinanti in uno spazio limitato: traffico autoveicolare, riscaldamento domestico e, nella realtà di Ravenna, un polo chimico di notevoli dimensioni e un porto industriale/commerciale in prossimità dell'area urbana.

Nell'intero bacino padano e nella città di Ravenna, le principali criticità in tema di inquinamento atmosferico sono le concentrazioni di biossido di azoto (NO₂) e di particolato PM₁₀, come dimostrano i risultati del monitoraggio della qualità dell'aria e come ripreso da documenti istituzionali tra cui il PAIR 2020 - Piano Regionale Integrato per la Qualità dell'Aria. In particolare, il PAIR 2020 individua alcuni importanti obiettivi di diminuzione di tali inquinanti e, a carico degli enti locali, azioni molto incisive per raggiungerli.

A Ravenna uno studio di dettaglio condotto da Arpa e sull'impatto dei fattori di pressione significativi per l'area (traffico veicolare, riscaldamento domestico, industria e porto) ha consentito di valutare, per ogni macrosettore, qual è il contributo all'inquinamento atmosferico. Gli ossidi di azoto e il particolato PM₁₀ risultano particolarmente critici in corrispondenza delle strade statali, caratterizzate da un elevato flusso di mezzi pesanti, ma concentrazioni significative si rilevano anche nell'intorno del comparto industriale e, per il PM₁₀, nell'area industriale-portuale, ove sono localizzate emissioni importanti di questo inquinante.

L'indagine realizzata a livello locale, i numerosi dati di monitoraggio disponibili, unitamente ai risultati degli studi riportati in letteratura, hanno fornito elementi adeguati per effettuare una valutazione dello stato di salute della popolazione residente nell'area urbana del Comune di Ravenna. Inoltre, consentono di istituire protocolli di sorveglianza dell'impatto dell'inquinamento atmosferico, utilizzando indicatori ambientali e sanitari affidabili, che permettono lo sviluppo di politiche di prevenzione e la valutazione dell'efficacia degli interventi mitigativi realizzati.

Lo studio – promosso e finanziato dal Comune di Ravenna con il supporto della Provincia di Ravenna e realizzato da Arpa Sezione di Ravenna e AUSL della Romagna Dipartimento di Sanità Pubblica – Ambito territoriale di Ravenna, in collaborazione con RER Servizio Sanità Pubblica e Arpa CTR Ambiente e Salute - è organizzato su due attività principali:

1. la valutazione quali-quantitativa degli inquinanti più significativi prodotti dalle principali sorgenti di inquinamento: traffico veicolare, riscaldamento domestico, industria, porto;
2. la valutazione epidemiologica degli effetti sulla salute della popolazione residente nell'area urbana del comune di Ravenna: valutazione del possibile impatto dell'inquinamento atmosferico in termini di effetti su esiti riproduttivi, mortalità, morbosità.

1.2 - Breve sintesi letteratura disponibile

Una ricerca bibliografica degli studi di settore ha consentito di raccogliere gli esiti degli studi principali più recenti, che si riporta in sintesi, suddivisi per effetti a breve e lungo termine:

1) Effetti a breve termine

- Ostro et al. 2007, hanno valutato l'effetto dell'esposizione a PM_{2.5} sulla mortalità in 9 città della California: per ogni incremento di 15 µg/m³ di PM_{2.5} sono stati riportati incrementi

della mortalità dello 0,61% per tutte le cause, dello 0,70% per le cause cardiovascolari e del 2,05% per le cause respiratorie [4].

Si ricorda che le polveri PM_{10} sono costituite per circa il 60-70% della frazione più sottile $PM_{2.5}$.

- Lo studio MISA (Metanalisi italiana degli effetti a breve termine dell'inquinamento atmosferico) ha valutato gli effetti dell'esposizione all'inquinamento atmosferico in 15 città italiane (9,1 milioni di abitanti). I risultati hanno mostrato un incremento di mortalità per tutte le cause e per cause cardiorespiratorie dovuto all'esposizione a PM_{10} [5].
- Nello studio APHEA 2, un incremento di $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ nella concentrazione giornaliera di NO_2 è associato a un incremento dello 0,30% nella mortalità generale, dello 0,40% nella mortalità cardiovascolare e dello 0,38% nella mortalità respiratoria [6].
- Il più recente studio EpiAir 2, condotto nel periodo 2006-2010, in 25 città italiane [7,8,9,10] - ha confermato l'esistenza di una relazione tra mortalità e incrementi di concentrazione dei principali inquinanti atmosferici [11,12]. Sono risultati più importanti gli effetti degli inquinanti correlati al traffico autoveicolare, quali NO_2 e $PM_{2.5}$. Nello studio viene confermato l'effetto a breve termine dell'inquinamento atmosferico da PM_{10} , $PM_{2.5}$ e NO_2 sulla morbosità (ricoveri urgenti), in particolare respiratoria, nelle città italiane. Nell'ambito del sistema di sorveglianza EpiAir, inoltre, sono state effettuate stime quantitative dell'impatto a breve termine di PM_{10} e $PM_{2.5}$ sulla salute [13].

2) Effetti a lungo termine

- Lo studio Escape (European Study of Cohorts for Air Pollution Effects), ha valutato gli effetti a lungo termine dell'inquinamento dell'aria in termini di mortalità e morbidità per malattie croniche. Al progetto hanno partecipato diversi paesi europei e nella seconda metà del 2013 sono stati pubblicati due importanti studi.
 - a. Il primo studio [14] conferma il legame tra inquinamento atmosferico e cancro del polmone. L'analisi è stata effettuata in 9 Paesi europei tra cui l'Italia (Torino, Roma e Varese). I dati hanno individuato un'associazione statisticamente significativa tra il rischio di sviluppare un cancro del polmone e livelli di PM_{10} mentre l'esposizione agli ossidi di azoto non è risultata influente sul rischio di cancro.
 - b. Il secondo studio [15] si è concentrato sulla relazione tra mortalità a lungo termine e inquinamento dell'aria. È risultato che le polveri sottili ($PM_{2.5}$) sono tra le più pericolose per la salute. Infatti, ad ogni loro aumento di $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ corrisponde un significativo incremento del rischio di mortalità anticipata (*hazard ratio* 1,07), indipendentemente dal fatto che l'esposizione si collochi sotto il limite di $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ individuato dalla Comunità europea (*hazard ratio* 1,06), sotto i $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (*hazard ratio* 1,07) o sotto la soglia $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ raccomandati dall'OMS (*hazard ratio* 1,02).
- Heinrich e al. (2013): lo studio riporta i risultati riguardanti il follow-up di 18 anni condotto in Germania sulle donne: è emerso un aumento significativo del rischio di morte per cause respiratorie per incrementi relativamente modesti di PM_{10} ($7 \mu\text{g}/\text{m}^3$) e per cause respiratorie per incrementi di esposizione a NO_2 ($16 \mu\text{g}/\text{m}^3$) [16].
- In un altro studio condotto in Germania, si è dimostrata l'associazione tra esposizione a lungo termine all'inquinamento a traffico veicolare e presenza di BPCO (Broncopneumopatia cronica ostruttiva) [17].
- Una recente metanalisi ha indicato che l'esposizione a PM_{10} è associata in maniera significativa al ricovero in ospedale o al ricorso al pronto soccorso per asma in età pediatrica (+1,7%) e alla comparsa, in bambini asmatici, di sibili (+6,3%), tosse (+2,6%), ricorso ai farmaci per l'asma (+3,3%) e al decremento della funzionalità polmonare (-0,27 l/min) [18].

Analoghi risultati si sono ottenuti in una coorte di circa 5.000 bambini residenti in 6 città francesi [19].

Inoltre, ad ottobre 2013, l'International Agency for Research on Cancer (Iarc) ha inserito l'inquinamento *outdoor* tra i cancerogeni per gli esseri umani (gruppo 1). Il gruppo di lavoro degli esperti dello Iarc ha concluso che esiste evidenza sufficiente per inserire l'esposizione all'inquinamento atmosferico tra le cause del tumore al polmone, notando anche un'associazione con l'aumento del rischio della cancro alla vescica. Il particolato atmosferico, principale componente dell'inquinamento *outdoor* è stato valutato separatamente e classificato anch'esso come cancerogeno di gruppo 1. [1; 2]

Molte sono le indagini epidemiologiche condotte in varie città degli Stati Uniti e dell'Europa, Italia compresa, che hanno mostrato che ad ogni incremento degli inquinanti atmosferici è associato un incremento degli eventi negativi per la salute, soprattutto di tipo respiratorio e cardiovascolare [3].

2. STUDIO DI FATTIBILITÀ E OBIETTIVI GENERALI PROGETTO S.In.A.T.Ra

Sulla base delle esperienze realizzate e di quanto riportato in letteratura, si è ritenuto vi fossero conoscenze adeguate per realizzare lo studio.

L'obiettivo generale del progetto è valutare gli effetti sulla salute della popolazione residente nell'area urbana del Comune di Ravenna derivanti dall'esposizione per via aerea agli inquinanti atmosferici emessi dal traffico auto veicolare, dal riscaldamento domestico, dagli insediamenti industriali e dal porto, fornendo agli amministratori:

- risultati da condividere, attraverso strategie comunicative individuate dall'amministrazione, con i cittadini e i diversi *stakeholders*;
- elementi conoscitivi per gli amministratori locali a supporto delle azioni da intraprendere per il contenimento dei rischi ambientali e sanitari;
- metodologie e strumenti operativi per l'eventuale implementazione di un sistema di sorveglianza in materia di inquinamento e salute.

3. METODOLOGIA DELL'INDAGINE

Lo studio è focalizzato su un dominio definito dell'area urbana del Comune di Ravenna - precisamente un quadrato avente come coordinate nel sistema UTM 32 del vertice Sud Ovest $x = 749657$; $y = 919178$ e del vertice Nord Est: $x = 764657$; $y = 934178$ - e sulla popolazione ivi residente nel periodo 2004 – 2013.

E' articolato in tre linee progettuali:

3.1 - Linea progettuale 1 – Monitoraggio ambientale

Obiettivo. L'obiettivo di questa linea progettuale è valutare gli impatti, in termini emissivi ed immissivi, di traffico veicolare, riscaldamento domestico, area industriale, ed area portuale, cioè dei fattori di pressione ritenuti più significativi sul comparto atmosferico nell'area urbana e peri-urbana di Ravenna.

L'output è costituito da una serie di "mappe di ricaduta" delle concentrazioni di particolato PM_{10} e ossidi di azoto (NO_x) utilizzata per la stima dell'esposizione della popolazione e il successivo lavoro di valutazione degli esiti di salute.

Attività. *Mappe di ricaduta: elaborazione e ricostruzione delle concentrazioni medie mensili ed annuali degli inquinanti.*

Gli inquinanti ossidi di azoto (NO_x) ed il PM_{10} sono usati come traccianti delle quattro macrosorgenti considerate (traffico veicolare, riscaldamento domestico, industrie e attività portuali), mentre come tracciante dell'inquinamento industriale "ante 2000" è stato utilizzato il biossido di zolfo (SO_2).

Pertanto, nel dominio di calcolo, sono state valutate:

- le concentrazioni medie annuali e mensili stimate per ciascuna macrosorgente e per gli inquinanti considerati, su una griglia di 15 x 15 km con passo 300 m;
- in quale percentuale i diversi macrosettori contribuiscono alle concentrazioni dei vari inquinanti a partire dalle concentrazioni misurate in corrispondenza delle stazioni di monitoraggio della qualità dell'aria (al recettore - dato di immissione);

eseguendo due tipi di simulazione:

- *Long term*, che restituisce i valori di concentrazione media annuali in corrispondenza dei nodi della griglia per ogni tipologia di sorgente;
- *Short term*, che restituisce le concentrazioni orarie su specifici punti recettore per il confronto fra valori stimati dal modello con quelli misurati nello stesso periodo dalle stazioni di monitoraggio della qualità dell'aria (validazione).

Per ottenere questi risultati è stato utilizzato il modello di dispersione atmosferica ADMS-Urban, un modello gaussiano avanzato in grado di trattare molteplici tipi di sorgenti (puntuali, lineari, areali, volumetriche, di griglia), specificatamente adatto per le simulazioni in area urbana: le potenzialità del programma, lo rendono particolarmente idoneo per studi di questo tipo.

Il modello è in grado di generare due tipi di output: concentrazioni medie (annuali e mensili) su una griglia e concentrazioni medie e orarie su punti recettore.

Poiché l'arco temporale preso in considerazione dallo studio è 2004-2013, parte dei dati di input al modello relativi alle diverse sorgenti sono stati "ricostruiti" a partire dai dati reali disponibili.

3.2 - Linea progettuale 2 – Costruzione della coorte e sua caratterizzazione

Obiettivo. L'obiettivo di questa linea progettuale è la caratterizzazione dell'esposizione di due diverse coorti: i nati nel periodo 2005-2013 da madri residenti nell'area urbana del comune di Ravenna (come definita in Linea Progettuale 1) per tutto il periodo della gravidanza e la popolazione residente nel periodo 2008-2013. Tali coorti sono le basi informative delle successive indagini epidemiologiche (Linea Progettuale 3).

Attività. *Coorte dei nati e coorte della popolazione generale*

Tutti i soggetti delle due coorti sono stati georeferenziati in base all'indirizzo di residenza e a ciascuno è stato attribuito l'"Indice di deprivazione" (associato alla sezione di censimento appartenenza¹), misura composita costruita come combinazione di diversi indicatori indipendenti di privazione socio economica a livello di popolazioni residenti in aree geografiche.

In funzione della patologia indagata, è differente il periodo temporale di interesse dell'esposizione: l'indice di esposizione fa riferimento o alle concentrazioni medie mensili, per gli esiti riproduttivi, o alle medie annuali per le indagini sullo stato di salute della popolazione.

Per sviluppare un modello di Land Use Regression (LUR) all'interno dell'area di studio sono stati identificati alcuni punti di campionamento in cui sono state effettuate misure di biossido di azoto utilizzando campionatori passivi.

Infine, la caratterizzazione della popolazione - in termini di gradienti spaziali di indice di deprivazione ed esposizione a fattori di rischio ambientali - ha consentito un'analisi spazio-temporale sui differenziali sociali nell'esposizione a fattori di rischio ambientali.

3.3 - Linea progettuale 3 – Valutazione epidemiologica degli effetti sulla salute

Obiettivo. L'obiettivo di questa linea progettuale è la valutazione epidemiologica degli esiti di salute dell'esposizione agli inquinanti atmosferici emessi dalle quattro macrosorgenti indicate. In particolare, gli effetti dell'inquinamento atmosferico sulla salute della popolazione residente sono stati valutati attraverso:

- uno studio sugli effetti riproduttivi riferiti ad una coorte di nascite

¹ Caranci N et al. "L'indice di deprivazione italiano a livello di sezione di censimento: definizione, descrizione e associazione con la mortalità". *Epidemiol Prev.* 2010 Jul-Aug;34(4):167-76.

- uno studio di popolazione che confronta gruppi a diverso livello di esposizione per l'analisi degli effetti a lungo termine.

Attività. Studio degli esiti riproduttivi e studio sulla popolazione generale

Relativamente agli esiti riproduttivi, sono state indagate le condizioni: parti pretermine, neonati piccoli per età gestazionale, neonati con basso peso alla nascita, mettendole in relazione, come frequenza, alla diversa esposizione dei soggetti per testare l'ipotesi di un diverso impatto delle 4 macrosorgenti considerate nello studio.

Per quanto riguarda la popolazione generale, il confronto è tra i diversi gruppi di popolazione residenti nelle zone di isoconcentrazione di inquinanti.

Per i diversi esiti sanitari considerati sono stati effettuati dei "confronti esterni", utilizzando come tassi di riferimento quelli della Regione e della Romagna (solo per i tumori), ed "interni all'area urbana", utilizzando come riferimento la zona a minor esposizione.

Unità Operative e loro ruolo

Unità Operative	Ruolo
ARPAE E-R – Sezione di Ravenna	Monitoraggio ambientale: elaborazione e ricostruzione delle concentrazioni medie mensili ed annuali degli inquinanti, modello di dispersione
Azienda Usl della Romagna Dipartimento di Sanità Pubblica – Ravenna ARPAE-ER CTR Ambiente e Salute	Costruzione delle coorti di residenti a partire dal 2005, follow up dello stato in vita e storia residenziale di ciascun componente della coorte. Georeferenziazione e attribuzione caratteristiche socio-demografiche. Valutazione dell'esposizione ad inquinanti ambientali.
Azienda Usl della Romagna Dipartimento di Sanità Pubblica – Ravenna	Valutazione epidemiologica degli effetti sulla salute in relazione ai gradienti di esposizione: <ul style="list-style-type: none"> - Studio degli esiti riproduttivi - Studio sulla popolazione generale

Bibliografia

[1] http://www.iarc.fr/en/media-centre/pr/2013/pdfs/pr221_E.pdf

[2] Loomis D, Grosse Y, Lauby-Secretan B et al; on behalf of the International Agency for Research on Cancer Monograph Working Group IARC. The carcinogenicity of outdoor air pollution. *The Lancet Oncology*, Volume 14, Issue 13, Pages 1262 - 1263, December 2013

[3] *Epidemiol Prev* 2013; 37 (4-5) suppl 2: 1-84.

[4] Ostro B, Feng WY, Broadwin R, Green S, Lipsett M. The effects of components of fine particulate air pollution on mortality in California: results from CALFINE. *Environ Health Perspect* 2007;115(1):13-9.

[5] Biggeri A, Bellini P, Terracini B. Meta-analysis of the Italian studies on short term effects of air pollution – MISA 1996-2002. *EpidemiolPrev* 2004;28(4-5) Suppl:4-100.

[6] Samoli E, Aga E, Touloumi G et al. Short-term effects of nitrogen dioxide on mortality: an analysis within the APHEA project. *EurRespir J* 2006;27(6):1129-38.

- [7] Faustini A, Stafoggia M, Berti G et al; EpiAir Collaborative Group. The relationship between ambient particulate matter and respiratory mortality: a multi-city study in Italy. *Eur Respir J* 2011; 38(3):538-47.
- [8] Serinelli M, Gianicolo EA, Cervino M, Mangia C, Portaluri M, Vigotti MA. Acute effects of air pollution in Brindisi (Italy): a case-crossover analysis. *Epidemiol Prev* 2010;34(3):100-7.
- [9] Colais P, Serinelli M, Faustini A et al; Gruppo collaborativo EpiAir. Air pollution and urgent hospital admissions in nine Italian cities. Results of the EpiAir Project. *Epidemiol Prev* 2009;33(6) Suppl.1:77-94.
- [10] Gianicolo EA, Bruni A, Mangia C, Cervino M, Vigotti MA. Acute effects of urban and industrial pollution in a government-designated "Environmental risk area": the case of Brindisi, Italy. *Int J Environ Health Res* 2013. Disponibile all'indirizzo:
http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/09603123.2012.755154?url_ver=Z39.882003&rfr_id=ori:rid:crossref.org&rfr_dat=cr_pub%3dpubmed#.UmjBKkCoWHA
- [11] Alessandrini E R, Faustini A, Chiusolo M et al. Inquinamento atmosferico e mortalità in venticinque città italiane: risultati del progetto EpiAir2. *Epidemiol Prev* 2013; 37 (4-5): 220-229
- [12] Baccini M, Biggeri; Gruppo collaborativo EpiAir2. Impatto a breve termine dell'inquinamento dell'aria nelle città coperte dalla sorveglianza epidemiologica EpiAir2. *Epidemiol Prev* 2013; 37 (4-5): 252-262.
- [13] Scarinzi C, Alessandrini E R, Chiusolo M et al. Inquinamento atmosferico e ricoveri ospedalieri urgenti in 25 città italiane: risultati del progetto EpiAir2 *Epidemiol Prev* 2013; 37 (4-5); 230-241
- [14] Raaschou-Nielsen O, J Andersen Z, Beelen R et al. Air pollution and lung cancer incidence in 17 European cohorts: prospective analyses from the European Study of Cohorts for Air Pollution Effects (ESCAPE). www.thelancet.com/neurology Published online July 10, 2013
[http://dx.doi.org/10.1016/S1470-2045\(13\)70279-1](http://dx.doi.org/10.1016/S1470-2045(13)70279-1)
- [15] Rob Beelen R, Raaschou-Nielsen O, Stafoggia M et al. Effects of long-term exposure to air pollution on natural-cause mortality: an analysis of 22 European cohorts within the multicentre ESCAPE project. www.thelancet.com Published online December 9, 2013
[http://dx.doi.org/10.1016/S0140-6736\(13\)62158-3](http://dx.doi.org/10.1016/S0140-6736(13)62158-3)
- [16] Heinrich J, Thiering E, Rzehak P et al. Long-term exposure to NO₂ and PM₁₀ and all-cause and cause-specific mortality in a prospective cohort of women. *Occup Environ Med* 2013; 70(3):179-86.
- [17] Schikowski T, Sugiri D, Ranft U et al. Long-term air pollution exposure and living close to busy roads are associated with COPD in women. *Respir Res* 2005;6:152-78.
- [18] Romeo E, De Sario M, Forastiere F et al. PM 10 exposure and asthma exacerbations in pediatric age: a meta-analysis of panel and time-series studies. *Epidemiol Prev* 2006;30(4-5):245-54.
- [19] Annesi-Maesano I, Moreau D, Caillaud D et al. Residential proximity fine particles related to allergic sensitisation and asthma in primary school children. *Respir Med* 2007;101(8):1721-9.
- [20] Pirastu R, Ancona C, Iavarone I, Mitis F, Zona A, Comba P. SENTIERI – Studio Epidemiologico Nazionale dei Territori e degli Insediamenti Esposti a Rischio da Inquinamento: valutazione della evidenza epidemiologica. *Epidemiologia e Prevenzione* anno 34 (5-6) settembre-dicembre 2010 supplemento 3.
 Disponibile all'indirizzo: http://www.iss.it/binary/epam/cont/EP5_6_2010_suppl3.pdf

LP1 – MONITORAGGIO AMBIENTALE

1. DOMINIO DI CALCOLO

Il dominio di calcolo, rappresentato in figura 1, è un quadrato di dimensioni 15 km x 15 km (225 km²), avente come coordinate del vertice Sud Ovest: $x = 749657$ e $y = 919178$ nel sistema UTM 32. La griglia è costituita da un reticolo di passo 300 m, per un totale di 2500 celle.

Figura 1 - Dominio di calcolo del progetto



Lo studio valuta:

- le concentrazioni medie annuali e mensili relative al periodo 2005-2013 per ciascuna macro sorgente e per gli inquinanti considerati (PM₁₀ e NO₂);
- in quale percentuale i diversi macrosettori contribuiscono alle concentrazioni dei vari inquinanti in tutto il dominio di calcolo a partire dalle concentrazioni misurate in corrispondenza delle stazioni di monitoraggio della qualità dell'aria (al recettore - dato di immissione).

2. METODOLOGIA DI CALCOLO DELLE EMISSIONI PER LE DIVERSE SORGENTI

Per la stima delle emissioni è stata seguita la metodologia prevista dal progetto CORINAIR (CO-ORDINATION-Information-AIR), finalizzato alla raccolta ed all'organizzazione di informazioni coerenti sulle emissioni in atmosfera nella Comunità europea.

Per alcuni anni di riferimento, per i quali erano già disponibili informazioni di dettaglio, l'inventario delle emissioni è stato compilato utilizzando l'approccio "bottom-up". In questo modo, partendo da dettagliate informazioni di input sulla localizzazione e sulla distribuzione spaziale delle emissioni (e non solo sulla loro entità complessiva), è stato possibile effettuare una stima accurata.

Per i restanti anni le emissioni sono state calcolate a partire da quelle degli anni di riferimento utilizzando delle opportune variabili proxy, come spiegato più in dettaglio al capitolo 4.

Traffico veicolare

Relativamente agli anni di riferimento 2005, 2009 e 2013 sono state calcolate le emissioni di NO₂ e PM₁₀ a partire dai dati di flusso e di composizione del traffico veicolare.

Per lo studio e l'analisi del traffico veicolare nell'area urbana di Ravenna è stato utilizzato il software VISUM, della PTV DIVISION®, si tratta di un modello previsionale che, a partire da una serie di specifici dati inseriti in input associati ad un grafo stradale, è in grado di simulare i flussi veicolari sul grafo stesso.

Dai flussi delle automobili si è passati ai flussi delle diverse tipologie di veicoli utilizzando i risultati di specifiche interviste a disposizione del Comune di Ravenna.

Allo scopo le strade Comunali sono state distinte in strade di "centro" e di "periferia". La zona "centro" comprende gli archi stradali caratterizzati da una significativa presenza di autovetture e mezzi a due ruote (motocicli, ciclomotori e biciclette) e da un basso traffico di mezzi pesanti; viceversa la categoria "periferia" comprende strade con pochi mezzi a due ruote ed un numero più significativo di mezzi pesanti e autovetture.

Per le strade statali è stata utilizzata la distribuzione percentuale dei diversi tipi di veicoli rilevata durante campagne di rilevamento del traffico effettuate dalla Regione.

Ad ogni tronco stradale è stata quindi associata la suddivisione percentuale del parco circolante.

A titolo esemplificativo in figura 2 sono rappresentati, per l'anno 2009, gli archi stradali a cui è stato associato un flusso veicolare e la relativa classificazione assegnata in base alla tipologia di traffico. La figura 3 riporta la mappa dei flussi veicolari per l'anno 2009, nella fascia oraria 7-9, associati ad ogni tronco e calcolati tenendo conto della distribuzione percentuale nelle diverse tipologie di veicoli, della tipologia di strada e del flusso di autovetture calcolate da VISUM.

Figura 2 - Classificazione delle strade comunali in base alla composizione del parco circolante.

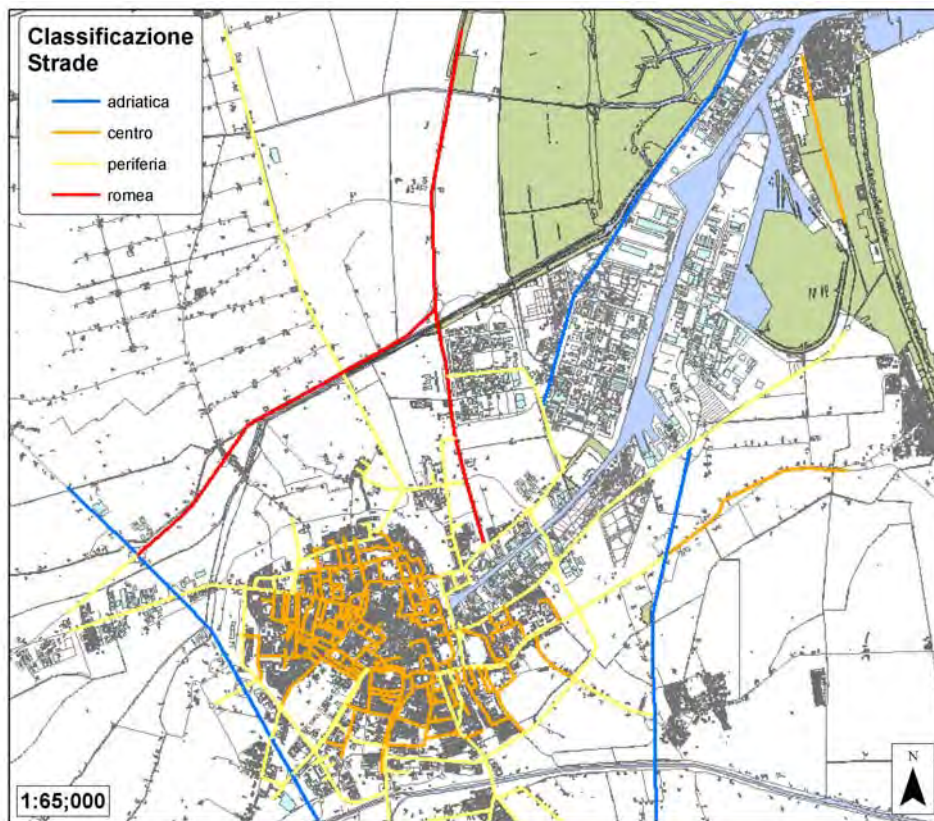
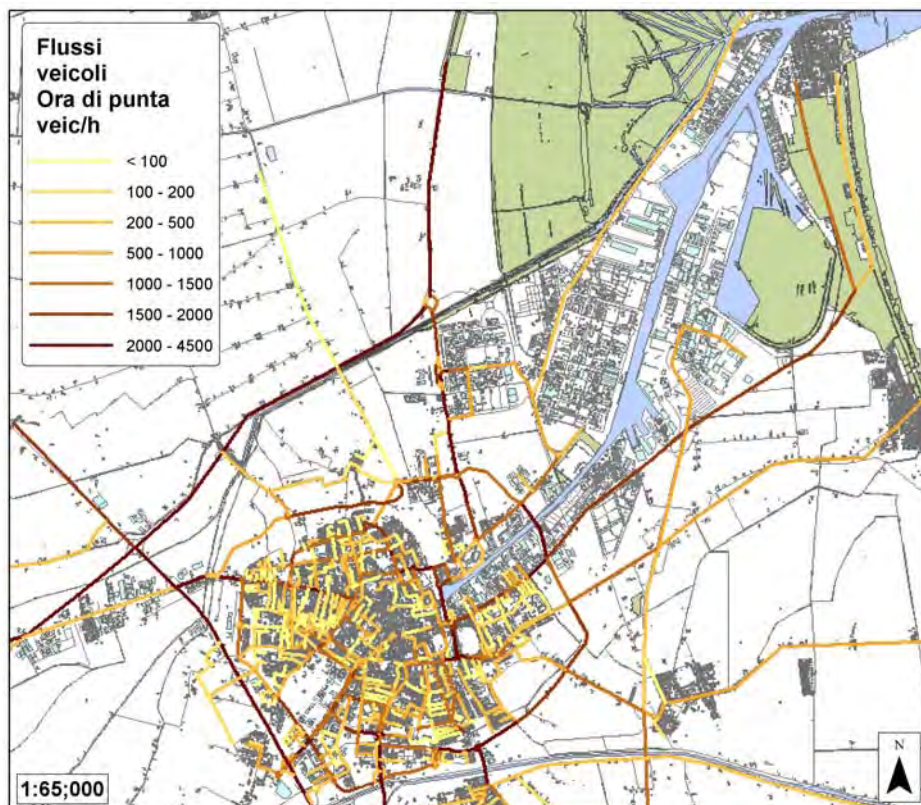


Figura 3 - Flussi veicolari totali nell'ora di punta (veicoli/ora)



I veicoli, durante il loro funzionamento, impattano sull'ambiente in misura diversa e le emissioni di inquinanti in atmosfera dipendono da vari fattori quali: la tipologia e cilindrata del veicolo, la sua anzianità (soprattutto in relazione alle normative concernenti la riduzione dei gas di scarico), il combustibile utilizzato e il ciclo di guida del veicolo. In funzione di queste caratteristiche, i veicoli possono essere raggruppati in categorie, ognuna identificata da uno specifico fattore di emissione. Il set di fattori di emissione (FE) per il calcolo delle emissioni di NOx e PM10 deriva dall'applicazione della metodologia europea CORINAIR che, per il traffico veicolare, si basa sul modello COPERT.

In particolare: per il calcolo delle emissioni per gli anni 2007 e 2009 sono stati utilizzati i FE calcolati dall'applicazione del COPERT III, mentre per il 2013 i FE COPERT IV.

La composizione del parco veicolare circolante è quella del parco veicolare immatricolato nella Provincia di Ravenna per gli anni 2005, 2009 e 2013 (dati ACI).

Poiché il ciclo di guida nelle diverse zone dell'area urbana che rientrano nello studio varia, sono stati applicati i fattori di emissione relativi a tre diverse possibili condizioni di percorrenza:

- Centro storico, cioè strade con velocità medie di percorrenza di 30 km/h;
- Zone periferiche, con velocità medie di percorrenza di 50 km/h;
- Zone extraurbane (S.S. Adriatica e S.S. Romea), con velocità medie di percorrenza di 70 km/h;

classificazione che corrisponde a quella già usata nella determinazione dei flussi veicolari afferenti ai singoli archi stradali.

Le emissioni di particolato PM₁₀ sono date dalla somma delle emissioni exhaust (legate alla combustione) e non-exhaust (generate meccanicamente dal passaggio dei veicoli e dovute all'usura dei freni, dei pneumatici e del manto stradale e dipendenti, principalmente, dal peso del veicolo in transito).

Nelle figure seguenti (4 e 5) sono riportate le mappe di emissione relative alla fascia oraria di punta del mattino (ore 7 - 9) di un giorno feriale invernale dell'anno 2009.

Figura 4 - Mappa di emissione di ossidi di azoto (g/s per km)

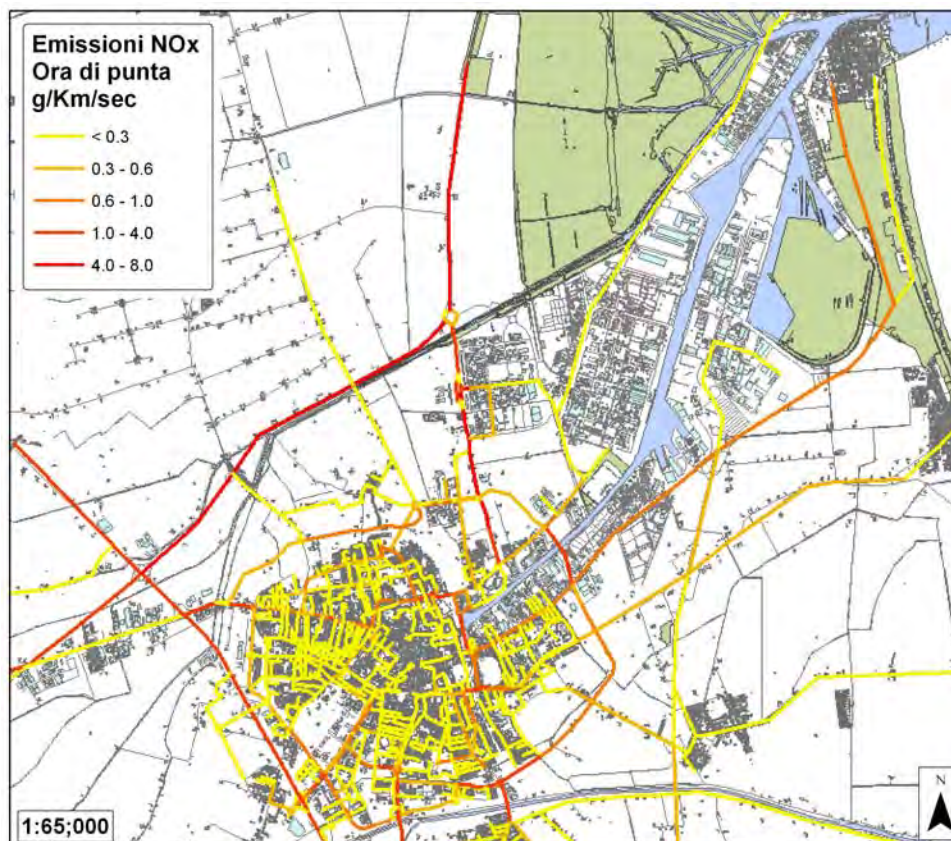
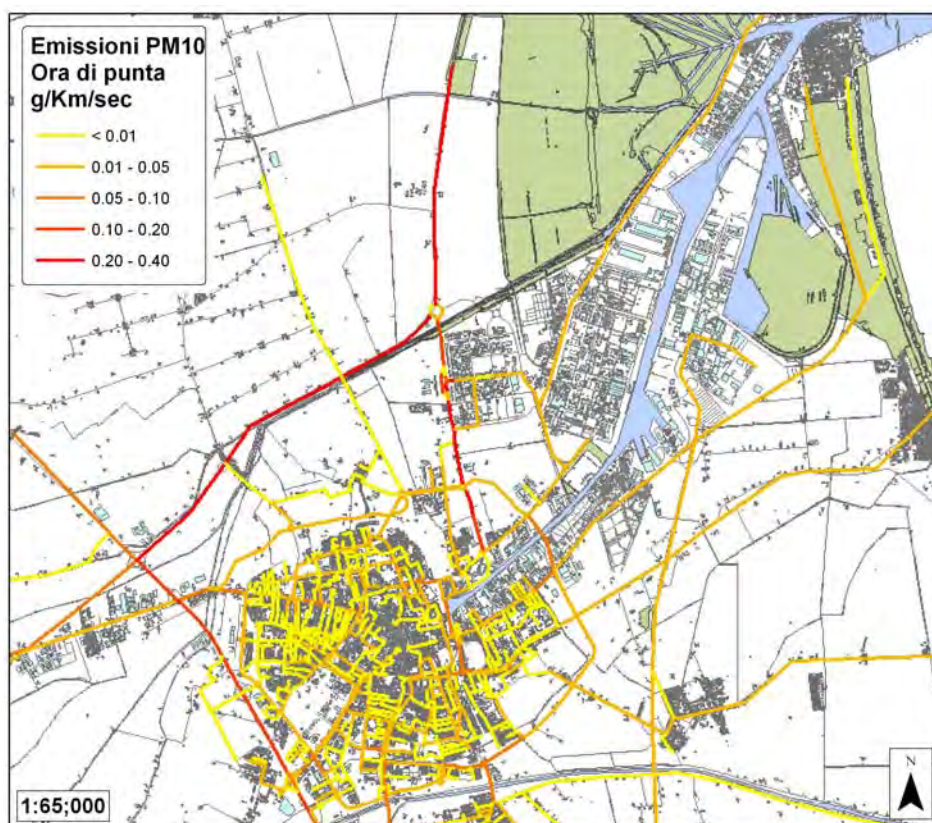


Figura 5 - Mappa di emissione di particolato PM₁₀ (g/s per km)



I tronchi stradali considerati sono stati inseriti nel modello ADMS–Urban come sorgenti lineari. Il modello richiede, per caratterizzare la sorgente stradale, alcune informazioni:

- Portata emissiva della strada, espressa in g/s per km
- Elevazione della strada
- Larghezza della strada e altezza di canyon.

Una delle peculiarità di ADMS–Urban consiste nella sua capacità di tenere in conto l’effetto “street canyon”, ovvero l’effetto di confinamento dell’emissione stradale esercitato dagli edifici di altezza significativa situati su entrambi i lati di una strada. Per considerare questo effetto è necessario fornire al modello l’altezza degli edifici circostanti le strade. Nello specifico questa informazione è ricavata dalla banca dati degli edifici fornita dal SIT del Comune di Ravenna; estrapolando gli edifici situati entro una distanza di 10 m dalle strade considerate e calcolando (per ogni tronco stradale) l’altezza media degli edifici affacciati.

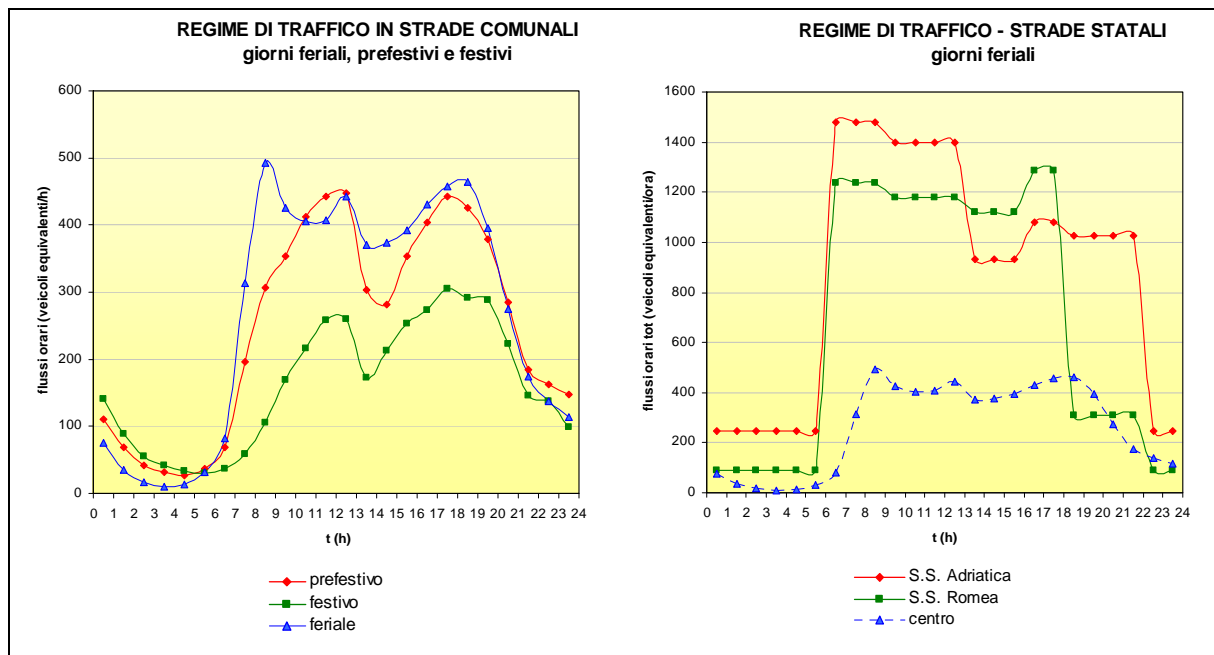
Si è anche tenuto conto della variabilità del flusso di traffico oraria, settimanale e mensile.

Per quanto riguarda la variazione mensile, è stata ipotizzata una riduzione del traffico del 25% nei mesi estivi (da Giugno a Settembre) per le sole strade di centro e di periferia.

Le variazioni orarie e settimanali sono state invece stimate a partire da rilievi effettuati da Arpae Ravenna (per le strade interne al centro urbano) e dalla Regione Emilia – Romagna (per le strade statali).

L’Arpae di Ravenna ha effettuato una serie di monitoraggi del traffico urbano utilizzando piastre conta traffico, per un totale di 25 incroci cittadini e 47 campagne della durata di circa una settimana. I tre profili del flusso veicolare orario utilizzati nel modello e relativi a strade interne al centro urbano e alle statali Romea e Adriatica, sono riportati nei grafici in figura 6. I grafici indicano gli andamenti dei giorni tipici feriali (escluso il giovedì per i provvedimenti di blocco del traffico), prefestivi e festivi.

Figura 6 - Regime di traffico nelle strade comunali e statali in giorni tipici feriali, prefestivi e festivi.



Riscaldamento domestico

Per gli anni 2007 e 2009 la stima delle emissioni relative a questo settore è stata effettuata a partire dalla quantità di combustibile impiegata dagli impianti di riscaldamento.

Propedeutico alla realizzazione dell'inventario delle emissioni è stato il censimento delle sorgenti emmissive, ovvero la conoscenza del numero e della localizzazione delle sorgenti e del tipo e della quantità di combustibile utilizzato da ogni impianto di riscaldamento.

Le sorgenti di emissione considerate sono tutte le caldaie a metano, GPL, gasolio, biodiesel, olio combustibile e legna presenti nell'area urbana di Ravenna. In termini energetici, il 97% del fabbisogno dell'area considerata è soddisfatto dal metano ed il restante 3% si suddivide fra: sistemi combinati metano – gasolio, metano – GPL e metano – olio combustibile, esclusiva alimentazione a gasolio, a olio combustibile o legna.

Per quanto riguarda i consumi di metano per riscaldamento civile, sono stati censiti i consumi di più di 20000 utenze ubicate all'interno della griglia di lavoro, che rappresentano complessivamente circa il 60% dei civici che vi ricadono. I restanti civici corrispondono prevalentemente ad edifici non riscaldati (servizi, garage, ...) e ad edifici adibiti ad attività industriali, le cui emissioni sono già state considerate come appartenenti al macrosettore "industria". L'informazione relativa al riscaldamento del settore residenziale, pertanto, è ad un buon livello di completezza e rappresenta una solida banca dati dalla quale è possibile effettuare considerazioni rappresentative della realtà ravennate. Partendo dai consumi, per stimare le emissioni di inquinanti da caldaie domestiche sono stati utilizzati i fattori di emissione presenti nella banca dati Corinair 2006 (riferiti alle caldaie residenziali con potenza inferiore a 50 kW) per l'energia consumata dalla caldaia. Le emissioni stimate per le singole caldaie sono state riportate alla griglia di lavoro (300 x 300 m) sommando i carichi emissivi di ogni sorgente presente all'interno di ogni cella.

Le mappe di emissione relative all'anno 2009, ovvero mappe che illustrano i carichi emissivi annuali (in ton/anno) degli inquinanti considerati per ogni cella della griglia di input, sono nelle figure 7 e 8.

E' stata ipotizzata un'altezza di emissione media di 10 m.

Poiché le emissioni di inquinanti delle caldaie domestiche variano in funzione del quantitativo di combustibile utilizzato, ovvero della richiesta di riscaldamento e quindi della temperatura ambientale esterna, le emissioni sono state "modulate" su base mensile. La "modulazione" mensile è basa-

ta sull'andamento temporale dei gradi giorno, definiti come la somma, estesa a tutti i giorni del periodo annuale del riscaldamento (a Ravenna 15 ottobre – 15 aprile), delle sole differenze positive giornaliere tra la temperatura dell'ambiente, convenzionalmente fissata a 20°C, e la temperatura media esterna giornaliera.

Figura 7 - Mappa di emissione di ossidi di azoto – anno 2009

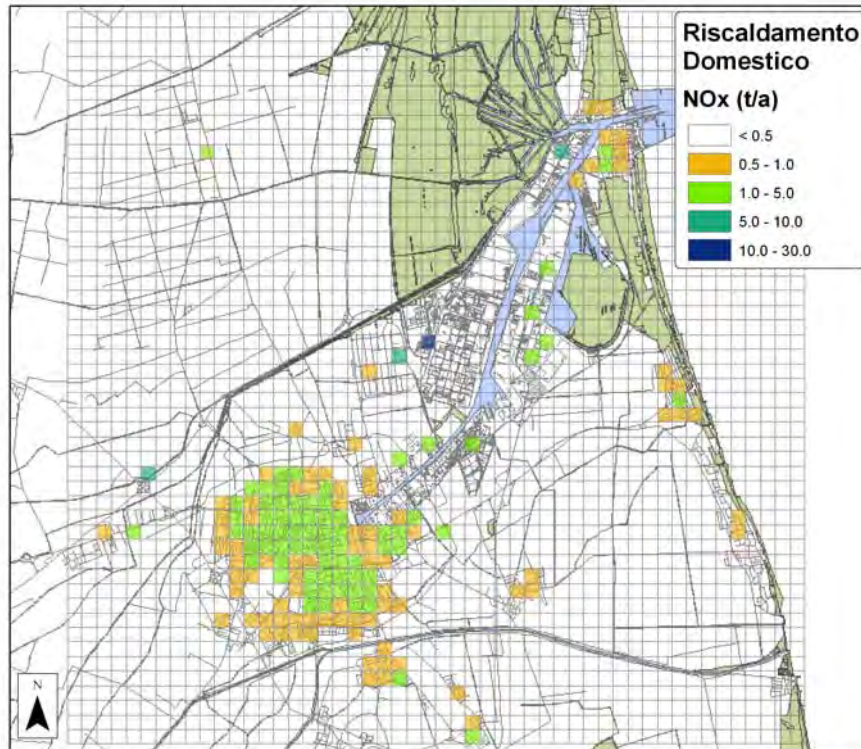
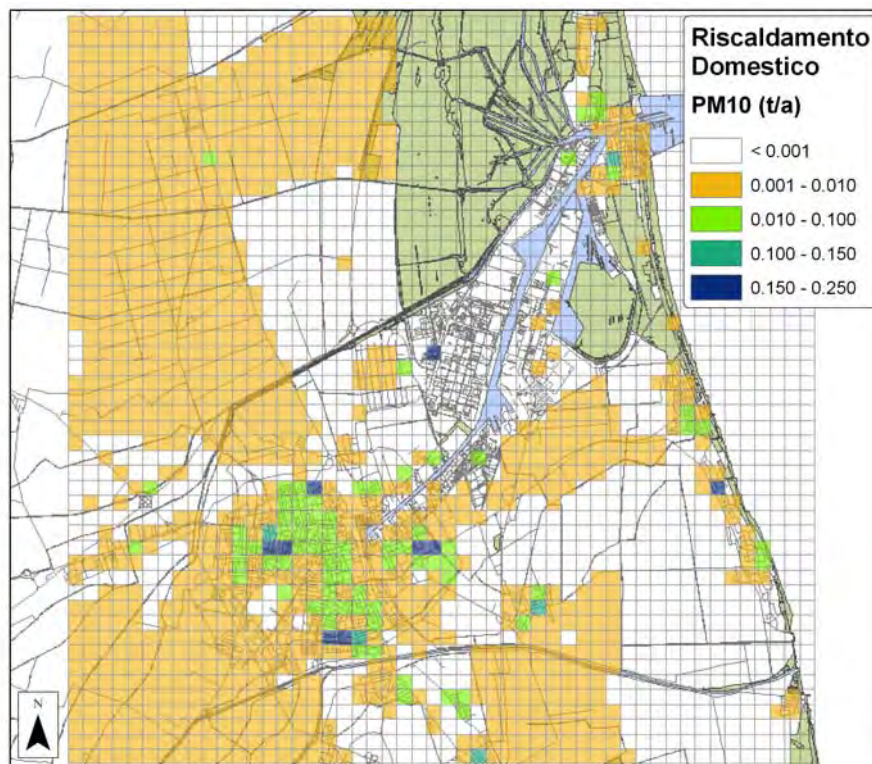


Figura 8 - Mappa di emissione di PM₁₀ – anno 2009



Sorgenti industriali

Il settore industriale ravennate è caratterizzato da produzioni che, seppur diversificate, hanno avuto come denominatore comune la chimica, oltre alla produzione di energia ed alla fornitura di servizi ambientali in gran parte asserviti alle aziende stesse.

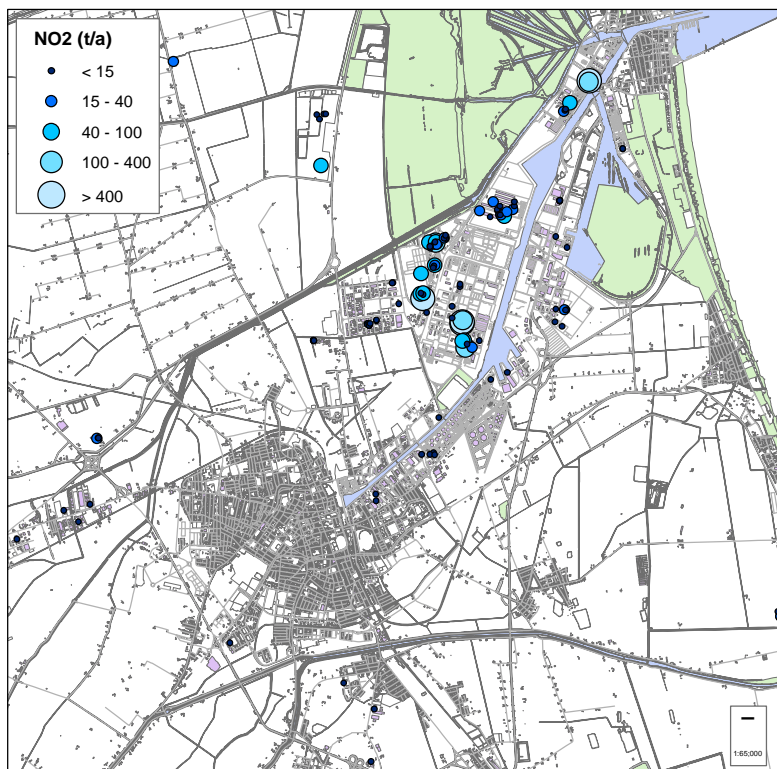
Le principali attività produttive si sviluppano in una stretta fascia in destra e sinistra del Canale Candiano, da Ravenna città fino allo sbocco a mare.

Le emissioni industriali sono soggette all'autorizzazione da parte dell'autorità competente. Tali autorizzazioni, però, riportano i valori massimi di concentrazione di inquinanti che possono essere emessi in ottemperanza alle norme vigenti, e consentono di effettuare una stima solo delle massime emissioni ammissibili. Si tratta di un'informazione utile ma poco rappresentativa della realtà, dal momento che le emissioni effettive sono molto spesso significativamente inferiori ai massimi consentiti.

Per ovviare a questo problema, è stato calcolato per ciascun inquinante un fattore correttivo ("fattore di riduzione, FR"¹), caratteristico dell'attività dell'impianto, da applicare alle emissioni autorizzate. Il fattore di riduzione, applicato al dato autorizzato, permette di stimare un'emissione più indicativa della realtà.

La base dati per la stima delle emissioni industriali, autorizzate e "ridotte", è rappresentata dalle informazioni strutturate contenute nel database GIECA (Gestione Informatica Emissioni, Controlli e Autocontrolli), un database dedicato alla sistematica raccolta dei dati contenuti nei provvedimenti autorizzativi e nelle domande di autorizzazione alle emissioni in atmosfera presentate dalle aziende della Provincia di Ravenna, nonché dei risultati degli autocontrolli effettuati dalle stesse Aziende² in ottemperanza alla normativa vigente.

Figura 9 - Mappa di emissione di NO₂ – anno 2009



¹ Fattore di riduzione dell'emissione (FR_{i,j}) ottenuto come 98° percentile dei rapporti tra il flusso massico giornaliero misurato (Φ_{mMi}) e quello massico autorizzato (Φ_{mAi}), questo per ogni inquinante j:

$$FR_{i,j} = (\Phi_{mMi,j}) / (\Phi_{mAi,j})$$

dove: $\Phi_{mMi,j}$ = Portata volumetrica misurata della emissione i * Concentrazione misurata dell'inquinante j

$\Phi_{mAi,j}$ = Portata volumetrica autorizzata della emissione i * Concentrazione autorizzata dell'inquinante j

² La procedura di inserimento degli autocontrolli da parte delle aziende è, al momento, concordata e volontaria. E' uno strumento per analisi statistiche e non sostituisce altre procedure di registrazione previsti dalle norme.

Nel presente studio sono state considerate le emissioni in atmosfera delle aziende a “non ridotto inquinamento atmosferico” che negli anni 2005, 2009 e 2013 risultavano autorizzate dall'Amministrazione Provinciale (ai sensi del DPR 203/1988 e D.Lgs 152/2006 Parte V).

Le emissioni convogliate sono state inserite come sorgenti puntuali e, per ognuna, sono stati indicati i parametri necessari alla loro definizione:

- coordinate dei camini
- altezza e diametro dei camini
- temperatura e velocità di uscita dei fumi
- tassi di emissione degli inquinanti in g/s.

A titolo di esempio la mappa di figura 9 evidenzia l'entità dell'emissione annuale di NO₂ (anno 2009) per le emissioni convogliate: i cerchi sono di dimensioni proporzionali al carico emissivo puntuale, espresso in tonnellate annue.

Attività portuali

Il porto di Ravenna, uno dei principali d'Italia, movimentata annualmente oltre 20 milioni di tonnellate di merci.

L'area portuale si configura come punto di arrivo di svariate tipologie di prodotti (petroliferi, fertilizzanti, cerealicoli, liquidi chimici, alimentari, siderurgici, ecc...), trasportate poi via terra (prevalentemente su gomma) utilizzando i collegamenti viari e ferroviari.

Sono presenti oltre 12 km di banchine, le relative strutture di carico, scarico e movimentazione delle merci, nonché piazzali e magazzini per lo stoccaggio. Anche le zone a ridosso delle banchine ospitano ampie aree e strutture dedicate allo stoccaggio delle merci.

La presenza nell'area portuale di depositi di materiale all'aperto e di molte attività di scarico, trasporto, rimaneggiamento e stoccaggio di merci polverulente costituisce una sorgente importante di particolato diffuso.

Anche il traffico marittimo concorre alle emissioni in atmosfera durante le diverse modalità operative dei mezzi navali in porto: fasi di manovra, di ormeggio e le attività di traino delle navi da parte dei rimorchiatori.

Una quantità significativa di particolato atmosferico è di tipo “diffuso”, cioè non deriva da emissioni convogliate (camini) ma dalla dispersione di materiale granulare esposto all'aria. Sorgenti di particolato diffuso sono le strade non asfaltate o poco pulite, i cumuli di stoccaggio all'aperto di materiale polverulento e le operazioni ad essi connesse. Per tali sorgenti, il processo di emissione di particolato è causato da due principali fenomeni fisici:

- la polverizzazione e abrasione del materiale superficiale dovuta all'applicazione di forze meccaniche (pale, ruote...);
- l'erosione di materiale superficiale per azione di correnti turbolente d'aria.

Per censire le più significative fonti di emissione di particolato diffuso nell'area portuale sono state compilate - per gli anni 2007 e 2009 - delle schede relative a circa 40 aziende (anche limitrofe al porto, caratterizzate da lavorazioni e/o movimentazioni di merci polverulente) che riportavano informazioni generali e specifiche su:

- dotazioni strutturali, di mezzi, impianti, magazzini e sistemi di stoccaggio in numero e capacità, superfici coperte e scoperte ecc...;
- sistemi già adottati per il contenimento delle emissioni diffuse;
- lavorazione/movimentazione dei prodotti singoli o per famiglie di prodotti.

A partire dal questionario, è stata esaminata l'attività produttiva di ogni azienda, sono state identificate le sorgenti di emissione di particolato effettuando sopralluoghi, in particolare presso le ditte in cui sono presenti cumuli di materiale all'aperto.

Poiché la letteratura nazionale ed internazionale di settore è a dir poco esigua, questa parte dello studio rappresenta anche un tentativo di stimare quantitativamente il particolato diffuso emesso per effetto delle attività di stoccaggio, rimaneggiamento e trasporto di materiale polverulento in ambito portuale.

La fonte metodologica principale è il manuale redatto dall'EPA che raccoglie i fattori di emissione AP – 42, V edizione, volume I, capitolo 13 (“Miscellaneous sources”).

Le sorgenti di emissione considerate nell'area portuale ravennate sono:

1. le operazioni di sbarco/imbarco del carico tramite gru con benna (sorgente di tipo areale);
2. il trasporto merci con camion in ambito portuale (sorgente di tipo lineare);
3. i cumuli di stoccaggio all'aperto (sorgente di tipo areale).

1. Lo **sbarco** di un prodotto può avvenire utilizzando tecniche diverse, a seconda delle caratteristiche chimico-fisiche del prodotto da scaricare, delle tecnologie disponibili e di considerazioni di carattere economico.

Nell'area portuale di Ravenna la tecnologia di sbarco più diffusa è basata sull'utilizzo di gru fisse o mobili dotate di benna. La diffusione di questa tecnologia è giustificata dalla necessità di disporre di sistemi flessibili, adatti per lo sbarco di categorie molto diverse di prodotti. Le benne, sebbene offrono i vantaggi di consentire alte rese orarie e di poter essere impiegate anche con merci soggette ad impaccamento (come farine e fertilizzanti), hanno lo svantaggio di causare notevole polverosità, sia durante il tragitto della benna da fondo stiva a banchina, sia durante lo scarico in tramoggia³. Inoltre, rispetto ai sistemi automatizzati, l'emissione dipende criticamente dalle modalità d'uso del sistema da parte dell'operatore addetto.

A seguito di una ordinanza dell'Autorità Portuale (N°4/08), a partire dal 2008 molte ditte si sono dotate di tramogge aspirate per lo scarico delle merci classificate come molto polverose, diminuendo così l'emissione di polveri legata a questa attività.

2. Le emissioni generate dai **veicoli in transito** su una strada dipendono dal processo di combustione che alimenta il veicolo (componente “exhaust”), dai processi di erosione ed usura dei pneumatici, dei freni e del manto stradale (componente “non exhaust”) e dal quantitativo di materiale presente sul manto stradale che per effetto del transito dei veicoli viene risospeso e rimesso in circolo. Nella realtà portuale, dove la presenza di materiale polverulento sul manto stradale è significativa, questo ultimo contributo ha un peso rilevante. Nonostante alcune precauzioni adottate da alcune aziende per ridurre questo apporto (lavaggio delle ruote dei camion in uscita, pulizia delle strade interne,..), la risospensione di particolato ad opera dei camion circolanti continua ad essere un'importante fonte di emissione.

La circolazione di camion in area portuale è connessa al trasporto di materiale dalla banchina di sbarco al sito di stoccaggio, ed anche al trasporto in ingresso/uscita conferimento di materie prime e prodotti dagli impianti.

3. La presenza di **cumuli di stoccaggio all'aperto** genera polverosità nelle fasi di formazione e rimaneggiamento dei cumuli, ma anche per il transito di mezzi operativi nei pressi e sui cumuli e per l'azione di erosione del vento sui cumuli non coperti.

Le emissioni generate dalle attività di sbarco di materiale alla rinfusa e dagli stoccaggi all'aperto sono state considerate, ai fini delle simulazioni modellistiche, come sorgenti di griglia (areali), mentre il trasporto merci con camion di tipo lineare.

Le simulazioni sono state effettuate per le singole sorgenti, ognuna caratterizzata da una propria modulazione temporale (funzione degli orari in cui vengono effettuate le attività) e dalle condizioni meteorologiche dell'area (gli andamenti mensili di umidità e velocità del vento).

In particolare, le sorgenti sono state suddivise in due gruppi, ognuno simulato separatamente dall'altro:

- a. sorgenti le cui dinamiche dipendono prevalentemente dalle variazioni di umidità e dagli orari di attività delle aziende (ne fanno parte: attività di formazione e rimaneggiamento dei cumuli e di trasporto merci);

³ La tramoggia è un contenitore a forma di tronco di piramide o di cono capovolto, munito di apertura sul fondo, utilizzato per raccogliere dall'alto materiali, per poi scaricarli verso il basso.

- b. sorgenti le cui dinamiche dipendono prevalentemente dalle variazioni di velocità del vento e non necessariamente legate ad orari specifici di attività delle aziende (lo sbarco/imbarco di materiale e l'erosioni dei cumuli).

Di seguito si riportano le griglie di emissione per l'anno 2009 relative a:

- sbarco (fig. 10 a),
- erosione eolica delle superfici esposte al vento (fig. 10 b),
- operazioni di formazione e rimaneggiamento dei cumuli (fig. 11 a) e
- transito di mezzi operativi nei pressi dei cumuli (fig. 11 b).

In figura 12 e 13 sono invece rappresentate le emissioni generate dal trasporto merci (sorgente lineare) per l'anno 2009, distinte in base alla tipologia di emissione (combustione oppure sollevamento) e all'attività (trasporto dalla banchina al sito di stoccaggio oppure in ingresso/uscita all'area portuale).

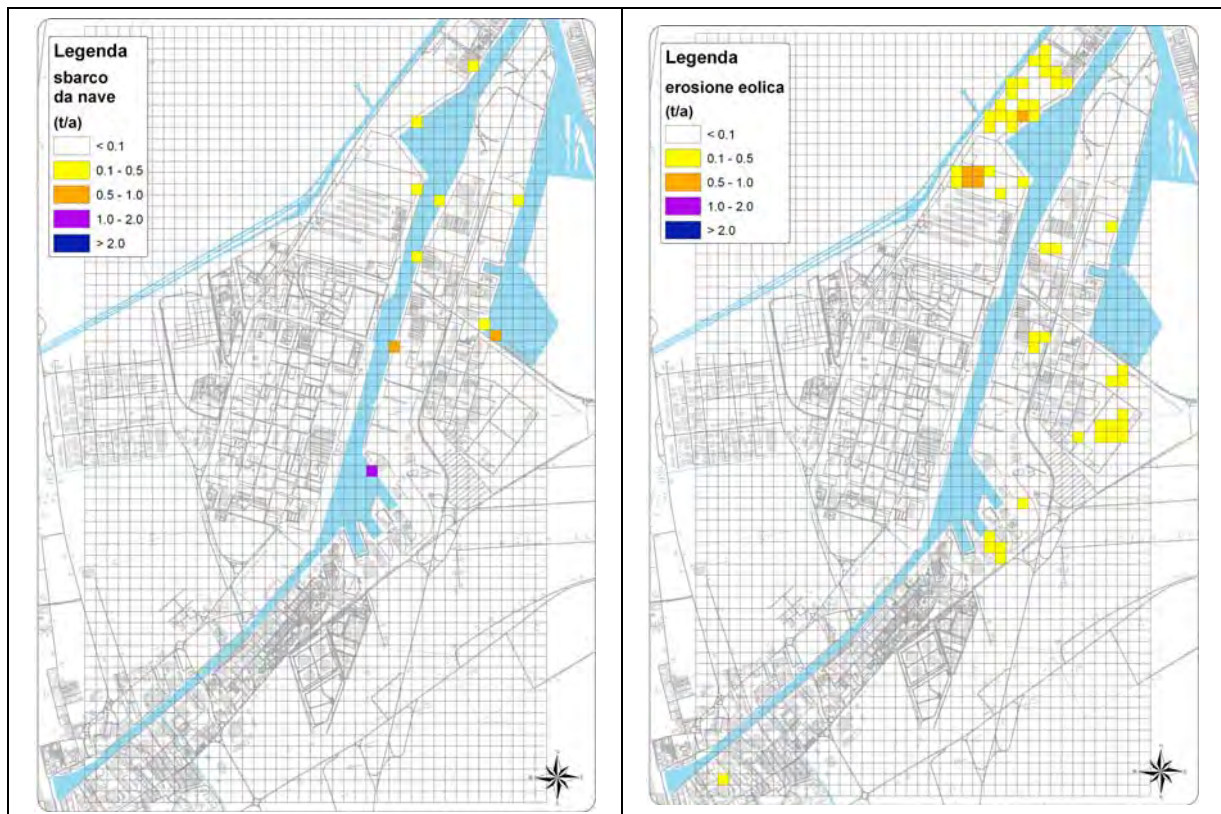


Figura 10 - Emissione annuale di PM₁₀ da operazioni di sbarco (a) ed erosione eolica (b) – anno 2009

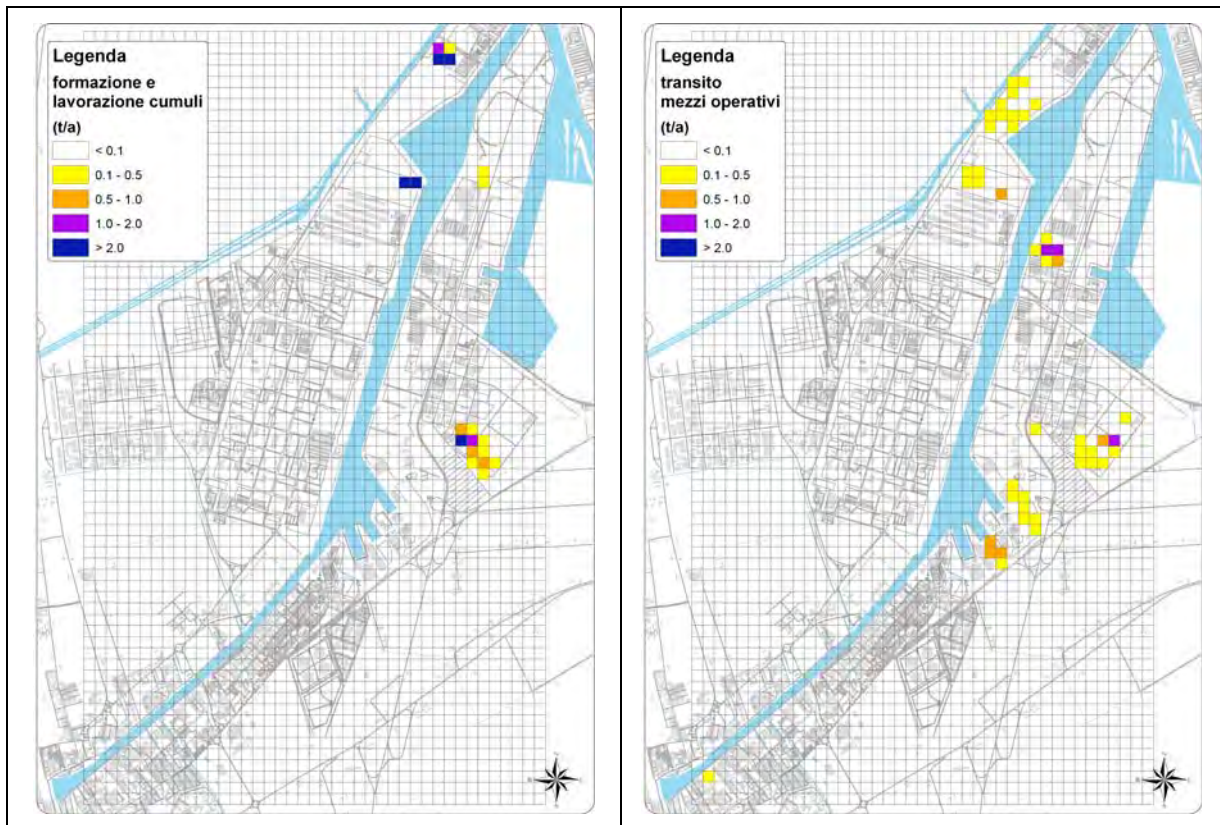


Figura 11 - Emissione annuale di PM_{10} per formazione e rimaneggiamento (a) e per transito di mezzi operativi e/o autocarri nei pressi dei cumuli (b) – anno 2009

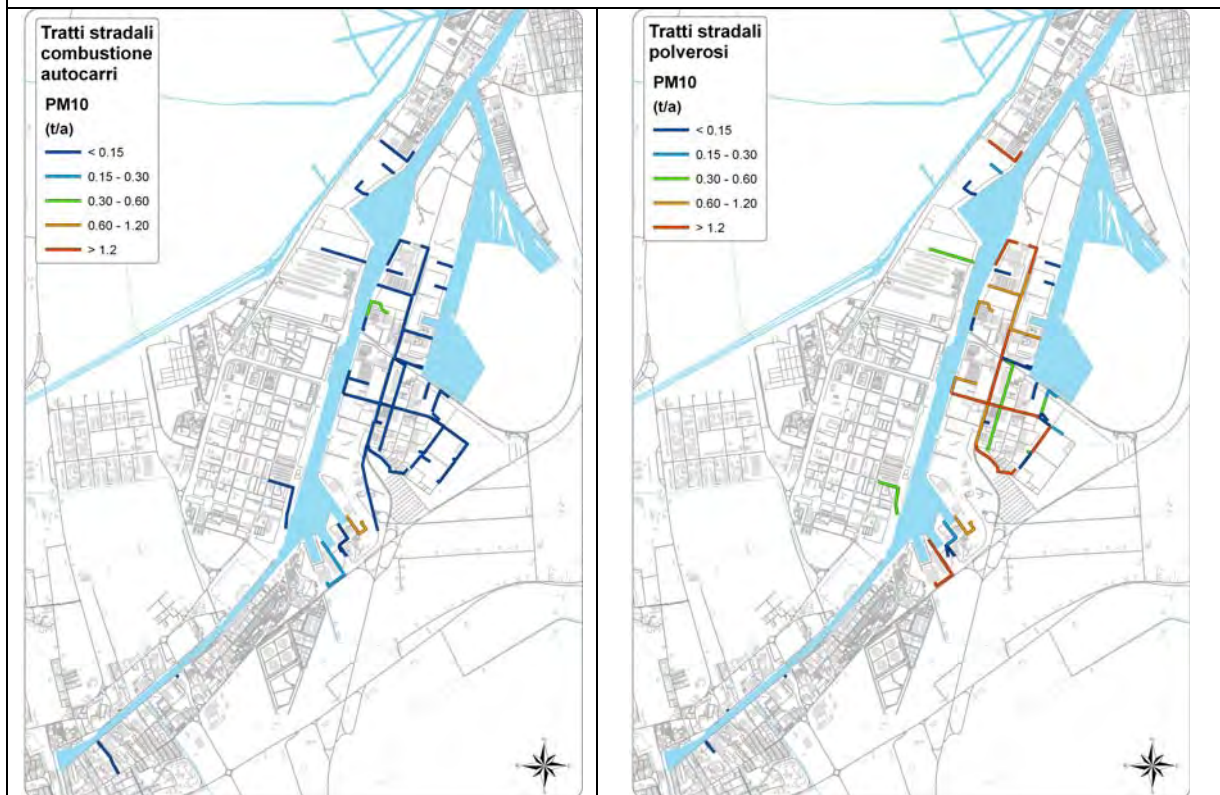


Figura 12 - Emissione annuale di PM_{10} per trasporto merci dalla banchina al sito di stoccaggio: (a) combustione (b) risollevarimento – anno 2009

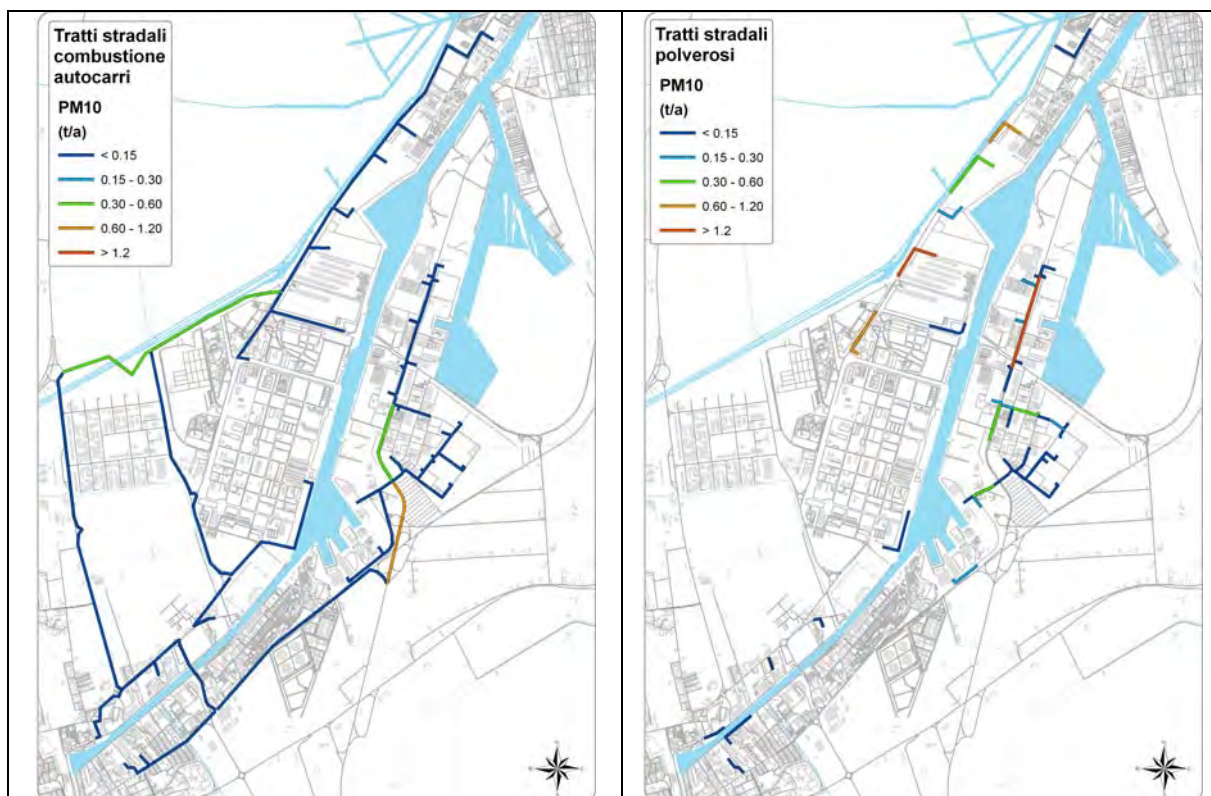


Figura 13 - Emissione annuale di PM₁₀ per trasporto merci in ingresso/uscita dall'area portuale: (a) combustione (b) risollevarimento – anno 2009

3. METODOLOGIA PER LA “STORICIZZAZIONE” DELLE EMISSIONI PER GLI ANNI 2004 – 2013

Il prodotto finale della linea progettuale 1 sono mappe mensili di concentrazione di PM₁₀ ed NO₂ nel dominio, per le singole macrosorgenti e per tutti gli anni dal 2004 al 2013.

Si è perciò resa necessaria una valutazione delle emissioni (dato di input al modello di dispersione) anche per gli anni per i quali non si avevano a disposizione informazioni di tipo puntuale (così come descritte nel capitolo precedente).

Per estendere la stima delle emissioni dagli anni di riferimento all'intero periodo in studio (storicizzazione) sono state fatte alcune assunzioni quali/quantitative inerenti le macrosorgenti in studio e utili alla valutazione delle loro variazioni temporali nel dominio di studio.

Le assunzioni e le valutazioni sono basate sulle informazioni disponibili e sono illustrate in seguito.

Traffico veicolare

Per il traffico veicolare erano disponibili 3 inventari relativi agli anni 2005, 2009, 2013 comprendenti il parco veicolare del comune di Ravenna (suddiviso per cilindrata ed alimentazione) e i flussi di traffico nei diversi tronchi del grafo stradale urbano per quanto riguarda la viabilità. Tenendo conto che la viabilità cittadina, nel periodo 2004 - 2013, ha subito due modifiche importanti - l'apertura della bretella della circonvallazione a Nord della città a inizio 2007 e l'apertura del ponte mobile sul Canale Candiano a giugno 2010 – i tre inventari di riferimento sono stati utilizzati come dati di input al modello (cambiando la meteorologia ogni anno) per i seguenti periodi:

Tabella 1 - storicizzazione traffico veicolare

<i>Dal 01/05/04 al 31/12/06</i>	<i>Dal 01/01/07 al 31/06/10</i>	<i>Dal 01/07/10 al 31/12/13</i>
Viabilità e parco veicolare 2005	Viabilità e parco veicolare 2009	Viabilità e parco veicolare 2013

Riscaldamento domestico

Per questo settore sono state fatte valutazioni puntuali, a partire dal consumo di combustibile (metano, gasolio, GPL) per le singole caldaie, per gli anni 2007 e 2009.

Per il consumo di legna l'unico dato a disposizione è quello dell'inventario regionale Inemar, relativo agli anni 2007 e 2010.

Per ogni "anno termico" (mesi da ottobre ad aprile) è disponibile, per il periodo considerato e per il territorio del Comune di Ravenna, il consumo di gas metano, combustibile che rappresenta il 97% dei consumi di combustibile per riscaldamento domestico nel dominio di studio.

Il consumo totale di combustibile nel dominio relativo ad ogni anno termico è stato calcolato come somma del consumo reale di gas metano e i consumi di gasolio, GPL e legna calcolati in modo proporzionale a quelli di metano a partire dai dati disponibili.

Si è utilizzata una relazione empirica (oggetto di uno studio precedente – "Righi et altri, 2013") fra il consumo di combustibile e due grandezze descrittive del territorio: la volumetria degli edifici e la popolazione residente per cella di censimento. La disaggregazione del consumo di combustibile nelle celle della griglia (300x300 m) nel periodo considerato (esclusi gli anni 2007 e 2009 per i quali sono presenti dati di consumo puntuali) è stata quindi ricavata utilizzando una variabile proxy funzione di queste due grandezze, secondo la relazione:

$$\text{proxy riscaldamento} = 0.098 * P + 0.903 * V$$

dove P e V sono rispettivamente la popolazione residente e la volumetria degli edifici relative ad ogni cella della griglia.

Sorgenti industriali

Per le emissioni convogliate degli impianti presenti nel dominio sono disponibili informazioni di dettaglio per gli anni 2005, 2009 e 2013, ricavate dall'elaborazione dei dati contenuti all'interno del database GIECA rispettivamente al: 31/12/2005, 31/12/2009 e 31/12/2013 (inventari di riferimento). Pertanto le emissioni industriali dei tre inventari di riferimento sono stati utilizzati come dati di input al modello (cambiando la meteorologia ogni anno) per i seguenti periodi:

Tabella 2 - storicizzazione sorgenti industriali

<i>Dal 01/05/04 al 31/12/06</i>	<i>Dal 01/01/07 al 31/12/10</i>	<i>Dal 01/01/11 al 31/12/13</i>
Database 2005	Database 2009	Database 2013

Attività portuali

Informazioni di dettaglio sulle emissioni di questo settore sono disponibili per gli anni 2007 e 2009, per i quali è stato effettuato un censimento presso le aziende dell'area.

Nella "ricostruzione" del contributo alle emissioni di PM₁₀ di questo settore, si è tenuto conto del parziale cambiamento delle aree di stoccaggio di materiale all'aperto dal 2007 al 2009 e dei diversi quantitativi di merci alla rinfusa in ingresso/uscita dal porto, dato fornito dall'Autorità Portuale. Relativamente alle merci, è stato effettuato un confronto fra i dati puntuali 2007 e 2009 e le altre annualità del periodo che ha portato a valutare l'emissione di PM₁₀ di questo settore nei diversi periodi secondo lo schema sottostante:

Tabella 3 - storicizzazione sorgenti portuali

<i>Dal 01/05/04 al 31/12/08</i>	<i>Dal 01/01/09 al 31/12/10</i>	<i>2011</i>	<i>Dal 01/01/12 al 31/12/13</i>
Posizione dei cumuli 2007 ed emissioni 2007	Posizione dei cumuli 2009 ed emissioni 2009	Posizione dei cumuli 2009 ed emissioni 2009 + 20%	Posizione dei cumuli 2009 ed emissioni 2009

Nella tabella 4 si riporta la **sintesi** delle assunzioni che sottendono il calcolo delle emissioni per gli anni dal 2004 al 2013, suddivise per sorgente (*in grassetto gli inventari di riferimento*).

Tabella 4 - sintesi delle attività

Periodo	Traffico	Riscaldamento domestico	Sorgenti industriali	Attività portuali
Da mag 2004	Viabilità e parco veicolare 2005	Stima a partire da consumi tot comunali	Database 2005	Posizione dei cumuli 2007 ed emissioni 2007
2005	Viabilità e parco veicolare 2005	Stima a partire da consumi tot comunali	Database 2005	Posizione dei cumuli 2007 ed emissioni 2007
2006	Viabilità e parco veicolare 2005	Stima a partire da consumi tot comunali	Database 2005	Posizione dei cumuli 2007 ed emissioni 2007
2007	Viabilità e parco veicolare 2009	Dati puntuali caldaie	Database 2009	Posizione dei cumuli 2007 ed emissioni 2007
2008	Viabilità e parco veicolare 2009	Stima a partire da consumi tot comunali	Database 2009	Posizione dei cumuli 2007 ed emissioni 2007
2009	Viabilità e parco veicolare 2009	Dati puntuali caldaie	Database 2009	Posizione dei cumuli 2009 ed emissioni 2009
Gen-giu 2010	Viabilità e parco veicolare 2009	Stima a partire da consumi tot comunali	Database 2009	Posizione dei cumuli 2009 ed emissioni 2009
Lug-dic 2010	Viabilità e parco veicolare 2013	Stima a partire da consumi tot comunali	Database 2009	Posizione dei cumuli 2009 ed emissioni 2009
2011	Viabilità e parco veicolare 2013	Stima a partire da consumi tot comunali	Database 2013	Posizione dei cumuli 2009 ed emissioni 2009+20%
2012	Viabilità e parco veicolare 2013	Stima a partire da consumi tot comunali	Database 2013	Posizione dei cumuli 2009 ed emissioni 2009
2013	Viabilità e parco veicolare 2013	Stima a partire da consumi tot comunali	Database 2013	Posizione dei cumuli 2009 ed emissioni 2009

4. IL MODELLO DI DISPERSIONE

Il modello di dispersione atmosferica utilizzato è ADMS-Urban – versione 3.2, un modello gaussiano avanzato in grado di trattare molteplici tipi di sorgenti (puntuali, lineari, areali, volumetriche, di griglia), specificatamente adatto per le simulazioni in area urbana.

Le potenzialità del programma, che lo rendono particolarmente idoneo per studi di questo tipo, sono:

- la presenza di un algoritmo di calcolo avanzato che si basa sulla soluzione gaussiana in condizioni stabili e neutre e su una soluzione non gaussiana in condizioni instabili;
- una caratterizzazione avanzata dello strato limite;
- la possibilità di trattare molteplici tipologie di sorgente: fino a 1500 sorgenti industriali (puntuali, areali e di volume, 1500 lineari e 1 griglia con un massimo di 3000 celle);
- la presenza di un modello integrato specificatamente adatto a simulare la dispersione negli street canyon, ovvero in quelle strade molto diffuse nei centri urbani, confinate da edifici di altezza significativa da entrambi i lati.

Il modello è in grado di generare due tipi di output: concentrazioni medie (annuali e mensili) su una griglia e concentrazioni medie e orarie su punti recettore.

5. DATI METEOROLOGICI

Una variabile fondamentale per la stima delle immissioni sono i dati meteorologici del territorio. Il modello utilizzato può utilizzare, come dato di input, dati meteorologici misurati direttamente da una stazione presente all'interno del dominio oppure, in mancanza di questi, dati a loro volta stimati da un modello meteorologico.

Qualche che sia l'origine del dato, la copertura deve essere omogenea per l'intero periodo di simulazione. Per il periodo considerato il Servizio Idro-meteo-clima di Arpaè ha indicato come dato più affidabile e descrittivo delle condizioni meteorologiche del dominio, perciò più adatto ad essere utilizzato come input per un modello di dispersione degli inquinanti in atmosfera, i dati rilevati presso la stazione urbana di Ravenna, che si trova sul tetto del palazzo della provincia a 20 m dal suolo.

Le variabili misurate dalla stazione ed utilizzate nel modello, per il periodo 01/05/04 – 31/12/2013, sono:

- Temperatura media oraria (°C);
- Velocità media oraria vettoriale (m/s);
- Direzione del vento media oraria vettoriale (°);
- Radiazione visibile media oraria (W/m^2);
- Umidità media oraria (%).

6. SIMULAZIONE DELLA DISPERSIONE DEGLI INQUINANTI PER LE DIVERSE SORGENTI – MEDIE MENSILI E ANNUALI

Per ognuna delle sorgenti considerate (traffico, riscaldamento, industria e porto) sono state effettuate delle simulazioni mensili per l'intero periodo considerato, in modo da ottenere, per ogni sorgente e per ogni mese, una mappa di isoconcentrazione media mensile per l'intero dominio. Come si diceva, il dato meteo in input ha una frequenza oraria, mentre ogni sorgente è caratterizzata da una sua propria modulazione temporale, in funzione di diversi fattori, fra cui: la tipologia di sorgente

(lineare, puntuale o areale), i dati a disposizione, le dinamiche temporali che caratterizzano ognuna di esse.

Va inoltre sottolineato che il modello utilizzato, per le sorgenti areali gestite attraverso una griglia (riscaldamento e porto), ammette una sola modulazione temporale per l'intera griglia che deve essere inoltre modulata giornalmente e/o mensilmente in modo costante per l'intero periodo.

Di seguito si riportano le *modulazioni temporali* relative a ciascuna sorgente e, a titolo esemplificativo, 4 *mappe di isoconcentrazione*, ognuna relativa ad una macrosorgente e riferite all'anno 2013 (figure 14 e 15).

Traffico veicolare: l'emissione totale è stata considerata costante durante tutto l'anno, con una riduzione del 20% per i tre mesi estivi (giugno-agosto) con una modulazione giornaliera e settimanale così come descritta al capitolo 2.

Riscaldamento domestico: le emissioni hanno una modulazione mensile in funzione delle temperature esterne.

Industria: emissioni costanti nel periodo, con una riduzione nel mese di agosto per tenere conto delle fermate degli impianti che solitamente vengono programmate proprio in questo mese.

Porto: parte delle attività portuali, come già descritto e analogamente a quelle da riscaldamento, è stata distribuita su una griglia emissiva. Nello specifico, per tenere conto delle diverse caratteristiche delle sorgenti coinvolte, sono state costruite due griglie:

- una in cui sono state aggregate le emissioni derivanti dall'erosione eolica dei cumuli e dalle attività di sbarco del materiale, direttamente legate, come intensità, alla velocità del vento;
- l'altra in cui sono state aggregate le emissioni prodotte dalle attività di formazione e rimaneggiamento dei cumuli all'aperto, modulate mensilmente secondo le variazioni di umidità relativa e giornalmente in base agli orari lavorativi. A questa seconda griglia, e con la stessa modulazione temporale giornaliera e mensile, sono state aggiunte, nella stessa simulazione, le emissioni lineari prodotte dal traffico pesante nel porto.

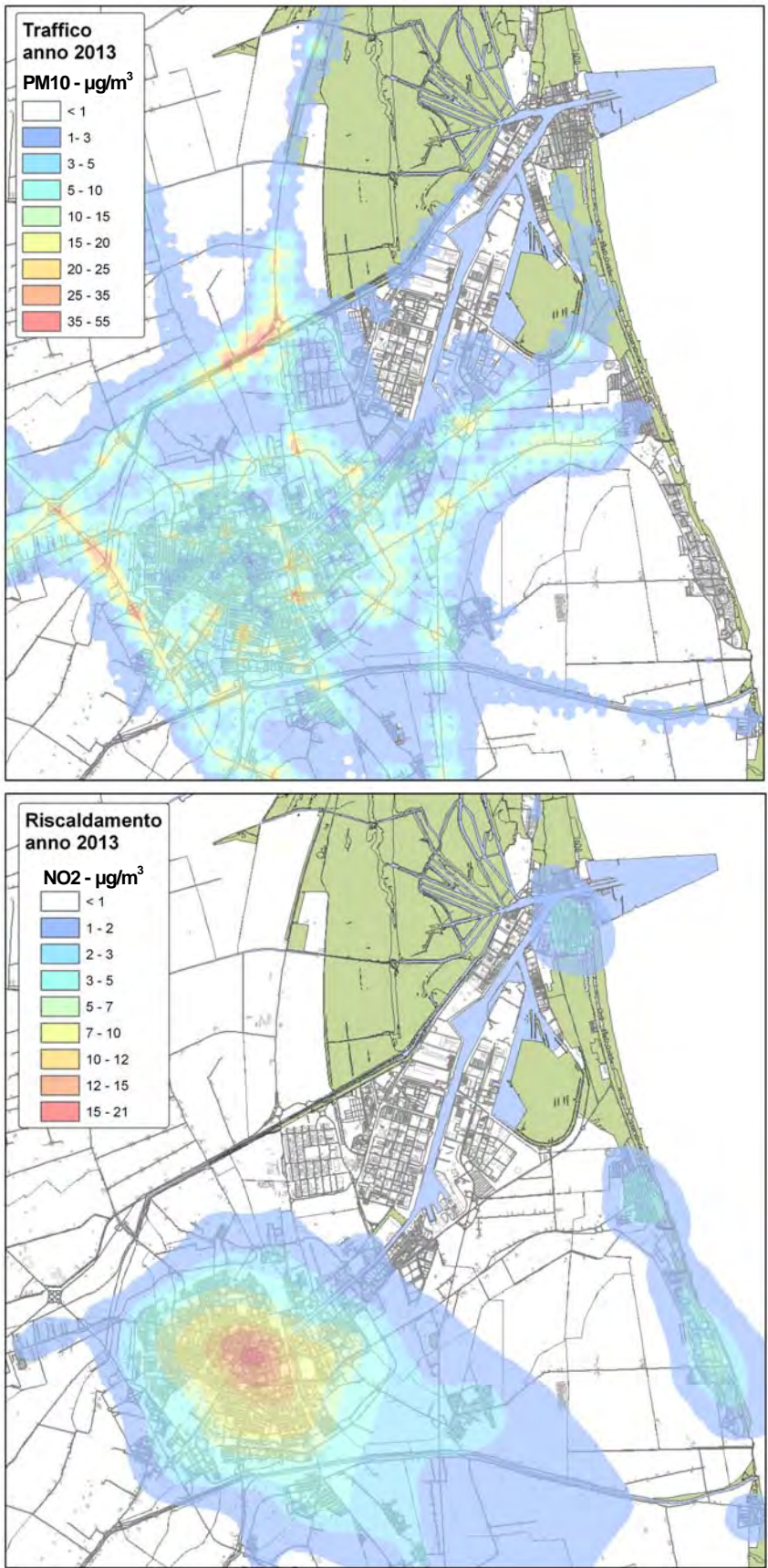


Figura 14 - Mappa di isoconcentrazione della media annuale di PM_{10} relativa al traffico veicolare e della media annuale di NO_2 relativa alle immissioni da riscaldamento domestico – anno 2013

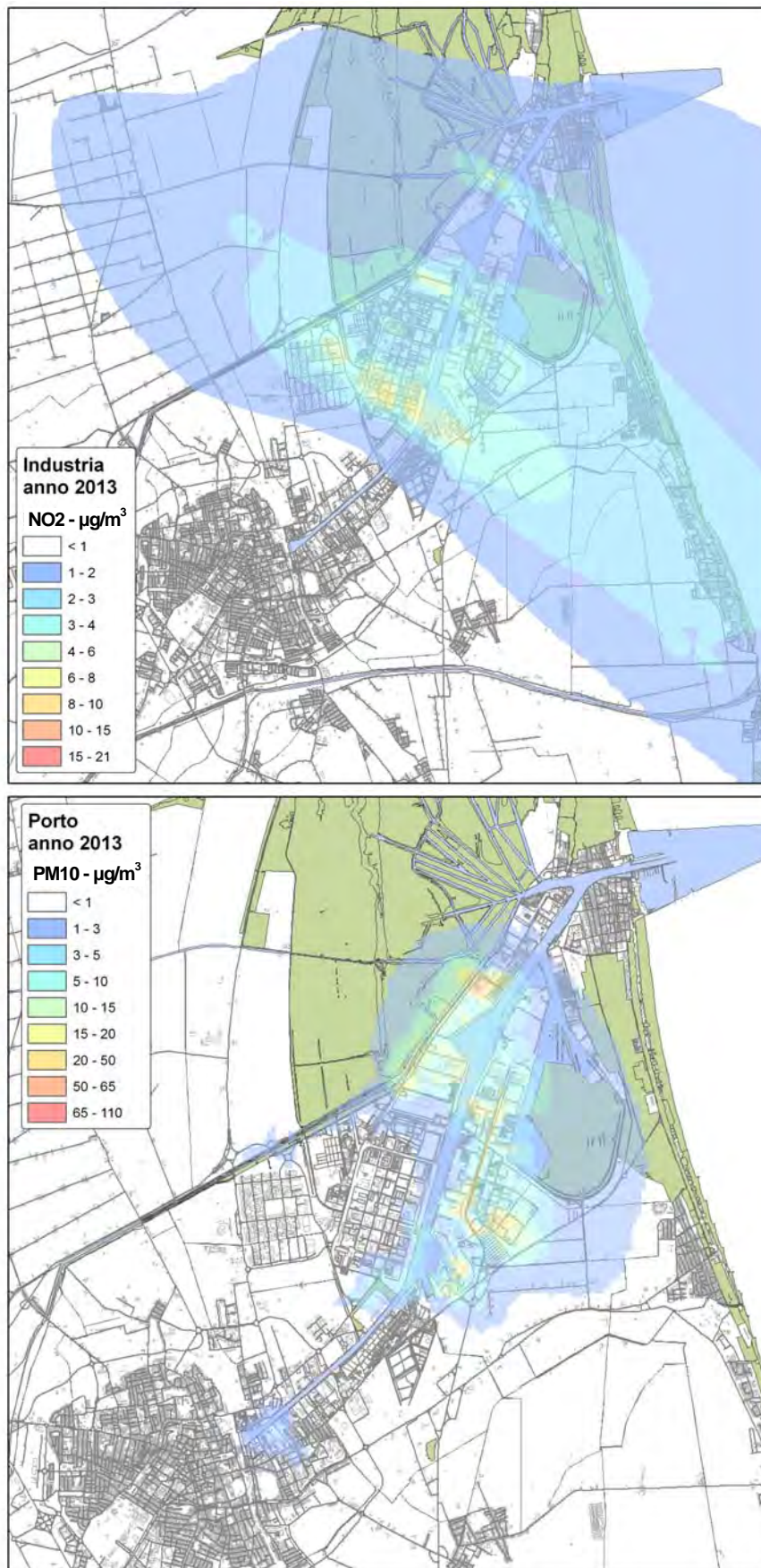


Figura 15 - Mappa di isoconcentrazione della media annuale di NO₂ relativa alle immissioni industriali e della media annuale di PM₁₀ relativa alle attività portuali – anno 2013

7. CONFRONTO CON I DATI MISURATI DALLE STAZIONI DI MONITORAGGIO DELLA QUALITÀ DELL'ARIA E VALIDAZIONE DEL MODELLO

Per l'intero periodo e in corrispondenza delle stazioni di monitoraggio della qualità dell'aria presenti all'interno del dominio sono state simulate, per ognuna delle sorgenti considerate, le concentrazioni medie orarie di PM_{10} ed NO_2 . Lo scopo è quello di confrontare il dato simulato dal modello con quello misurato presso le stazioni nello stesso arco temporale e ricavare un'indicazione della veridicità delle simulazioni.

Per effettuare il confronto occorre tenere conto delle concentrazioni di fondo, cioè di quella quota di inquinamento imputabile ad altre fonti (in particolare quelle esterne al dominio) e a reazioni chimiche fra gli inquinanti in atmosfera (inquinamento secondario che non viene simulato dal modello).

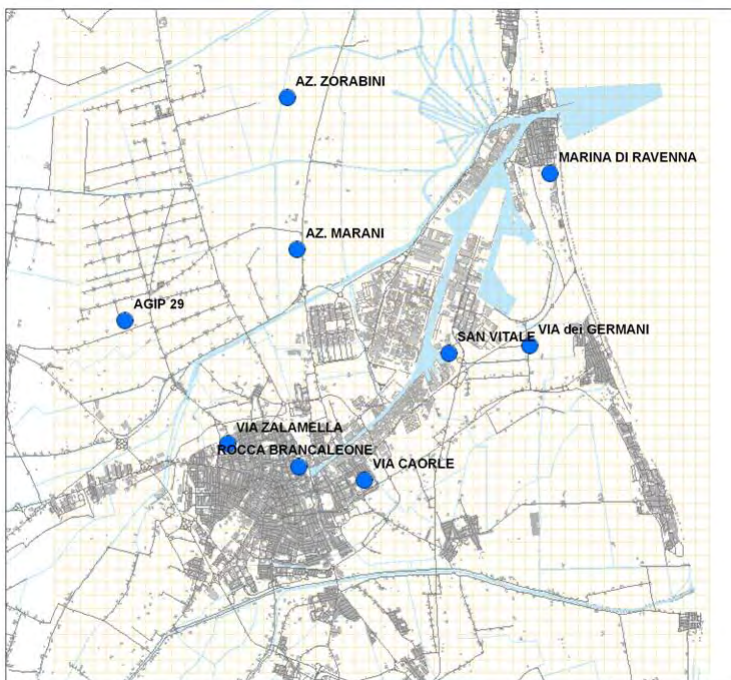
Le "concentrazioni di fondo" del dominio di studio sono state valutate prendendo i dati di concentrazione misurati presso due stazioni interne al dominio ma in posizione periferica rispetto alle sorgenti di emissione esaminate nello studio: la stazione Agip29 per il PM_{10} e di Marina di Ravenna per il biossido di azoto. In corrispondenza di queste centraline, infatti, il dato simulato (quindi il contributo delle sorgenti dell'area oggetto di studio) rappresenta sempre meno del 6% del dato misurato di PM_{10} e circa il 20% della concentrazione di NO_2 .

Per confrontare la concentrazione misurata nelle stazioni con quella simulata (sempre in corrispondenza delle stazioni), al dato simulato è stato aggiunto il fondo, cioè sono state sommate le concentrazioni misurate ad Agip29 per il PM_{10} e a Marina di Ravenna per l' NO_2 .

L'architettura dello studio consente, inoltre, di stimare in corrispondenza delle stazioni qual è il contributo percentuale simulato di ogni macrosorgente rispetto al totale.

In figura 16 sono riportate le stazioni di monitoraggio, sia pubbliche che private, presenti all'interno del dominio ed utilizzate per la validazione del modello.

Figura 16 - Stazioni di monitoraggio della qualità dell'aria all'interno del dominio



Per il confronto simulato-misurato sono stati calcolati diversi parametri statistici, in particolare:

- per ogni annualità sono state calcolate:
 - Media annuale simulata;
 - Media annuale misurata;
 - Variazione % fra dato misurato e simulato;

- Efficienza della modellazione di Nash and Sutcliffe (EF), data da:

$$EF = \frac{\sum (mis_i - media_{misurata})^2 - \sum (sim_i - mis_i)^2}{\sum (mis_i - media_{misurata})^2}$$

dove: mis_i = dato misurato i-esimo

sim_i = dato stimato i-esimo

$media_{misurata}$ = media annuale misurata nella stazione considerata

Il valore ottimale di EF è 1, cioè la sommatoria degli scarti fra dati osservati e simulati è uguale o prossima allo 0. Valori di EF prossimi o uguali a 0 indicano che le stime del modello sono accurate come la media delle osservazioni, valori negativi indicano che le osservazioni sono più accurate del modello.

- per ogni serie annuale di dati mensili sono stati calcolati i seguenti parametri:

- Deviazione standard (scarto tipo) dei dati simulati (s_{sim});
- Deviazione standard (scarto tipo) dei dati misurati (s_{mis});
- Coefficiente di massa residua (RCM), calcolato su base mensile sulle serie di dati orari (NO_2) o giornalieri (PM_{10}) simulati e misurati, è dato da:

$$RCM = \frac{\sum c_{mis_i} - \sum c_{sim_i}}{\sum c_{mis_i}}$$

dove: c_{mis_i} = i-esima concentrazione oraria/giornaliera misurata nel mese;

c_{sim_i} = i-esima concentrazione oraria/giornaliera simulata nel mese;

Il valore ottimale di RCM è 0, valori > 0 indicano che il modello tende a sottostimare i dati misurati, valori < 0 a sovrastimare

- Verifica, con un livello di significatività $\alpha = 0.01$, se esiste una differenza significativa fra media mensile misurata e media mensile stimata (test t di Student) in ogni postazione e per ogni anno.

Pertanto, per ogni anno e per ogni postazione, si è calcolata:

- Varianza stimata (S^*) data da:

$$S^* = \sqrt{\frac{(n_{sim} - 1) * s_{sim}^2 + (n_{mis} - 1) * s_{mis}^2}{n_{sim} + n_{mis} - 2}}$$

dove: s_{sim} = deviazione standard dei dati simulati;

s_{mis} = deviazione standard dei dati misurati;

n_{sim} = numero dati simulati

n_{mis} = numero dati misurati

- Test t (t_c):

$$t_c = \frac{m_{sim} - m_{mis}}{S^* \sqrt{\frac{1}{n_{sim}} + \frac{1}{n_{mis}}}}$$

dove: m_{sim} = media dei dati simulati;

m_{mis} = media dei dati misurati;

Il valore di t_c così calcolato è stato confrontato con il valore teorico $t_t = t_{\alpha/2; n_1+n_2-2}$, desunto dalle tavole della t di Student, che nei casi specifici è:

$t_{0.005;22} = 2.819$ per le annualità intere e

$t_{0.005;14} = 2.977$ per il 2004 dove sono disponibili i dati a partire da maggio.

Pertanto le due serie di medie mensili misurate e simulate presso la stazione di monitoraggio non sono fra loro statisticamente differenti se il valore assoluto di t_c è minore t_t :

$$|t_c| < t_t$$

Confronto simulato-misurato per annualità: PM₁₀

In tabella 5 sono riportate, per ogni anno e per ogni stazione di monitoraggio, le medie annuali di PM₁₀ misurate e simulate (in ug/m³), la variazione % fra medie annuali misurate e simulate e l'efficienza della modellazione (EF). Nell'ultima colonna gli stessi parametri sono riferiti alla stazione di fondo (Agip 29), per la quale la variazione % dovrebbe essere minima.

Se si esclude la stazione Sapis, in area portuale, che risente in modo particolare della polverosità e per la quale vi è una sistematica sottostima da parte del modello, in generale le simulazioni risultano buone per tutto il periodo considerato, con variazioni % generalmente contenute entro il 25%.

Le differenze maggiori si osservano per l'anno 2006, in cui si ha una sovrastima di quasi il 40% presso la stazione di traffico di Zalamella.

Un maggior numero di valori di EF vicini a 1, e comunque positivi, si osservano per gli anni dal 2008 al 2013.

	Parametri	Rocca	Sapis	Zalamella	Caorle	Germani	Marani	Agip29
2005	Media sim	38	39	40	35	35	38	33
	Media mis	36	42	34	26	33	38	32
	Variation %	5	-8	15	26	6	0	3
	EF	0.4	-0.3	0.4	-0.2	0.6	-2.3	-1.9
2006	Media sim	46	43	48	41	40	44	35
	Media mis	34	52	30	31	37	36	33
	Variation %	26	-21	38	24	8	18	6
	EF	-0.2	0.3	-0.2	0.3	0.9	-2.5	-1.6
2007	Media sim	35	40	34	35	36	39	32
	Media mis	27	56	23	27	33	31	30
	Variation %	23	-40	32	23	8	21	6
	EF	0.0	0.1	0.2	0.1	0.8	-5.3	-2.3
2008	Media sim	30	35	30	30	31	35	27
	Media mis	34	46	31	34	26	27	26
	Variation %	-13	-31	-3	-13	16	23	4
	EF	0.7	0.3	0.7	0.7	0.8	0.4	1.0
2009	Media sim	29	28	28	29	28	33	26
	Media mis	30	45	31	31	24	27	24
	Variation %	-3	-61	-11	-7	14	18	8
	EF	0.7	-0.3	0.6	0.7	0.5	-5.1	-3.8
2010	Media sim	31	33	31	30	30	32	27
	Media mis	29	46	29	31	25	26	26

	Parametri	Rocca	Sapir	Zalamella	Caorle	Germani	Marani	Agip29
	Variaz.%	6	-39	6	-3	17	19	4
	EF	0.4	-0.1	0.3	0.5	0.3	-3.0	-2.2
2011	Media sim	43	45	44	42	42	41	39
	Media mis	34	57	35	36	34	37	38
	Variaz.%	21	-27	20	14	19	10	3
	EF	0.7	0.0	0.5	0.7	0.5	-3.0	-2.1
2012	Media sim	38	40	39	38	37	36	35
	Media mis	32	41	33	34	32	33	34
	Variaz.%	16	-3	15	11	14	8	3
	EF	0.7	0.4	0.7	0.8	0.5	0.8	1.0
2013	Media sim	29	32	30	29	29	28	26
	Media mis	26	33	27	27	27	25	25
	Variaz.%	10	-3	10	7	7	11	4
	EF	0.9	0.5	0.9	0.9	0.9	-3.3	-1.9

Tabella 5 - Parametri statistici calcolati sulle serie annuali misurate e simulate – PM₁₀

Confronto simulato-misurato per annualità: NO₂

Gli stessi parametri, calcolati per il biossido di azoto, sono riportati in tabella 6.

Diversamente dal PM₁₀, e nonostante una sovrastima di circa il 20% rispetto al fondo, in area urbana il biossido di azoto tende ad essere sottostimato, in particolare presso la stazione di traffico di Zalamella.

Come per il PM₁₀ presso la stazione in area portuale (SAPIR) il dato simulato è sempre sottostimato, in modo ancora più consistente rispetto al particolato. Questo risultato è sicuramente imputabile alla maggiore variabilità spaziale dell'NO₂ rispetto al PM₁₀.

	Parametri	Rocca	Sapir	Zalamella	Caorle	Germani	Zorabini	Marani	Marina
2005	Media sim	36	31	39	31	26	24	38	26
	Media mis	39	48	55	42	25	39	46	22
	Variaz.%	-8	-57	-41	-38	4	-63	-21	14
	EF	0.1	0.0	-0.4	0.0	0.6	0.2	0.1	0.9
2006	Media sim	60	39	62	49	37	32	57	34
	Media mis	39	76	69	39	25	25	48	29
	Variaz.%	35	-92	-13	20	32	22	16	17
	EF	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2007	Media sim	53	33	45	44	34	28	61	31
	Media mis	42	62	54	37	25	26	37	24
	Variaz.%	20	-91	-19	16	25	6	39	22
	EF	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

	Parametri	Rocca	Sapir	Zalamella	Caorle	Germani	Zorabini	Marani	Marina
2008	Media sim	48	27	42	41	29	26	59	28
	Media mis	30	67	40	29	26	23	39	22
	Variatz.%	38	-142	5	29	12	11	33	21
	EF	-2.1	-0.7	-0.2	-0.7	0.4	0.0	-5.6	0.6
2009	Media sim	46	26	40	40	28	24	55	28
	Media mis	32	45	40	24	23	13	31	22
	Variatz.%	31	-74	2	40	19	46	43	22
	EF	-1.9	-0.1	-0.1	-1.8	0.3	-1.1	-5.4	0.6
2010	Media sim	38	22	32	32	22	20	36	23
	Media mis	27	34	37	21	24	12	26	18
	Variatz.%	29	-53	-17	34	-5	37	28	21
	EF	-0.4	0.0	0.1	-1.0	0.5	-0.6	-6.7	0.8
2011	Media sim	30	22	28	26	22	18	22	21
	Media mis	34	29	36	23	23	12	42	17
	Variatz.%	-11	-31	-29	11	-7	33	-92	17
	EF	0.2	0.4	0.1	0.1	0.7	0.1	-0.5	0.9
2012	Media sim	29	21	28	26	21	18	21	20
	Media mis	30	30	35	25	23	20	35	17
	Variatz.%	-4	-46	-26	3	-6	-8	-62	18
	EF	0.2	0.3	0.3	0.5	0.7	0.4	-0.1	0.9
2013	Media sim	28	18	26	23	19	16	19	18
	Media mis	31	29	33	23	19	16	22	14
	Variatz.%	-12	-60	-28	0	-2	0	-16	20
	EF	-0.7	-0.3	0.0	0.2	0.5	0.0	-0.1	0.8

Tabella 6 - Parametri statistici calcolati sulle serie annuali misurate e simulate – NO₂

Confronto simulato-misurato per mese: PM₁₀

Per le simulazioni mensili di PM₁₀ i due parametri EF e RCM (i cui valori sono riportati in dettaglio nei files allegati) risultano sempre molto buoni, ad indicare un buon accordo fra dato simulato e misurato. A titolo esemplificativo, per due stazioni collocate in area urbana (Zalamella e Caorle), si riportano i grafici relativi alle medie mensili di PM₁₀ simulate e misurate per il periodo considerato (figure 17 e 18). Nel triennio 2005 – 2007, in particolare per la stazione di traffico urbano (Zalamella), si ha una generale sovrastima del modello rispetto alle misure, sovrastima comunque contenuta, anche nel caso peggiore, entro il 40% (39% a Zalamella). Negli altri anni le differenze fra dato simulato e misurato sono invece molto più contenute.

Confronto simulato-misurato per mese: NO₂

Le figure 19 e 20 riportano i grafici relativi alle medie mensili di NO₂ simulate e misurate a Zalamella e Caorle: a Zalamella il dato simulato risulta sottostimato nella quasi totalità dei mesi mentre a Caorle, stazione di fondo urbano residenziale situata ad una certa distanza da strade trafficate, la sottostima è decisamente più contenuta. Anzi, a dicembre e gennaio in cui in area urbana risulta significativo anche il contributo al NO₂ del riscaldamento domestico, la concentrazione media mensile viene generalmente sovrastimata.

Figura 17 - Medie mensili di PM₁₀ simulate e misurate a Zalamella – stazione di traffico urbano

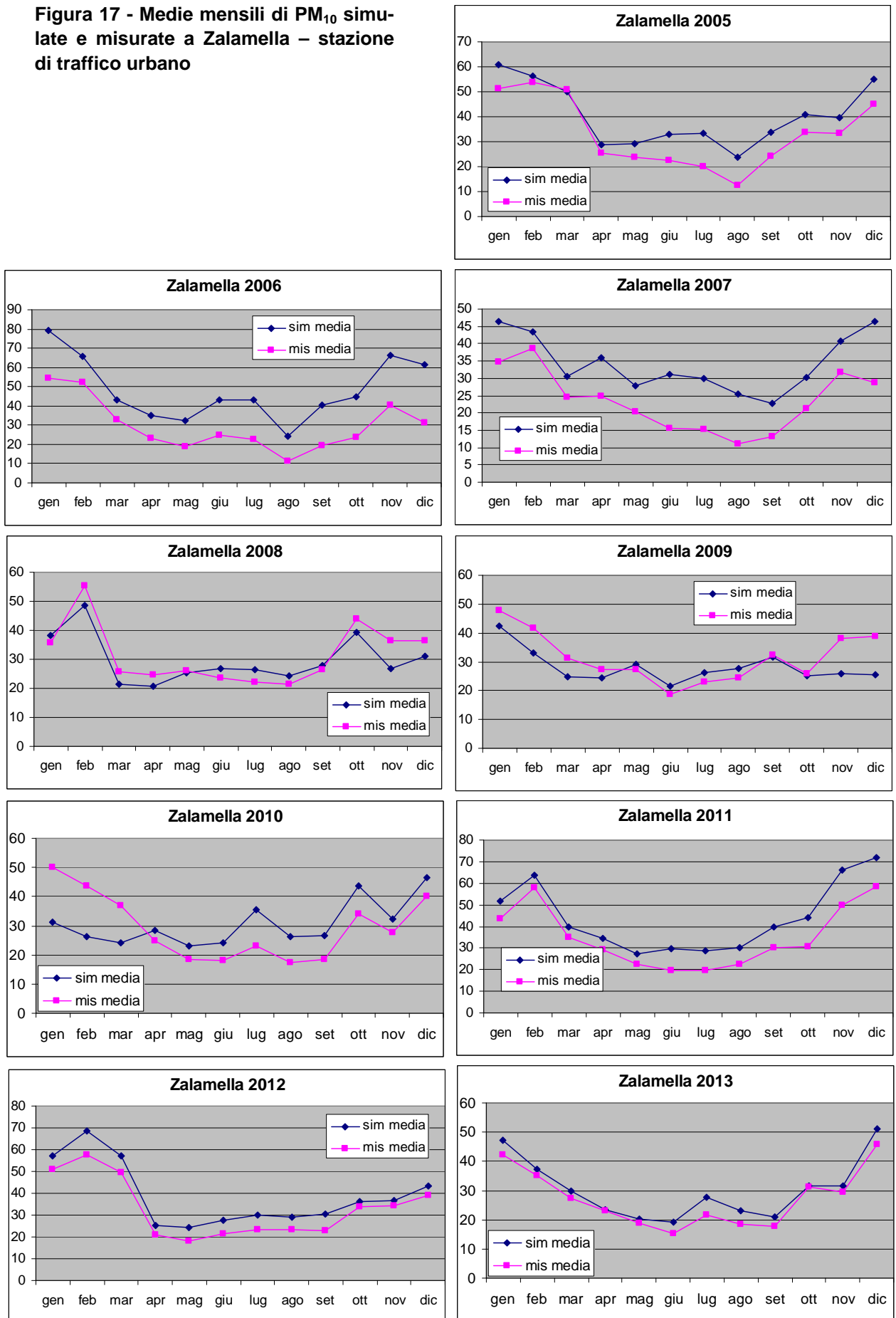


Figura 18 - Medie mensili di PM10 simulate e misurate a Caorle – stazione di fondo urbano residenziale

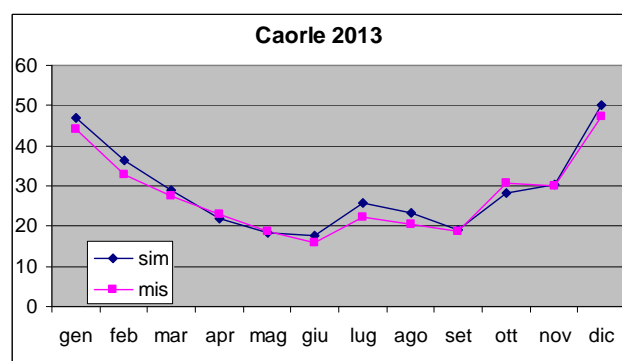
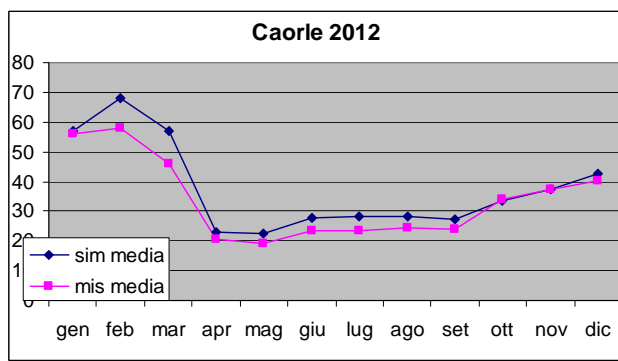
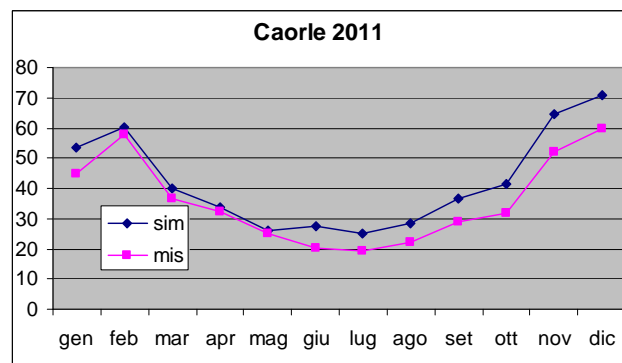
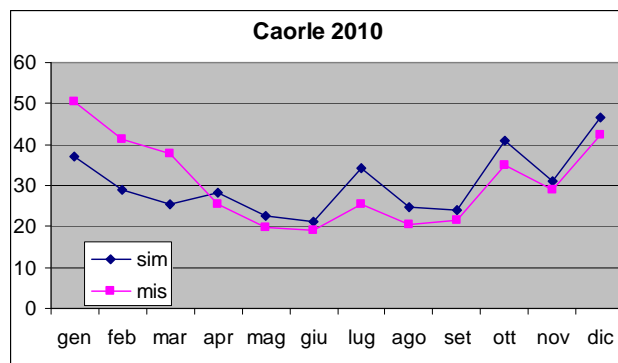
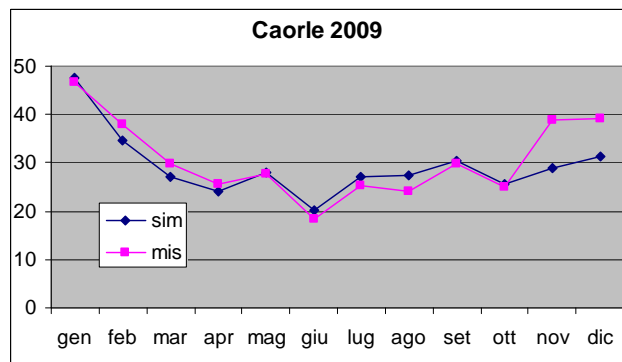
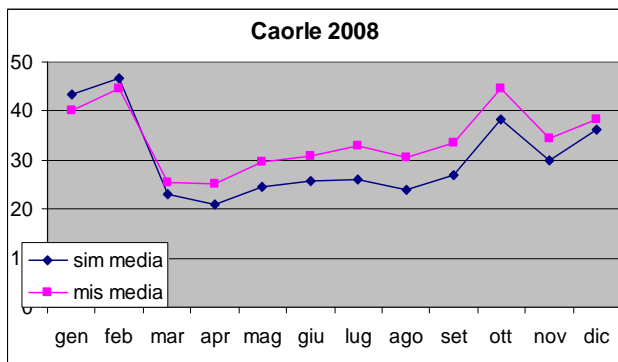
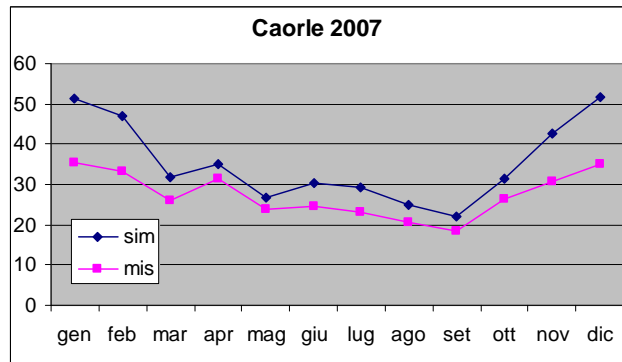
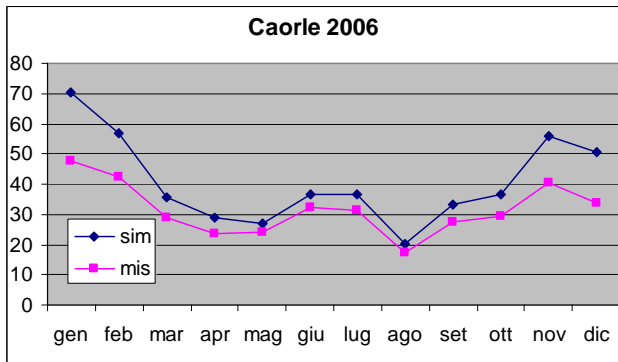
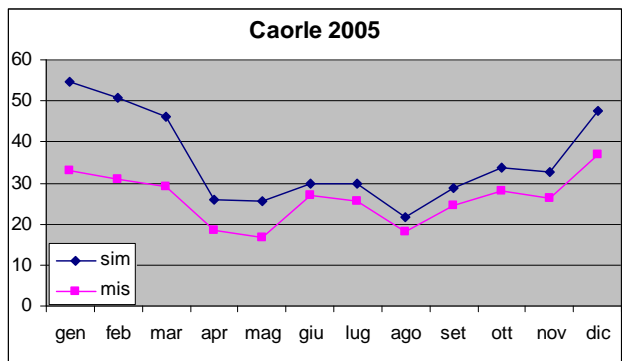


Figura 19 - Medie mensili di NO₂ simulate e misurate a Zalamella – stazione di traffico urbano

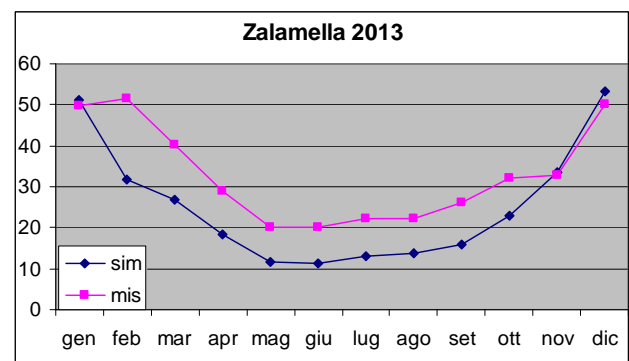
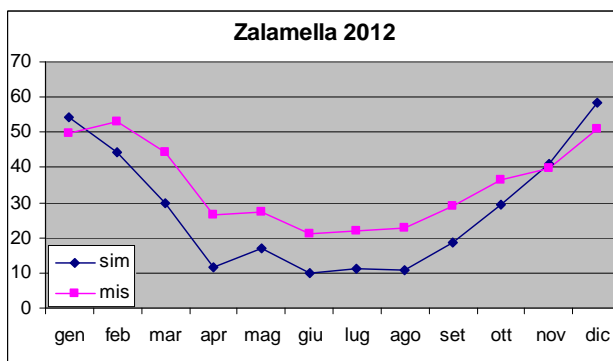
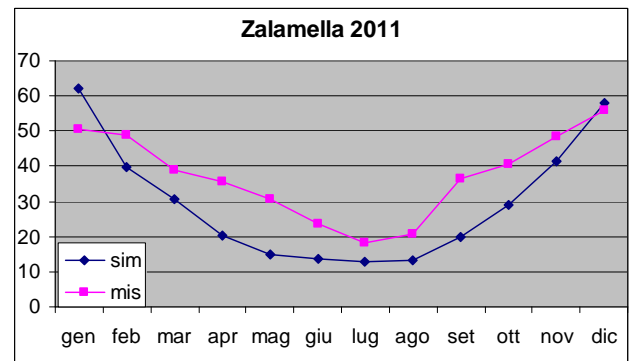
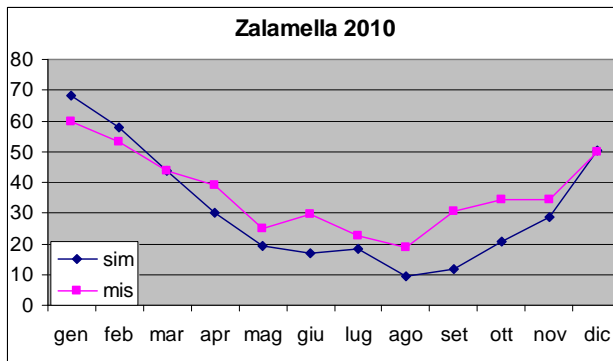
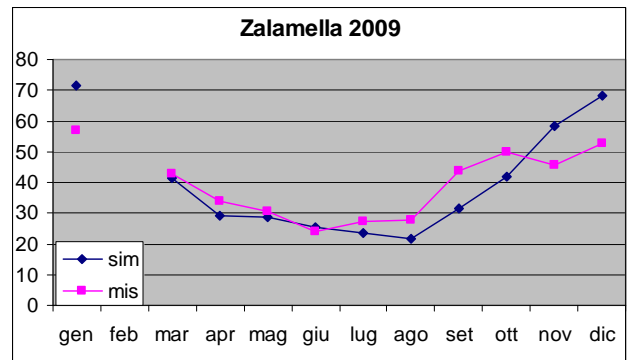
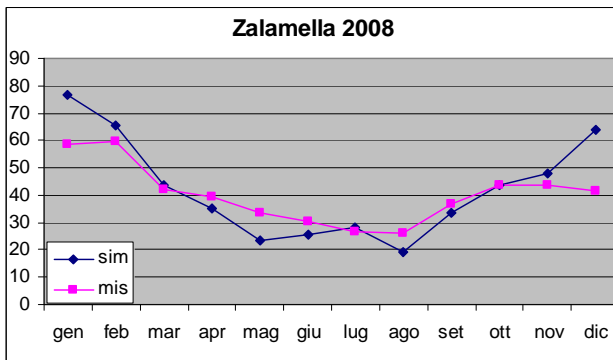
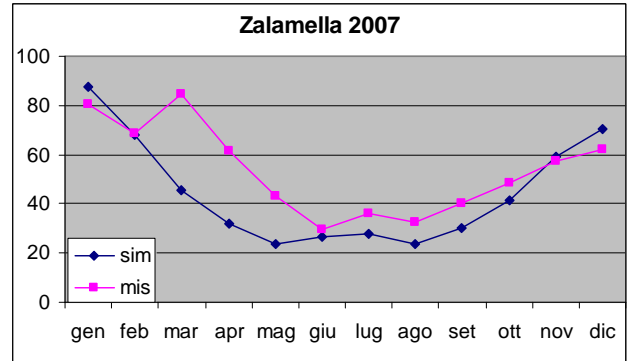
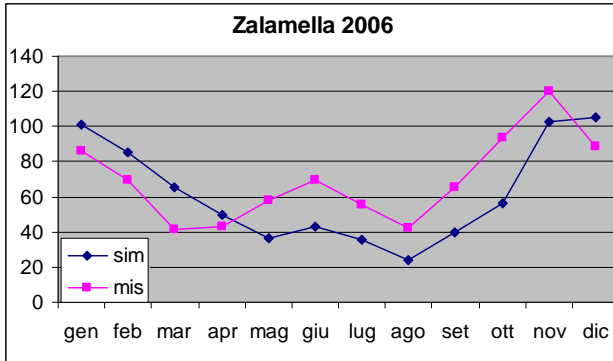
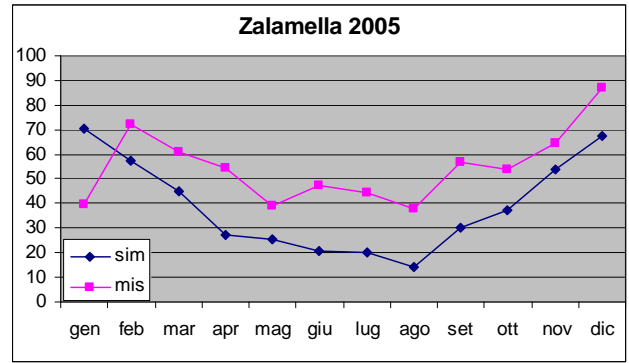
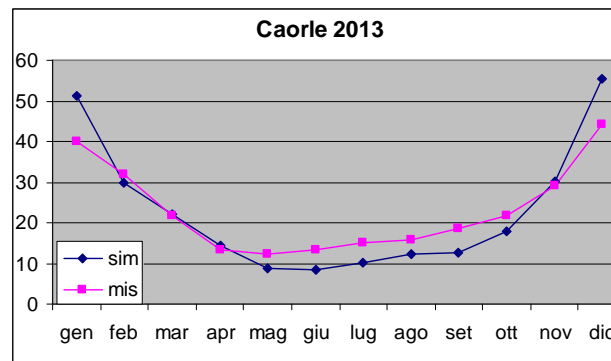
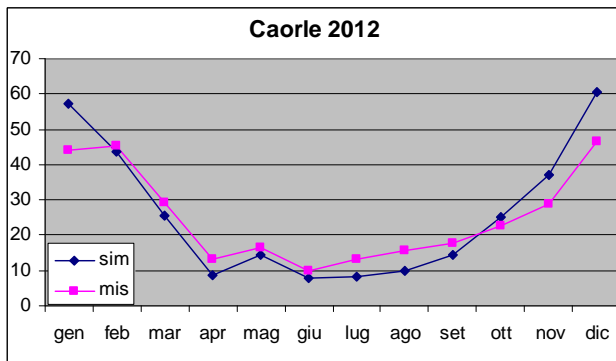
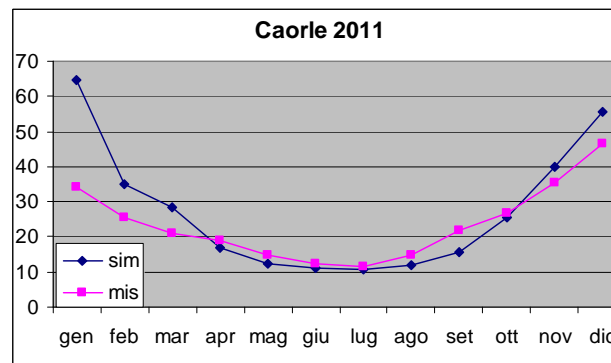
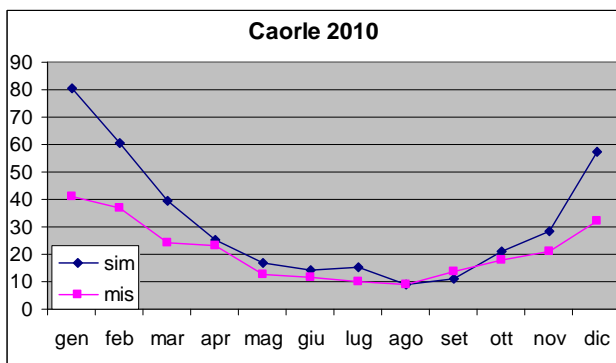
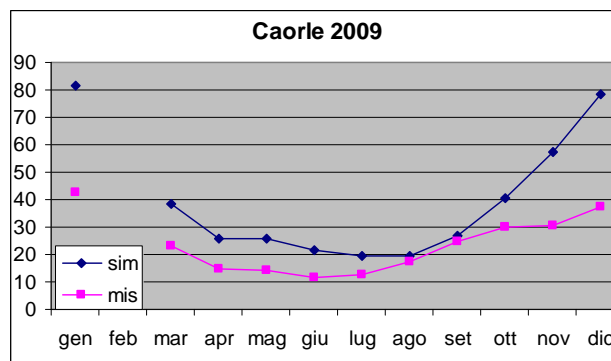
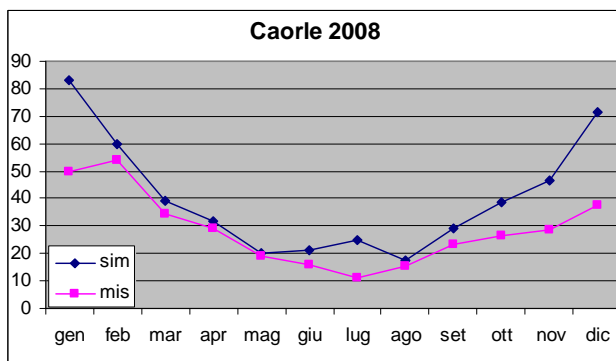
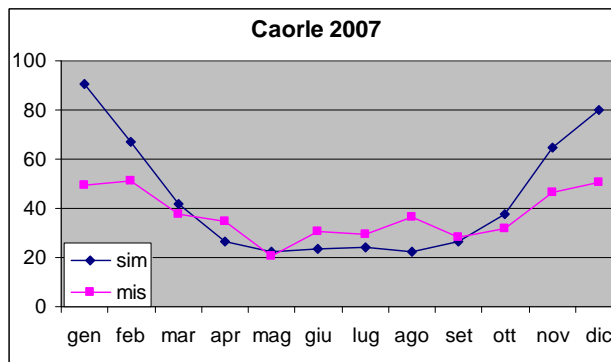
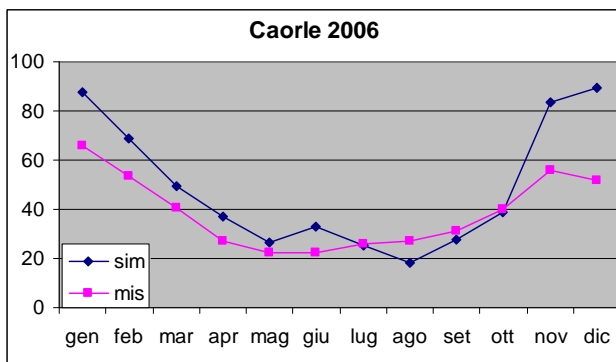
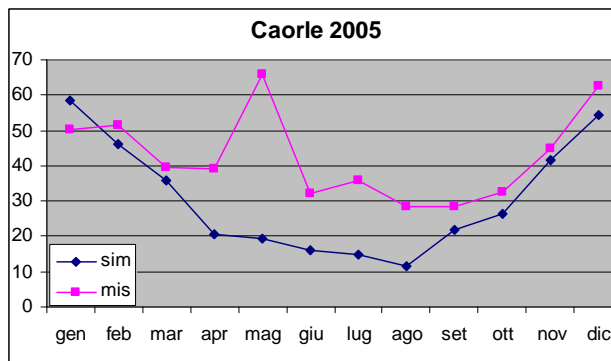


Figura 20 - Medie mensili di NO₂ simulate e misurate a Caorle – stazione di fondo urbano residenziale



Di seguito sono riportati i grafici relativi all'incidenza annuale % delle diverse sorgenti alle concentrazioni simulate in corrispondenza delle stazioni per il PM₁₀ e l'NO₂ (figure 21 e 22). Dagli istogrammi risulta una graduale diminuzione dell'incidenza % del traffico veicolare nel tempo, dovuta principalmente al rinnovo del parco veicolare che ha portato, negli anni, alla circolazione sulle strade di veicoli sempre meno impattanti.

Figura 21 - contributo % dei quattro macrosettori in corrispondenza delle stazioni di monitoraggio della qualità dell'aria – PM₁₀

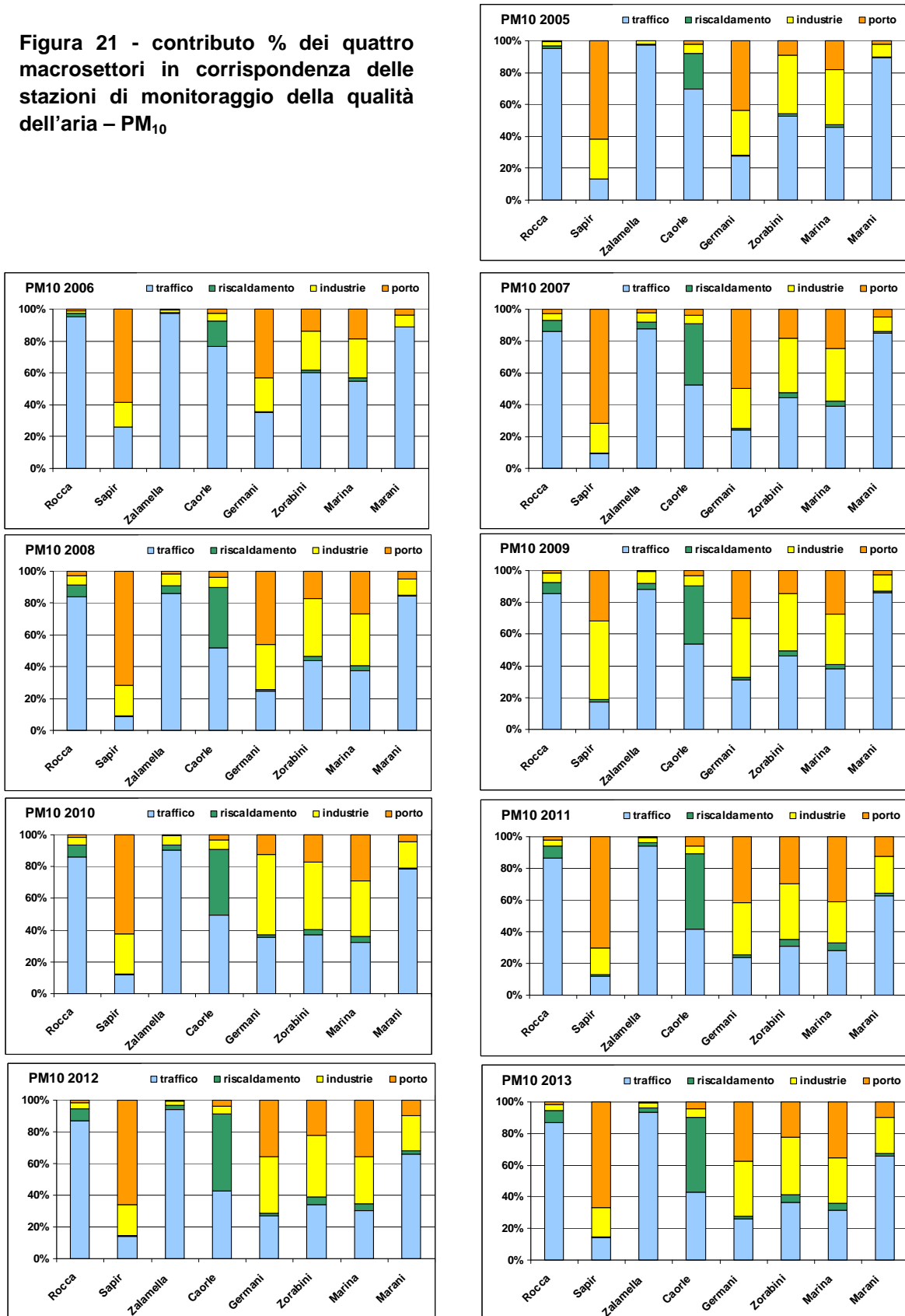
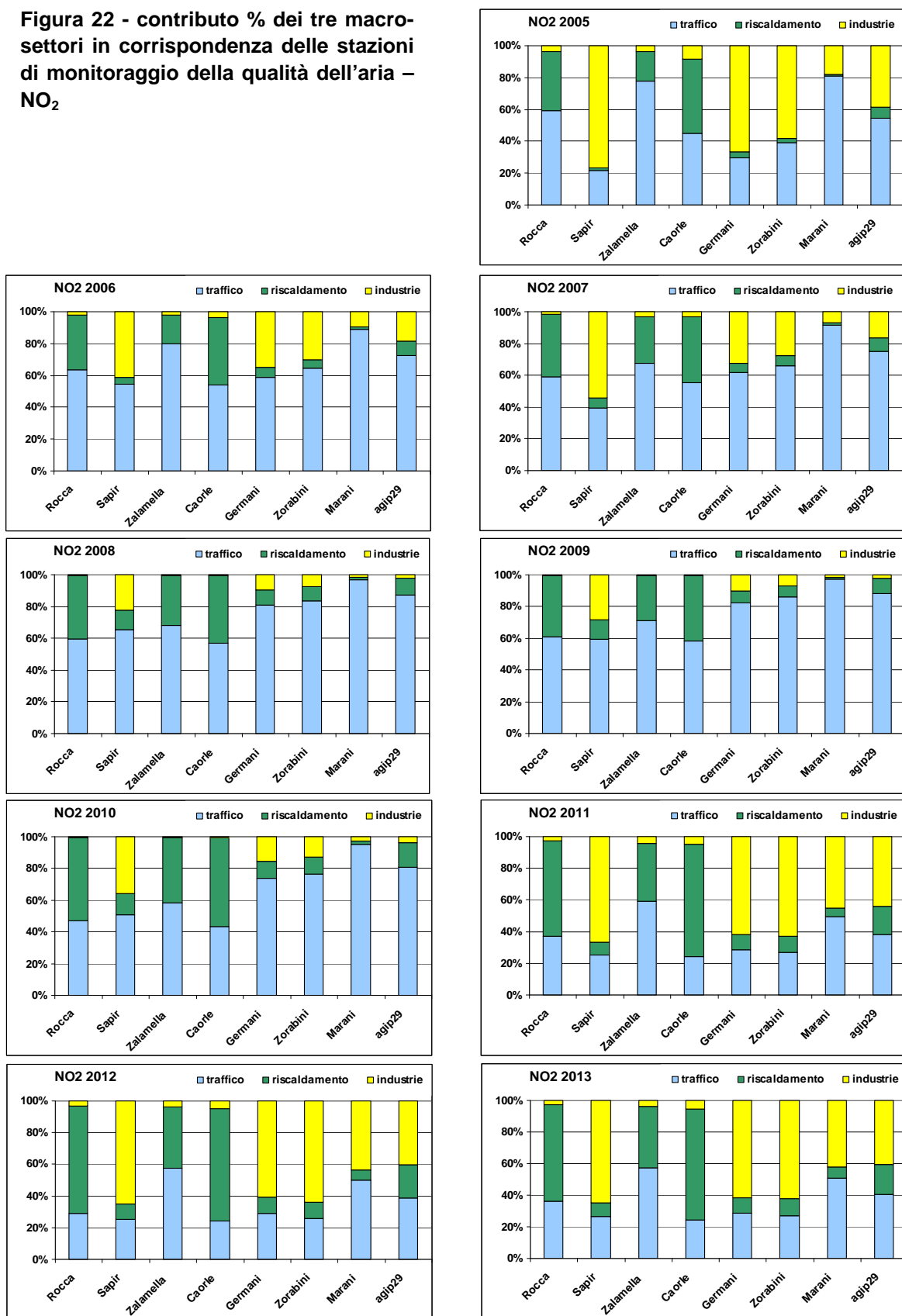


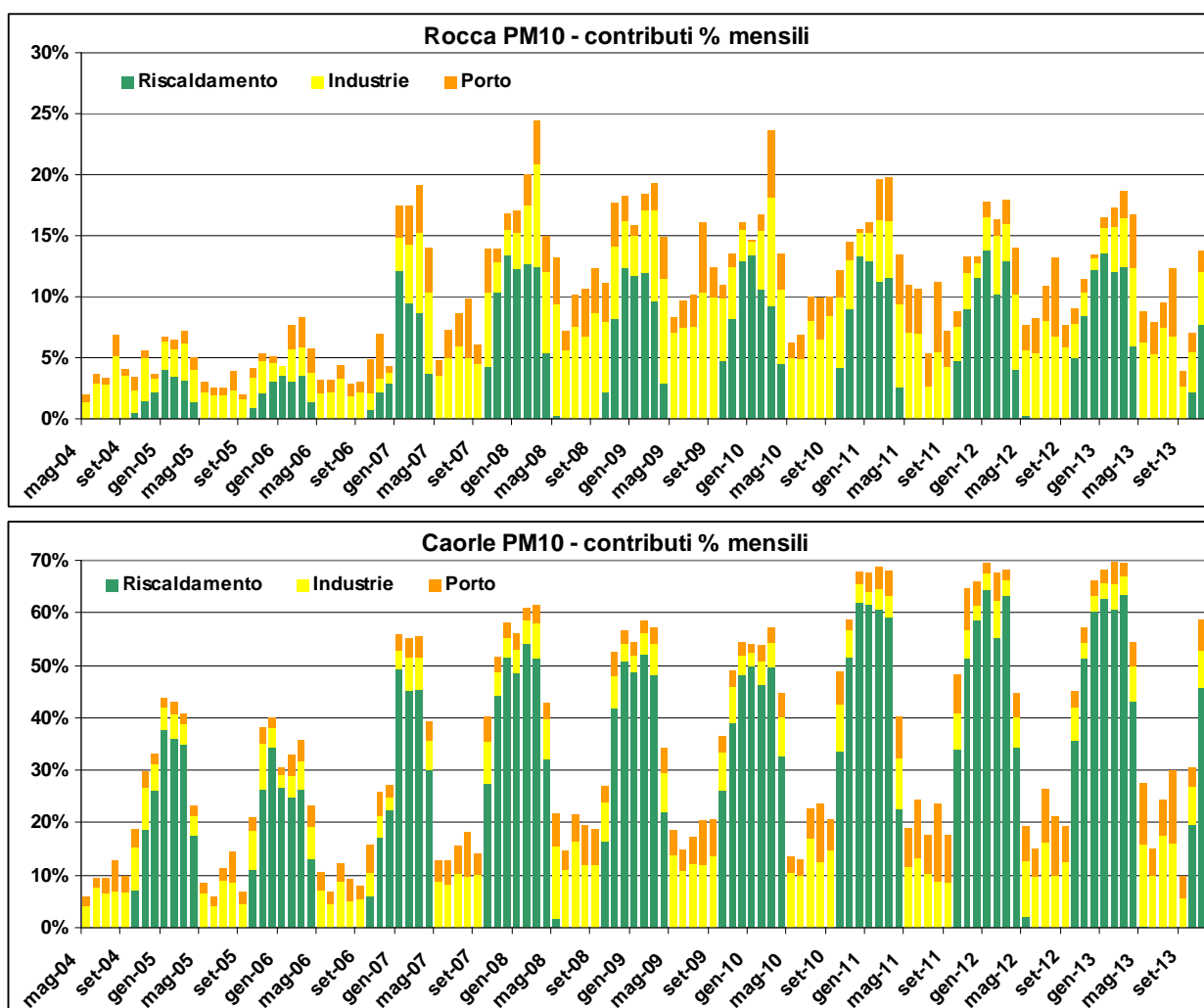
Figura 22 - contributo % dei tre macrosettori in corrispondenza delle stazioni di monitoraggio della qualità dell'aria – NO₂



I contributi percentuali delle macrosorgenti presso le stazioni di monitoraggio sono stati calcolati anche a livello mensile. A titolo esemplificativo di seguito si riportano le elaborazioni relative al PM₁₀ per le stazioni urbane di Rocca e Caorle (figura 23). Nei grafici, per una maggiore chiarezza

espositiva, non sono stati riportati i contributi dati dal traffico, che rappresenta quindi la quota mancante per arrivare al 100%. In entrambe le postazioni appare evidente la stagionalità delle immissioni da riscaldamento domestico e dal porto; i maggiori contributi di quest'ultimo sono decisamente maggiori presso la stazione di Caorle, geograficamente più esposta alle immissioni di questa macrosorgente. Caorle, posizionata in un'area residenziale, risente inoltre in misura decisamente maggiore delle ricadute degli impianti di riscaldamento.

Figura 23 - contributo % mensile dei macrosettori riscaldamento, industrie e porto in corrispondenza delle stazioni di monitoraggio di Rocca e Caorle – PM₁₀



8. ESTENSIONE DELLA “STORICIZZAZIONE” AL PERIODO 1970 – 2000 PER LE EMISSIONI INDUSTRIALI

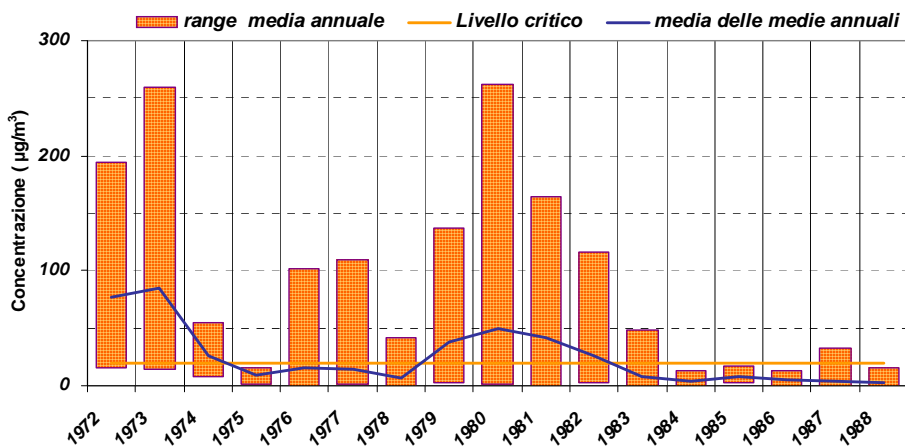
A partire dai primi anni sessanta l'area fra la città e la costa a ridosso del canale Candiano ha avuto un grande sviluppo dal punto di vista industriale, in particolare nei settori della petrolchimica e della chimica di base, influenzando in modo significativo la qualità dell'aria della zona. A metà degli anni '80 erano insediati nella zona: uno stabilimento petrolchimico, una centrale termoelettrica, due raffinerie di petrolio, due cementifici, due aziende produttrici di nerofumo, de aziende produttrici di olio per estrazione con solventi nonché una già intensa attività portuale.

A seguito della progressiva adozione di tecnologie e combustibili sempre meno impattanti, dell'installazione di sistemi di abbattimento delle emissioni e della progressiva dismissione di diver-

si impianti industriali, fra cui quelli facenti capo al settore della petrolchimica, le emissioni industriali sono progressivamente diminuite nel tempo fino ai livelli attuali.

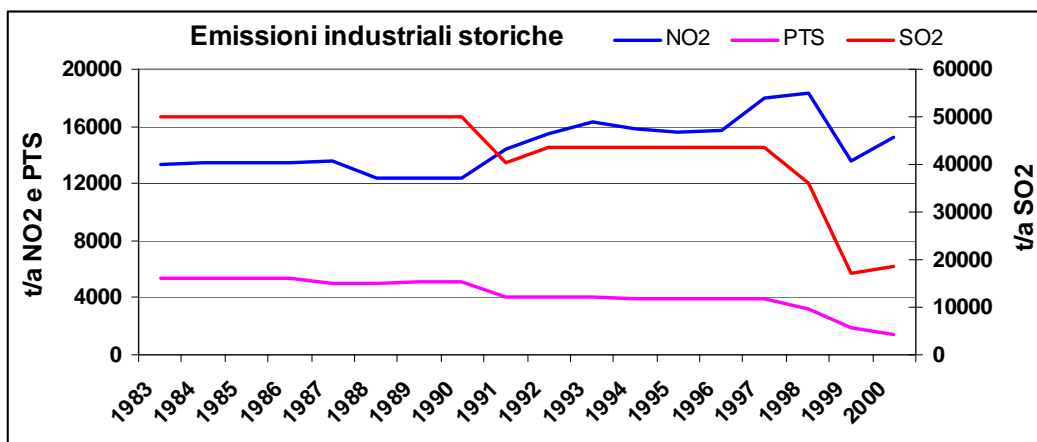
Proprio in virtù della peculiarità dell'area industriale ravennate, fin dai primi anni settanta è stato avviato il monitoraggio in continuo della qualità dell'aria con l'installazione delle prime stazioni di monitoraggio collocate all'intorno dell'area industriale per valutarne le ricadute. Questa prima rete, gestita privatamente dagli industriali, misurava inizialmente le concentrazioni di biossido di zolfo (SO_2), in quegli anni inquinante molto critico perché emesso da tutti i processi di combustione. A titolo esemplificativo si riportano le concentrazioni medie annuali di SO_2 rilevate presso le stazioni della rete dal 1972 al 1988 (figura 24), da cui risulta evidente la criticità di questo inquinante fino alla metà degli anni '80.

Figura 24 - concentrazioni medie annuali di SO_2 presso le stazioni della rete di monitoraggio di Ravenna dal 1972 al 1988



All'interno della linea progettuale LP1 è stato perciò dato rilievo anche alla storia del distretto industriale ravennate, cercando, con le informazioni a disposizione, di descriverne le dinamiche. L'attività di ricerca delle informazioni è stata svolta principalmente all'interno del vecchio archivio della provincia, depositario delle prime autorizzazioni alle emissioni rilasciate dagli organi competenti e risalenti ai primi anni '80. Le informazioni raccolte hanno consentito di caratterizzare, dal punto di vista spaziale e temporale, le principali sorgenti emissive di SO_2 , NO_2 e polveri dell'area industriale, seguendo le autorizzazioni di 21 impianti fino al 2000. In figura 25 sono riportate le variazioni temporali delle emissioni dal 1983 al 2000; significativa la diminuzione di SO_2 e PTS, in particolare dagli inizi degli anni '90.

Figura 25 - emissioni annuali di SO_2 , NO_2 e PTS dal 1983 al 2000



Dagli andamenti temporali dei 3 inquinanti sono stati individuati dei periodi in cui le emissioni non hanno subito variazioni significative; in tabella 7 sono riportati i periodi individuati e le differenze percentuali, in termini emissivi, rispetto al periodo iniziale. Per ognuno di questi intervalli temporali e per gli inquinanti SO₂ ed NO₂, sono state effettuate delle simulazioni con il modello di diffusione, impostando come anno meteorologico il 2006, l'anno, fra quelli utilizzabili per una simulazione modellistica, in cui si sono registrati il maggior numero di ore di calma di vento e presumibilmente più simile alle condizioni climatiche del trentennio 1970 – 2000.

Tabella 8 - emissioni medie dell'area industriale di Ravenna del periodo pre - 2000

Periodo	SO ₂ (t/a)	%	PTS (t/a)	%	Periodo	NO ₂	%
pre – 1990	49940	100%	5388	100%	Pre – 1987	13394	100%
1991 – 1998	42149	84%	3893	72%	1988 – 1990	12393	93%
1999 - 2000	17851	36%	1646	31%	1991 – 1998	16209	121%
					1999 - 2000	14436	108%

I risultati delle simulazioni effettuate sono riportati nelle mappe seguenti (figure 26 e 27).

Figura 26 - immissioni di SO₂ per i periodi considerati – dati meteorologici dell'anno 2006

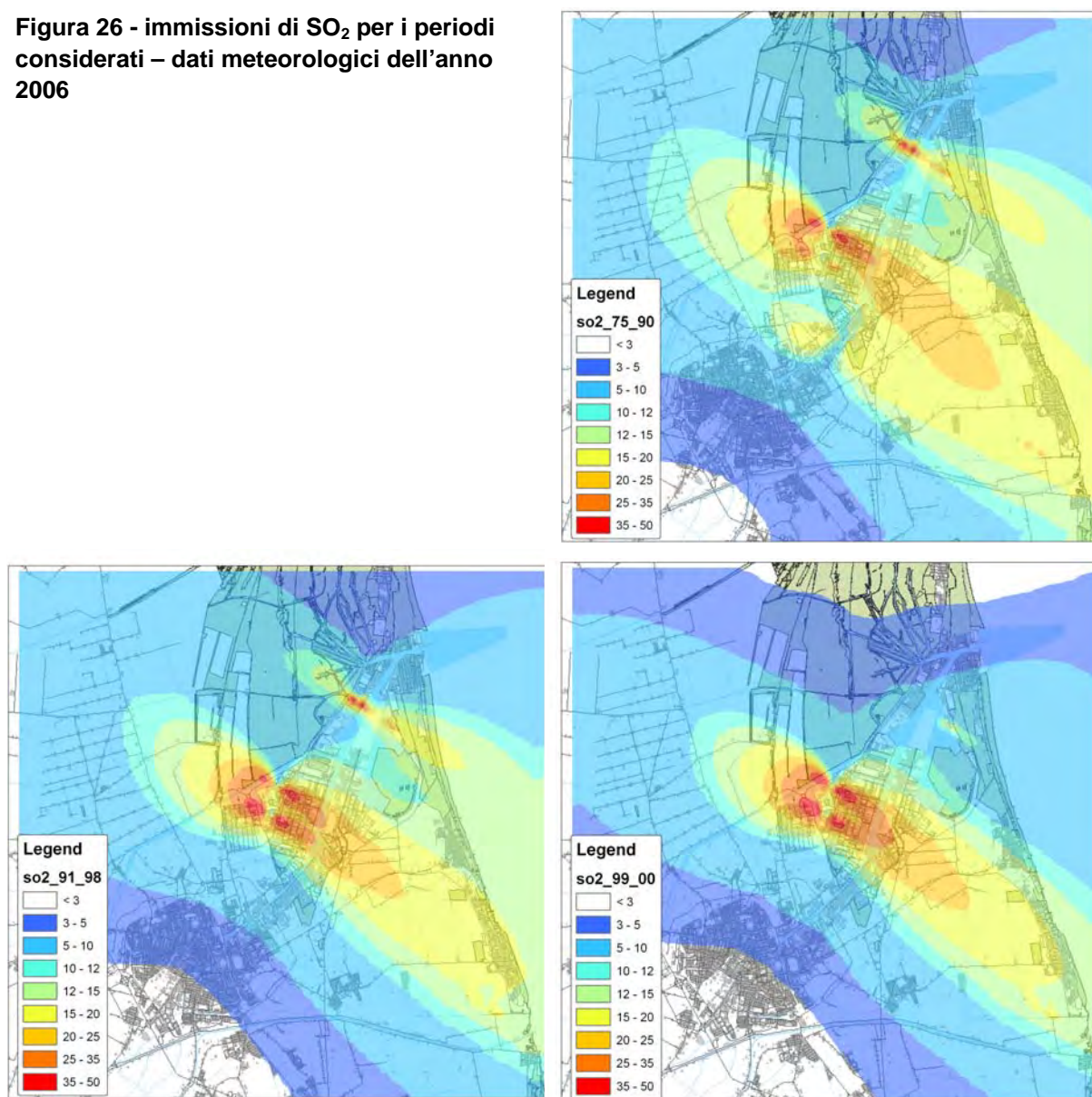
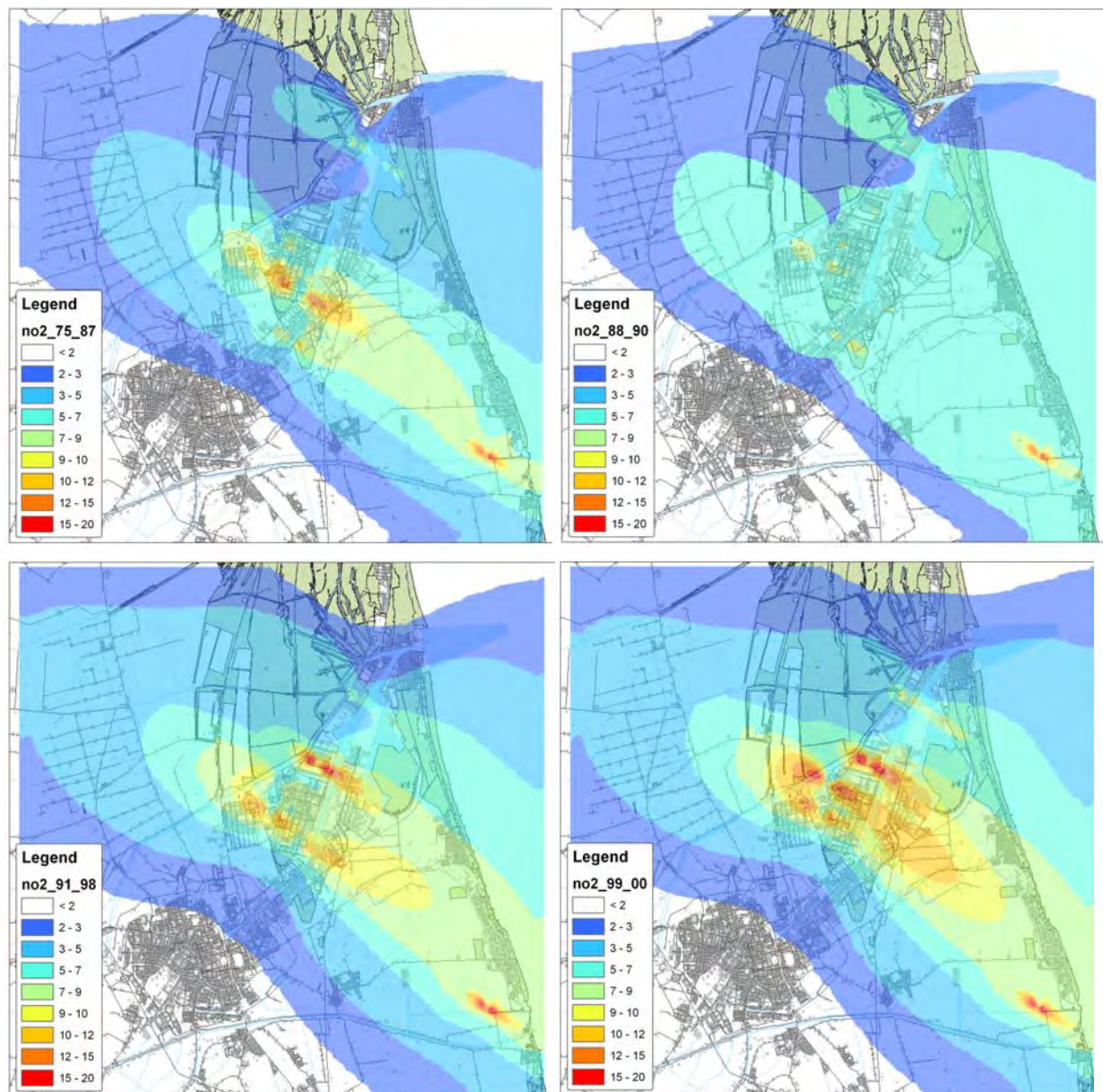


Figura 27- immissioni di NO₂ per i periodi considerati – dati meteorologici dell'anno 2006



Bibliografia

S. Righi, F. Farina, S. Marinello, P. Luciali, E. Pollini - Development and evaluation of emission disaggregation models for the spatial distribution of non-industrial combustion atmospheric pollutants – *Atmospheric Environment* 79 (2013) 85-92

LP2 - CARATTERIZZAZIONE DELLA POPOLAZIONE DAL PUNTO DI VISTA DELL'ESPOSIZIONE

L'esposizione può essere definita, in una delle sue tante accezioni, come contatto fra un agente presente in una matrice ambientale e una superficie del corpo umano [1]. Questa definizione implica una necessità di ricorrere a surrogati dell'esposizione, nell'impossibilità di valutare, per ciascun individuo, l'esposizione reale. Si parla quindi di valutazione dell'esposizione, come il processo di stima o misura della quantità, frequenza e durata dell'esposizione ad un agente, assieme al numero e caratteristiche della popolazione esposta. Idealmente descrive la sorgente, le vie di esposizione, il percorso metabolico e le incertezze nella valutazione [2].

A differenza del contesto lavorativo, caratterizzato da esposizioni legate alle mansioni lavorative e da un contesto spazio-temporale definito, l'inquinamento ambientale è in genere caratterizzato da esposizioni multiple, a basse concentrazioni, con elevata diffusione e variabilità spaziotemporale.

Si distinguono metodi diretti e indiretti di valutazione dell'esposizione. I metodi diretti sono generalmente applicabili solo a popolazioni ristrette; l'utilizzo di metodi indiretti con l'ausilio della modellistica risulta spesso l'unica alternativa percorribile per la valutazione dell'esposizione su aree geografiche ampie con popolazioni numerose.

L'utilizzo di informazioni geografiche per la valutazione dell'esposizione e, più in generale, nella conduzione di studi epidemiologici, sta diventando sempre più frequente, sia in fase di disegno dello studio che di analisi dei dati. La crescente disponibilità di informazioni digitali e lo sviluppo dei sistemi informativi geografici (GIS) permette di analizzare e gestire dati localizzati spazialmente.

L'utilizzo dei dati e modelli ambientali come indicatore indiretto per la valutazione dell'esposizione rappresenta sicuramente un miglioramento della stima rispetto a considerazioni meramente geografiche come la distanza da una fonte. Il contesto geografico risulta essere il più idoneo per integrare informazioni di tipo ambientale con dati socio-demografici per l'attribuzione di valori di esposizione alla popolazione oggetto di indagine epidemiologica.

Si possono identificare tre livelli decisionali importanti nella valutazione dell'esposizione: 1. identificare le modalità di contatto con l'inquinante (inalazione, ingestione ecc.) e i luoghi presso cui i soggetti sono esposti (residenza, luogo di lavoro, scuole e siti sensibili); 2. definire la dimensione temporale di interesse e l'eventuale variabilità dell'esposizione nel tempo; 3. valutare l'intensità dell'esposizione, ovvero le concentrazioni ambientali degli inquinanti di interesse.

La modalità di contatto più frequentemente analizzata è l'inalazione, e la residenza del soggetto viene solitamente assunta come il luogo di riferimento principale per la definizione dell'esposizione. La migliore localizzazione della residenza avviene attraverso la ricerca delle coordinate geografiche del numero civico (*address geocoding*), con un livello di precisione comunque variabile a seconda dello strumento utilizzato.

La dimensione temporale dell'esposizione è funzione dell'effetto sanitario di interesse. Nel caso di associazioni dell'inquinamento con malattie croniche, un valore di media annua è generalmente considerato sufficiente per valutare l'esposizione a lungo termine all'inquinamento atmosferico.

Nel caso di analisi sugli effetti acuti dell'inquinamento, si fa ricorso a serie storiche di dati giornalieri, anche se meno caratterizzate dal punto di vista della distribuzione spaziale.

Per esiti legati a esposizioni di medio periodo, quali la durata della gravidanza, la letteratura recente ha indicato come sia fondamentale considerare contemporaneamente la variabilità spaziale e temporale dell'esposizione residenziale delle madri durante la gravidanza [3].

Studi recenti, effettuati anche nella nostra regione [4-6], hanno dimostrato come l'approccio geografico che tenga conto, attraverso l'uso di modellistica di dispersione degli inquinanti, della variabilità spaziale dell'esposizione, assieme ad una considerazione sull'andamento mensile di queste esposizioni, permetta di ridurre l'errore nella valutazione della corretta esposizione delle madri in studio, a tutto vantaggio della capacità degli studi epidemiologici di evidenziare rischi per la salute di bassa entità, quali sono quelli legati alle esposizioni ambientali.

Partendo da queste considerazioni, e dalla disponibilità (non consueta) di dettagliate informazioni modellistiche sulla variabilità spazio-temporale dell'inquinamento dell'area di Ravenna (e delle sue sorgenti principali – vedi lavoro LP1), all'interno della Linea Progettuale 2 è stata caratterizzata in maniera accurata l'esposizione di 2 diverse coorti: le nascite avvenute nell'area di studio nel periodo 2005-2013, e la popolazione residente nel periodo 2008-2013.

1. COSTRUZIONE DELLE COORTI E GEOREFERENZIAZIONE DELLE RESIDENZE

Dati anagrafici

La popolazione in studio è relativa al dominio di calcolo delle mappe di ricaduta degli inquinanti definito all'interno della LP1. Le persone residenti nel dominio nell'anno 2013 ammontano a 113.193, pari al 71% della popolazione dell'intero Comune di Ravenna.

A partire da questo dominio sono state raccolte le informazioni anagrafiche utili alla caratterizzazione della residenza di tutti i soggetti interessati dallo studio.

Il protocollo di raccolta delle informazioni anagrafiche e di geo-codifica degli indirizzi ha seguito quello del progetto regionale Supersito, tuttora in corso.

Le informazioni su tutte le residenze di ciascun soggetto nel periodo temporale di indagine sono state georeferenziate, associandole alle informazioni geografiche ricavate dai seguenti database di riferimento:

- Database eGeCo (Regione Emilia-Romagna)
- Database pubblici (Google Maps)

Il sistema di riferimento per le coordinate geografiche è stato il sistema regionale (Datum: ED50 Proiezione: UTM-32N modificato - UTM-RER).

Per quanto riguarda il sistema eGeCo, sono stati utilizzati solo gli indirizzi esattamente georeferenziate dal sistema, ovvero quelli individuati a livello di via e civico residenziale (codice 0/0 del sistema regionale, vedi tabella sotto).

Codici eGeCo	Affidabilità
0/0	via e civico esatti
0/1 e 0/2	via esatta , civico assente o incerto
>0/0-1-2	via incerta, civico esatto o incerto
999	via e civico non trovato

Sistema di codifica delle performance del sistema di georeferenziazione regionale eGeCo

Il sistema ha identificato più del 95% degli indirizzi sia per lo studio degli esiti riproduttivi che per quello di popolazione. I rimanenti indirizzi sono stati ricercati con il sistema Google Maps, e nel caso di incertezza sulla corretta localizzazione, scartati dalle analisi.

Dati socioeconomici

Il potenziale confondimento legato ai fattori sociali è stato valutato in maniera differente, a seconda della disponibilità di dati individuali per lo coorti indagate.

Nello studio sugli esiti riproduttivi si dispone di un'informazione individuale particolarmente appropriata per l'analisi del profilo epidemiologico di bambini, ovvero il titolo di studio della madre, ricavato dalla fonte CedAP.

Per lo studio di popolazione, è stata utilizzata la misura di deprivazione calcolata a livello di sezione di censimento (indice di Caranci [7]), ricalibrata sul territorio ravennate.

2. VALUTAZIONE DELL'ESPOSIZIONE PER LO STUDIO SUGLI ESITI RIPRODUTTIVI

Sono stati considerati come appartenenti alla coorte di nascite la popolazione dei nati nel periodo 2005-2013 da madri residenti nel Comune di Ravenna alla data del parto, e residenti nel dominio per tutta la durata della gravidanza. Si è partiti da una base di 7008 nati. Considerazioni relative alla qualità dei dati, agli esiti da considerare e all'impossibilità di georeferenziare l'indirizzo di 117 nati, hanno portato a disporre di un dataset definitivo (su cui si sono condotte le elaborazioni) composto da 6.726 nati.

I fattori di pressione considerati sono stati quelli analizzati dalla LP1, ovvero il traffico veicolare, il riscaldamento domestico, l'industria e il porto. Ognuna di queste fonti è stata caratterizzata dal punto di vista emissivo sotto il profilo spaziale e temporale seguendone l'evoluzione nello spazio (dominio di calcolo) e nel tempo per il periodo 2005 – 2013, in base alla disponibilità di mappe mensili.

Sono state associate ad ogni indirizzo georeferito ciascuna mappa mensile di dispersione degli inquinanti, per ogni singola fonte considerata.

Per ogni fonte è stato definito un inquinante "tracciante" della sorgente, ovvero:

- Traffico veicolare: PM_{10} generato dal traffico veicolare, valutato su circa 1000 archi stradali;
- Riscaldamento domestico: NO_2 generato dagli impianti di riscaldamento domestico;
- Industria: NO_2 relative alle emissioni convogliate di tutti i camini degli impianti autorizzati;
- Porto: PM_{10} da attività di sbarco/imbarco, stoccaggio e movimentazione merci (movimentazione nei pressi dei cumuli e trasporto su gomma) in area portuale.

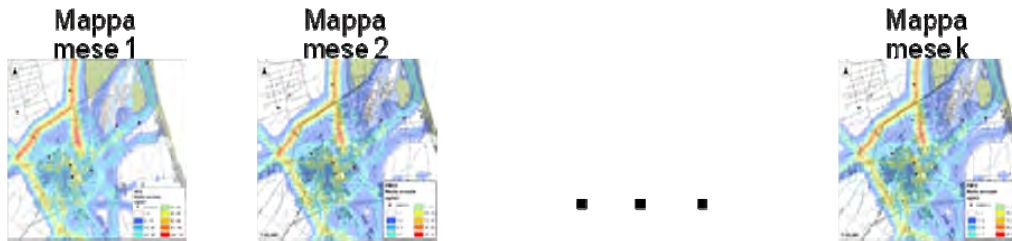
Per le specifiche sulle modalità e le informazioni considerate nella generazione delle mappe di ricaduta si rimanda alla relazione sulla LP1.

In totale sono state considerate quasi 600 mappe di ricaduta in associazione con gli indirizzi delle madri, risultando in un database contenente i valori mensili per ciascuna mappa a livello di ogni indirizzo.

Esempio della produzione in ambiente GIS del database con i valori mensili di ciascuna sorgente, calcolati a livello di civico residenziale

L'esposizione materna è stata calcolata a partire dai dati di concentrazione media mensile al suolo degli inquinanti stimata tramite l'applicazione di un modello di dispersione, ADMS Urban.

Come indicatore di esposizione è stata utilizzata la media dei valori mensili rilevati all'indirizzo per il periodo della gravidanza, pesati opportunamente sugli effettivi giorni di gravidanza di ciascun mese.



Periodo della gravidanza

$$Exp = \frac{\sum_{i=1}^k g_i C_i(x_i, y_i)}{\sum_{i=1}^k g_i}$$

Formula dell'indicatore di esposizione di gravidanza, calcolato pesando i valori mensili di concentrazione residenziale (C_i (x_i, y_i)) sugli effettivi giorni di gravidanza in ciascun mese.

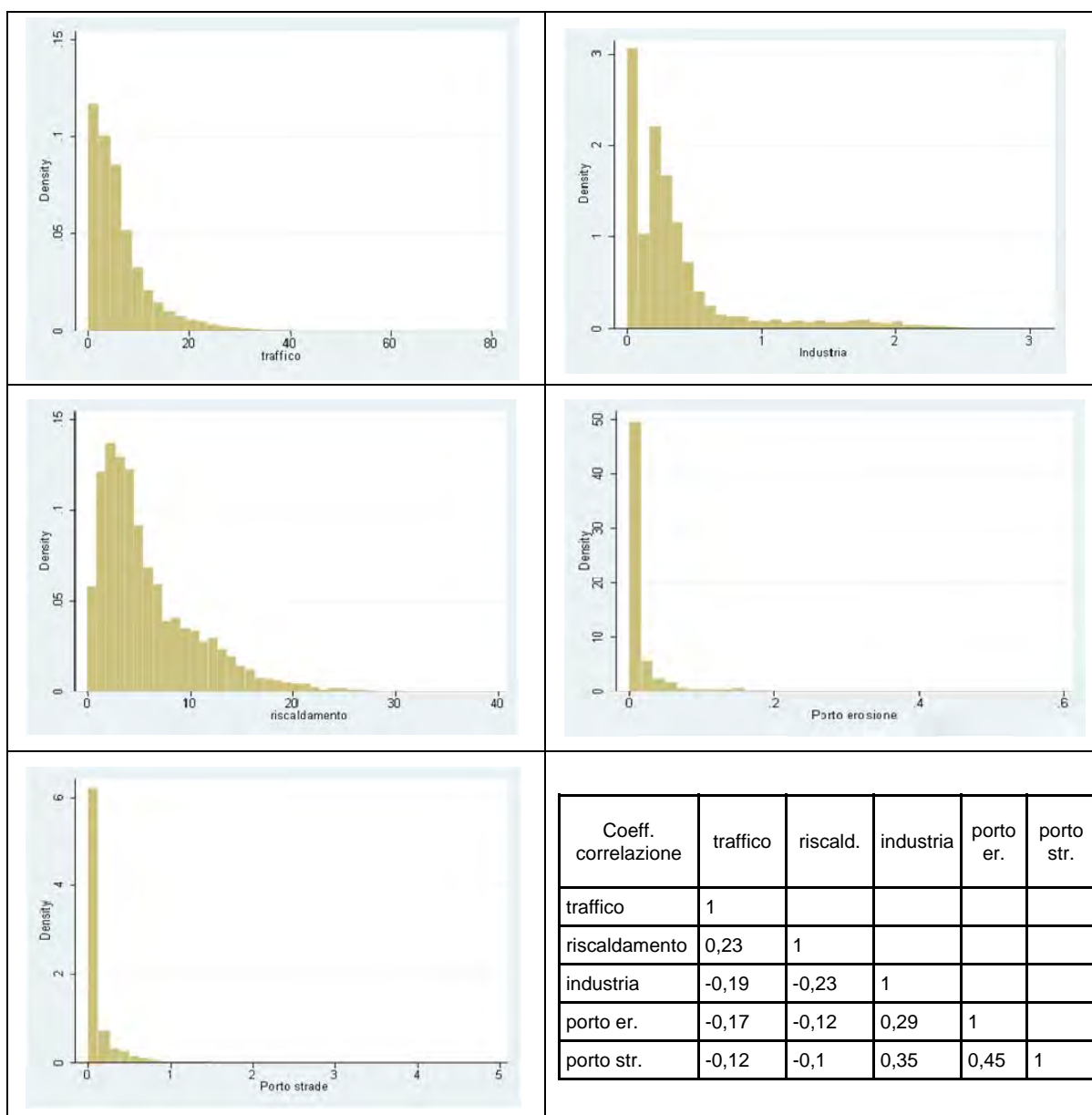
E' stata calcolata l'esposizione media per l'intera gravidanza, assumendo come data del concepimento quella stimata a partire dalla data di nascita ed età gestazionale al momento del parto riportate sul CEDAP.

I risultati delle distribuzioni dei valori di esposizione così costruiti sono riportati nella tabella e negli istogrammi seguenti.

percentili della distribuzione

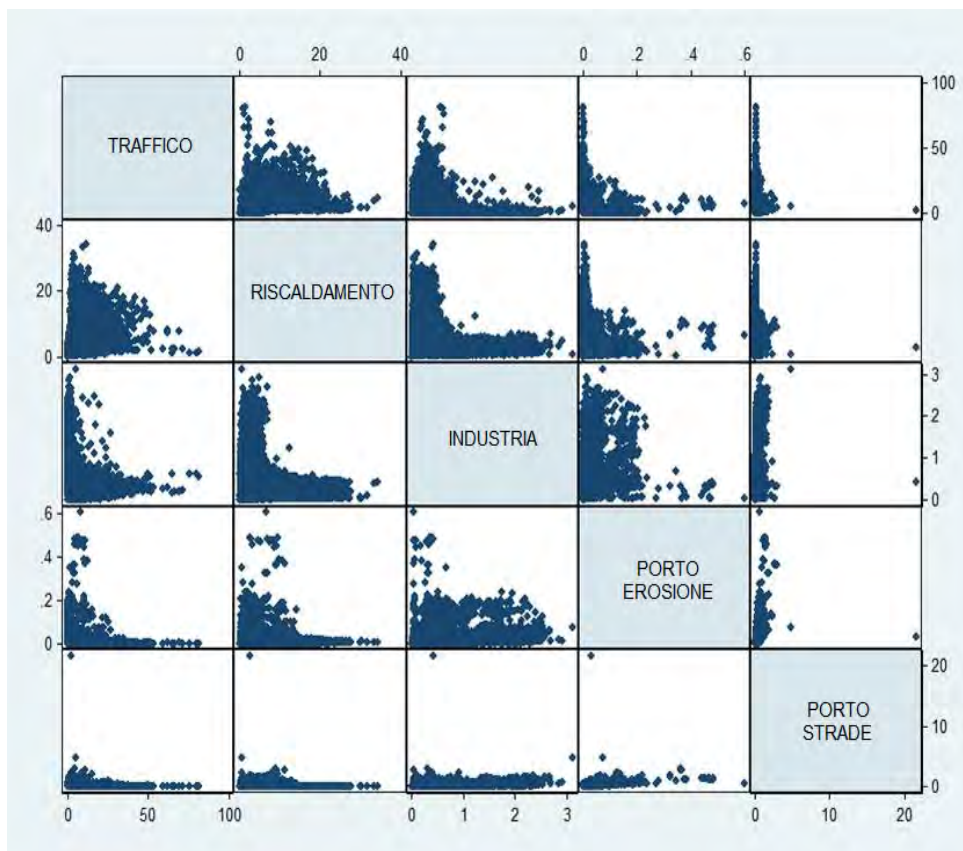
Exp.	p5th	p10	p25	p50	p75	p90	p95	media	dev.st.
traffico	0,48	0,75	2,15	4,64	8,41	14,75	20,5	6,66	7,20
riscaldamento	0,88	1,33	2,43	4,4	8,25	12,81	15,51	5,94	4,83
industria	0,03	0,04	0,08	0,24	0,41	0,92	1,58	0,38	0,46
porto er.	0	0,0002	0,0005	0,0033	0,01	0,04	0,08	0,17	0,41
porto str.	0,01	0,01	0,02	0,04	0,11	0,36	0,56	0,13	0,23

Distribuzioni dei valori di esposizione delle madri durante l'intera gravidanza



Come previsto, gli indicatori di esposizione non sono risultati correlati tra loro, vista la diversa distribuzione dei fattori di pressione sul territorio. Un modesto indice di correlazione si può individuare tra il traffico e il riscaldamento, che condividono lo stesso territorio principale (area urbana e più densamente popolata), seppure con fattori di pressione morfologicamente molto differenti (sorgenti lineari per il traffico contro addensamenti diffusi per il riscaldamento). Peraltro anche dal punto di vista temporale i 2 indicatori presentano pattern sostanzialmente diversi, con una netta stagionalità per l'esposizione al riscaldamento (con valori pari a 0 per i mesi estivi). Le 2 esposizioni dovute alle attività del porto condividono la stessa zona geografica di posizionamento dei fattori di pressione, e presentano una correlazione moderata.

Anche osservando i confronti a 2 a 2 delle distribuzioni dei valori di esposizione, i risultati sono quelli attesi, con alcune zone di sovrapposizione dei valori per alcuni indicatori, ma sostanzialmente comportamenti differenti tra i vari fattori di pressione.



Nelle analisi epidemiologiche è stato scelto di considerare una unica sorgente portuale, come somma delle 2 esposizioni.

3. VALUTAZIONE DELL'ESPOSIZIONE PER LA COORTE RESIDENZIALE

La popolazione in studio si compone di tutti i soggetti residenti, con un indirizzo valido, nell'area di dominio dello studio durante il periodo 1/1/2008 – 31/12/2013. Per ogni anno in studio, è stata osservata la popolazione riportata nell'archivio anagrafico comunale al 30 giugno, indipendentemente dallo stato in vita, con indirizzo di residenza all'interno del dominio di studio. I dati di esposizione si riferiscono quindi all'indirizzo di metà anno.

Per la costruzione della coorte sono stati utilizzati i metodi già adottati all'interno del progetto Supersito. La storia residenziale non è stata però ricostruita, ma analizzata anno per anno in base

alla residenza a metà periodo, come indicato sopra. Le fonti dati utilizzate sono state l'Anagrafe Comunale e il software eGeCo del Servizio Statistica e Informazione Geografica della regione Emilia-Romagna.

Sono state utilizzate per questa analisi le mappe di concentrazione media annua di ciascuna sorgente. Le sorgenti sono state definite in modo analogo a quello fatto all'interno dello studio sugli esiti riproduttivi. Sono state mantenute analoghe scelte anche per quel che riguarda gli inquinanti "traccianti" di ciascuna sorgente.

Per ciascuna fonte e per ogni anno, sono stati individuati due cut-off di concentrazione degli inquinanti, per definire all'interno della popolazione del dominio, il gruppo dei maggiormente esposti da quello dei meno esposti. Nella scelta dei valori di cut-off, si è tenuto conto anche della distribuzione della popolazione in rapporto alla concentrazione degli inquinanti, al fine di assicurare una numerosità adeguata nei due gruppi a confronto.

Operativamente, a partire dai dati di output del modello ADMS fornite dalla LP1 per ogni anno e per ogni fonte, sono stati creati dei file *raster* (immagini) utilizzando il pacchetto R-Geo del software R (metodo utilizzato: IDW – *Inverse Distance Weighting*).

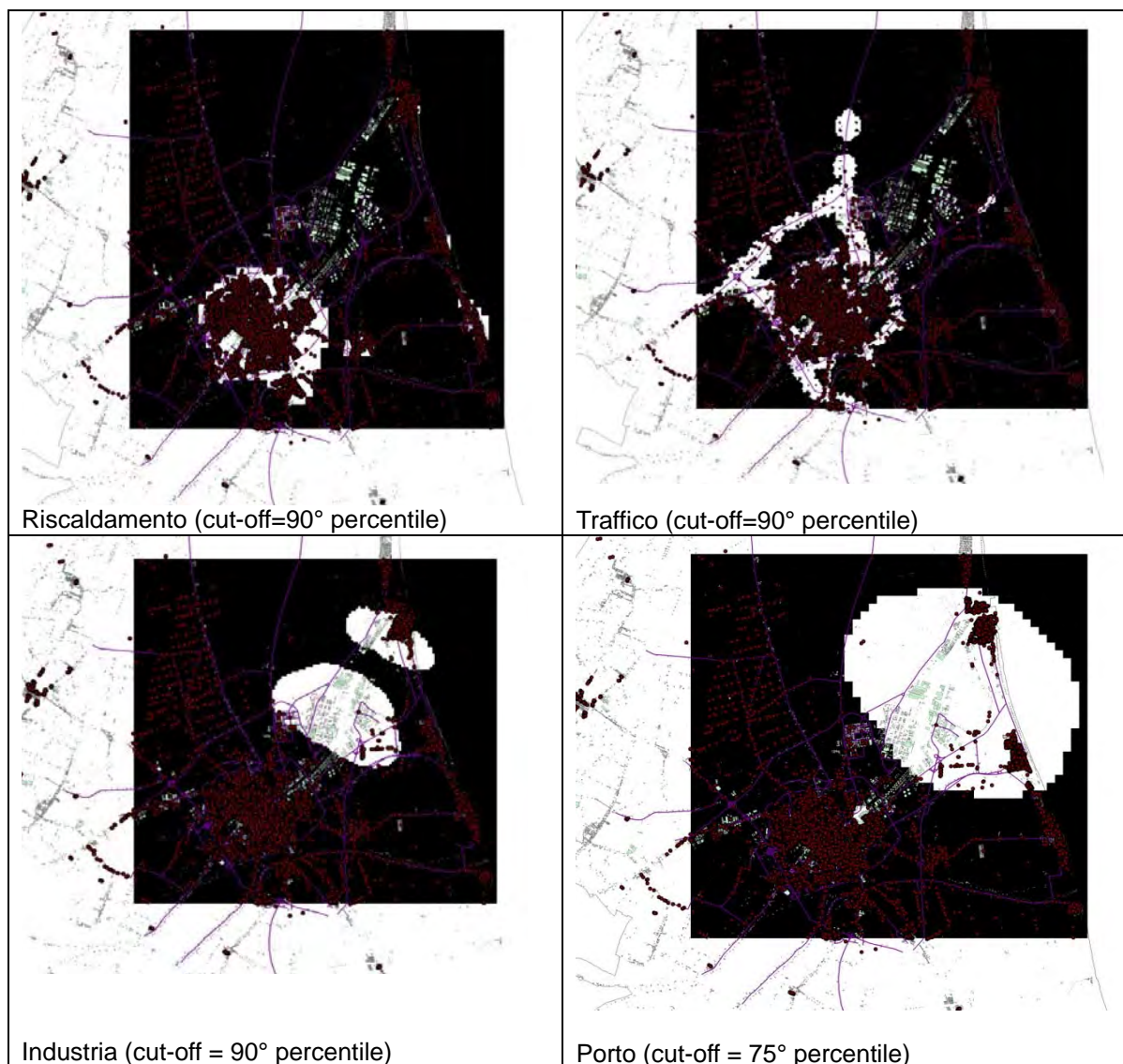
Le immagini *raster* binarie così create sono state importate all'interno del software di gestione GIS e sovrapposte alla geocodifica delle residenze, al fine di definire le popolazioni di esposti e non esposti.

Per le fonti Industria e Porto, un primo criterio ha considerato "Esposti" i residenti in zone con un valore di esposizione superiore al 75-esimo percentile di dispersione dell'inquinante; un secondo criterio, ha considerato come "Non Esposti" solo i residenti con un valore di esposizione inferiore o uguale al 50-esimo percentile di mappa.

Per la fonte Traffico, sono considerati "Esposti" i residenti in zone con un valore di esposizione superiore al 90-esimo percentile; mentre per avere una porzione accettabile di popolazione da considerare come gruppo di riferimento di "Non Esposti", si è considerato come cut-off, l'80-esimo percentile.

Per la fonte Riscaldamento, gli "Esposti" sono i residenti in zone con un valore di esposizione superiore al 90-esimo percentile e "Non Esposti" tutti i restanti. Non è stato possibile applicare il secondo criterio, perché non si sarebbe raggiunta una porzione accettabile di popolazione da considerare come gruppo di riferimento di "Non Esposti". I soggetti le cui residenze, dopo l'applicazione dei criteri, risultavano collocate fuori dai confini della mappa di dispersione, sono stati esclusi dall'analisi.

Le figure seguenti riportano esempi di suddivisione nelle due zone (Esposti e Non Esposti) per ciascuna delle 4 sorgenti considerate, in un anno di analisi e cut-off differenti. Si noti che in questa rappresentazione la sorgente portuale è già considerata unica.



Definizione delle aree di esposti e non esposti in base a differenti cut-off per ogni sorgente considerata

In generale, il modello per la fonte Riscaldamento mostra le concentrazioni più elevate di inquinante (NO_2) in corrispondenza del centro urbano di Ravenna, una dispersione regolare nell'intorno, una larga diffusione verso S-E e delle propaggini verso le frazioni costiere.

Le massime concentrazioni di PM_{10} relative a Traffico si hanno lungo le vie cittadine del centro, ma soprattutto lungo le grandi vie di comunicazione che si sviluppano attorno al centro urbano e che lo collegano al porto e al polo industriale.

Le concentrazioni di NO_2 per Industria sono più elevate in corrispondenza, ovviamente, del polo industriale, ma si osserva una larga diffusione, parte nell'entroterra, direzione N-W, ma soprattutto verso la costa, direzione E-SE, risparmiando il centro urbano.

Il PM_{10} per la fonte Porto si trova alle maggiori concentrazioni in corrispondenza del bacino portuale e in prossimità del polo industriale; una significativa presenza del PM_{10} viene rilevata anche a ridosso del centro urbano, vicino alla parte terminale del canale, sede di attività residue di movimentazione merci negli ultimi anni.

Bibliografia

- [1] Sexton K & Ryan PB (1988) Assessment of human exposure to air pollution: methods, measurements and models. In: Watson A Y et al., ed. Air pollution, the automobile, and public health. Washington, DC: National Academy Press. Sexton & Ryan 1988
- [2] Glossary of Exposure Assessment-Related Terms: A Compilation. IPCS, Nov. 2001
- [3] Proietti E, Delgado-Eckert E, Vienneau D et al. Air pollution modelling for birth cohorts: a time-space regression model. *Environ Health*. 2016; 15: 61.
- [4] Candela S, Ranzi A, Bonvicini L. Air pollution from incinerators and reproductive outcomes: a multisite study. *Epidemiology*. 2013 Nov;24(6):863-70
- [5] Candela S, Bonvicini L, Ranzi A, et al. Exposure to emissions from municipal solid waste incinerators and miscarriages: a multisite study of the MONITER Project. *Environ Int*. 2015 May;78:51-60
- [6] Progetto Monitor: www.arpae.it/monitor
- [7] Caranci N, Biggeri A., Grisotto L., et al. L'indice di deprivazione italiano a livello di sezione di censimento: definizione, descrizione e associazione con la mortalità. *Epidemiologia e Prevenzione*, 2010, Lug-Ago; 34(4): 167-76

LP3 – VALUTAZIONE EPIDEMIOLOGICA DEGLI EFFETTI SULLA SALUTE

A - Inquinamento atmosferico urbano ed effetti sulla salute riproduttiva

Esiti avversi di gravidanza, tra i quali basso peso alla nascita, parti pretermine e nascite molto premature, sono associati ad un maggior rischio di sviluppare malattie, in particolar modo complicazioni di tipo respiratorio, nei neonati che presentano tali esiti [1-2].

Negli ultimi decenni si è sviluppata una attenzione crescente al ruolo dei determinanti ambientali, in particolare modo dell'inquinamento dell'aria, rispetto agli esiti di gravidanza: quest'ultimi, infatti, sono considerati come una possibile espressione dell'effetto delle esposizioni ambientali.

Gli studi che dimostrano una associazione fra inquinamento dell'aria ed esiti avversi di gravidanza (parti pretermine, neonati molto prematuri, basso peso alla nascita a termine, neonati piccoli per età gestazionale) sono numerosi ed in crescita [3-4-5], anche se i risultati sono eterogenei e spesso inconsistenti. Differenze nel tipo di studio epidemiologico, dimensione della popolazione osservata, confondenti determinati dalle caratteristiche delle persone, modalità di misurazione degli inquinanti ambientali e tecniche di assegnazione dell'esposizione, contribuiscono alla variabilità dei risultati ottenuti [6].

L'obiettivo di questo rapporto è quello di valutare la presenza di un'associazione fra l'esposizione ad inquinamento atmosferico (PM₁₀ e NO₂) prodotto dalle fonti principali di inquinamento a Ravenna (traffico, industria, attività portuali, riscaldamento domestico) ed eventi avversi della gravidanza (parti pretermine, basso peso alla nascita a termine, neonati piccoli per età gestazionale), nelle donne residenti nell'area di studio del Comune di Ravenna, nel periodo 01.01.2005 - 31.12.2013.

1. MATERIALI E METODI

Popolazione in studio

La popolazione in studio è costituita dai neonati di madri residenti nel comune di Ravenna alla data del parto e residenti nell'area del dominio per tutto il periodo della gravidanza. Sono stati considerati tutti i nati nel periodo 01.01.2005 - 31.12.2013: in totale n. 7.008 nati.

Le informazioni relative ai nati - inclusi indirizzi di residenza, data di nascita e nazionalità - sono stati forniti dall'Ufficio Anagrafe Comunale di Ravenna. Tutti gli indirizzi sono stati georeferenziati.

Le informazioni relative alla madre, alla gravidanza e al parto, sono state ricavate con una procedura di record-linkage individuale dall'archivio dei certificati di assistenza al parto (CedAP) che registra tutte le nascite avvenute in Emilia-Romagna; l'archivio non dispone della mobilità extra-regionale, per cui lo studio non comprende i nati fuori regione.

Per tutti gli eventi riproduttivi oggetto di studio vengono esclusi i nati da fecondazione assistita (20; 0.3 %) e i gemelli (145; 2.1%).

Non è stato possibile georeferenziare l'indirizzo di 117 nati, che pertanto sono stati esclusi dalle analisi sugli esiti.

Il dataset definitivo su cui si sono condotte le elaborazioni è composto da 6.726 nati.

Definizione degli esiti

Sono state prese in considerazione le seguenti condizioni:

- a. parti pretermine (bambini nati prima delle 37 settimane di gestazione)

- b. basso peso alla nascita a termine: nati a termine (≥ 37 settimane) con peso < 2.500 grammi
- c. neonati piccoli per età gestazionale SGA - Small for Gestational Age - il cui peso in grammi è inferiore al 10° percentile riferito alla settimana di gestazione e al genere.

Per l'analisi dei parti pretermine e neonati SGA è stato utilizzato l'intero dataset; per l'esito basso peso sono stati esclusi i nati pretermine.

Caratteristiche della madre e del neonato

Sono state considerate le variabili socio-demografiche della madre potenzialmente correlate agli eventi in studio se disponibili nel data base CedAP, In particolare sono state considerate: età, nazione di origine e titolo di studio della madre, ordine di gravidanza.

Non è stato possibile utilizzare l'informazione sull'abitudine al fumo, notoriamente associato con alcuni degli eventi considerati (basso peso e prematurità), presente nelle schede CedAP a partire dal 2007, a causa della scarsa qualità del dato.

Nell'analisi statistica è stata presa in considerazione anche la condizione socio-economica, ricavata attraverso l'Indice di Deprivazione, misura composita costruita come combinazione di diversi indicatori indipendenti di privazione socio economica a livello di popolazioni residenti in aree geografiche [7]. Calcolato per l'intero territorio nazionale a partire dai dati censuari del 2001, è stato ai fini dello studio ricalibrato per il Comune di Ravenna assegnando un valore dell'indice a ciascuna sezione di censimento.

Sono, inoltre, stati ricercati eventuali ricoveri della madre nei 3 anni precedenti il periodo presunto di concepimento, per evidenziare eventuali patologie preesistenti.

Esposizione

Si precisa in questa sede che l'effetto della fonte Riscaldamento sugli esiti in studio, è stato indagato suddividendo i parti per trimestre di nascita e considerando solo i nati nei mesi gennaio-settembre. Le donne che hanno partorito nel trimestre ottobre/dicembre sono, infatti, meno esposte ad inquinamento da riscaldamento, poiché gran parte della loro gravidanza è avvenuta in estate; quanto più è breve la gravidanza per i nati in questo trimestre, tanto più diminuiscono i mesi di esposizione a Riscaldamento.

I nati pretermine di questi mesi hanno, pertanto, un'elevata probabilità di essere collocati nelle classi di esposizione più basse. (le Tabelle A1 e A2 in appendice mostrano motivazioni e risultati dell'esclusione)

Relativamente a ciascuna fonte, gli inquinanti PM_{10} e NO_2 sono stati classificati in modo categorico dividendo le donne in studio in quattro classi numericamente omogenee. Più precisamente: data la distribuzione del valore di concentrazione di inquinante per ciascuna fonte, si è determinato qual è il valore a cui corrisponde il primo quarto (25%) di osservazioni, il secondo, e così via; ogni quartile comprende poco meno di 1700 madri.

Metodi statistici

È stata valutata la distribuzione delle caratteristiche materne sia in rapporto a ciascun livello di esposizione (quartili) delle diverse fonti che ai diversi esiti di gravidanza.

Il grado di associazione tra esiti e caratteristiche materne e di esposizione è stato misurato con il test statistico chi quadrato.

Per gli eventi Nascite pretermine, Nati a termine con basso peso, sono stati calcolati, secondo la procedura statistica della Standardizzazione indiretta, i Rapporti Standardizzati di Prevalenza (RS), per età e nazionalità della madre, tra eventi osservati e quelli attesi, utilizzando come riferimento per il calcolo dei valori attesi i tassi annuali degli eventi occorsi nella popolazione dell'Emilia-Romagna durante il periodo 2007-2010, presa come standard di riferimento. Poiché i tassi regionali comprendono tutti i nati, la nostra analisi è stata condotta considerando anche i nati da parti gemellari e da procreazione assistita.

Per SGA non è stato possibile procedere al calcolo di RS in quanto non è un evento valutato dal sistema CedAP Emilia-Romagna, fonte dei dati relativi a madre, gravidanza e parto, per cui non si dispone dei relativi tassi regionali per la standardizzazione.

Una prima analisi ha riguardato la valutazione dell'associazione tra inquinamento generale e esiti riproduttivi nell'area di studio, considerando cioè un indicatore di inquinamento complessivo di tutte le fonti. Sono stati considerati come traccianti sia il PM₁₀ che l'NO₂.

L'associazione tra gli esiti riproduttivi e i quartili di esposizione a ciascuna fonte è stata misurata utilizzando modelli regressione logistica multivariata per la stima degli Odds Ratio (OR) e relativi Intervalli di Confidenza al 95% (I.C. 95%), correggendo per le caratteristiche materne, socio-demografiche e sanitarie, e di esposizione alle diverse fonti; è stato, inoltre, eseguito un test per i trend. Dal momento che le due variabili Porto e Industria presentano una buona collinearità e circa il 60% delle donne risulta massimamente esposta a entrambe le fonti ci si trova nella condizione per cui un modello multifonte come quello usato può portare ad associazioni spurie. Quindi si sono valutate separatamente le due variabili costruendo due modelli, uno per la sola industria e uno per il solo porto, ottenendo risultati sovrapponibili al modello completo. Si è quindi proceduto a costruire un'altra variabile che tiene conto della esposizione congiunta a porto e industria. Essendo in presenza di traccianti diversi (NO₂ per industria e PM₁₀ per porto) si è potuto agire solo con variabili categoriche. Sono state così individuate le madri non esposte ai massimi livelli di porto e industria e queste sono state confrontate con tre gruppi: madri esposte a massimo livello di porto e industria, madri esposte solo al massimo livello di industria e madri esposte solo al massimo livello di porto.

2. RISULTATI

Descrizione delle principali caratteristiche materne e degli esiti in relazione ai livelli di esposizione alle fonti di inquinamento atmosferico [Tabb. 1a-d].

Una prima analisi si è soffermata sul confronto, in base alle caratteristiche demografiche e sanitarie, tra la popolazione entrata in studio e quella esclusa, dalla quale non sono emerse differenze rilevanti (dati non pubblicati). Le tabelle [1a, b, c, d] mostrano le principali caratteristiche della popolazione in studio e la prevalenza degli esiti osservati in rapporto ai quartili di esposizione a ciascuna fonte.

In relazione alla diversi fonti di inquinanti (traffico, riscaldamento, industria, porto), la distribuzione delle caratteristiche delle donne osservate (età, cittadinanza, titolo di studio e indice di deprivazione) non appare omogenea nei diversi quartili di esposizione.

Per la fonte Traffico veicolare la percentuale di donne di età giovane (20-34 anni) si riduce spostandosi dal quartile 1 (67,8%) al quartile 4 (61,7%). Le caratteristiche che descrivono condizioni socioeconomiche svantaggiate evidenziano lo stesso andamento: cittadinanza straniera dal 27,1% al 15,5%; basso titolo di studio dal 35,0% al 20,4%; indice di deprivazione dal 48,0% al 12,7%. [Tab 1a]

Andamento opposto si osserva per le medesime caratteristiche relativamente alle fonti Industria e Porto [Tab 1c e 1d], con un marcato aumento delle percentuali di donne giovani, straniere e svantaggiate passando dal livello più basso a quello più alto di esposizione.

Per quanto riguarda la fonte Riscaldamento la percentuale di donne in età giovane, con basso titolo di studio e con alto indice di deprivazione diminuisce dal quartile 1 al quartile 4, in analogia con quanto accade per il traffico; al contrario la percentuale di donne straniere aumenta con il crescere del livello di esposizione [Tab 1b].

L'analisi univariata non evidenzia differenze tra le prevalenze degli esiti in studio tra i livelli di esposizione alle diverse fonti.

Esiti in studio: confronto tra territori in studi e Regione, Rapporti Standardizzati di Prevalenza alla Nascita [Tab. 2].

Il calcolo dei Rapporti Standardizzati (RS) di Prevalenza alla Nascita, effettuato su tutti i nati compresi i gemelli e i nati da fecondazione assistita, non evidenzia differenze tra i dati sugli esiti osservati nel territorio in studio e i dati medi regionali.

Analisi degli esiti in studio in relazione alle caratteristiche materne [Tab. 3].

I risultati di precedenti studi indicano l'esistenza di un'associazione tra esiti avversi della gravidanza e alcune caratteristiche materne.

Nel nostro studio l'età elevata della madre risulta associata all'esito Nascite pretermine, mentre la condizione di donna primipara si associa agli esiti SGA e nati a termine di basso peso. Si osserva inoltre un'associazione tra SGA e le variabili materne cittadinanza e precedenti ricoveri.

Analisi Multivariata degli esiti in relazione all'esposizione ambientale [Tabb. 4-6].

L'analisi dell'associazione tra inquinamento generale e esiti riproduttivi nell'area di studio, considerando cioè un indicatore di inquinamento complessivo di tutte le fonti, ha mostrato deboli associazioni tra nascite pretermine e basso peso con il quartile più alto di esposizione sia a PM₁₀ che a NO₂ (dati non riportati). Ovviamente questi indicatori risentono dei fattori di pressione quantitativamente prevalenti nell'area, ovvero il traffico veicolare e, in misura minore, riscaldamento domestico.

La tabella 4 riporta i risultati ottenuti nello studio dell'associazione fra i livelli di esposizione agli inquinanti da Traffico veicolare, Industria, Porto e Riscaldamento (solo nati nei mesi gennaio-settembre) mediante un modello multivariato costruito per correggere l'influenza delle diverse fonti di inquinamento e delle caratteristiche materne sugli esiti in studio: età, titolo studio, parità, precedenti ricoveri, indice deprivazione.

La fonte Traffico evidenzia per tutti gli esiti considerati valori degli OR sempre maggiori di 1, senza tuttavia raggiungere la significatività statistica, con un trend in crescita all'aumentare dei livelli di esposizione.

L'esposizione a Riscaldamento non appare associata con alcuno degli esiti considerati.

Per quanto riguarda la fonte Porto si evidenzia per l'esito Nascite pretermine un valore di OR superiore a 1 per il livello più alto di esposizione, (O.R. = 1,20; IC 95% 0,86-1,68).

Un risultato inaspettato si ottiene per la fonte Industria, che sembra determinare un effetto apparentemente protettivo al crescere dei livelli di esposizione, con valori di OR minori di 1, per gli esiti Nascite pretermine e Basso peso alla nascita.

Come già detto, le due variabili porto e industria presentano una buona collinearità e circa il 60% delle donne risultano massimamente esposte a entrambe le fonti. Si è quindi proceduto a valutare l'esito Nati pretermine anche in relazione alla variabile categorica costruita raggruppando le madri in 4 categorie: non esposte ai massimi livelli di porto e industria; madri esposte a massimo livello di porto e industria; madri esposte solo al massimo livello di industria e madri esposte al massimo livello di porto. In Tab 5 sono presentate le prevalenze di nascite pretermine in relazione a questa variabile categorica. Nelle madri esposte a sola industria la prevalenza è più bassa di quella del gruppo di confronto (3,50% versus 5,88%), nelle madri esposte solo a porto la prevalenza è più alta (7,26% versus 5,88%) e nelle madri esposte a entrambe le fonti la prevalenza appare non dissimile da quella del gruppo di confronto (6,07% versus 5,88%). In Tab 6 si vede che anche questa nuova variabile conferma un effetto apparente protettivo dell'industria e un O.R. maggiore di 1 per le donne esposte al solo porto; quando si considerano invece le donne massimamente esposte sia a porto che industria non si evidenzia alcun rischio aggiuntivo rispetto al riferimento.

3. DISCUSSIONE

Lo studio ha indagato i possibili esiti avversi della gravidanza (nati pretermine, piccoli per età gestazionale – SGA, basso peso nei nati a termine) in relazione alle principali fonti di inquinamento presenti a Ravenna: Traffico, Industrie, Riscaldamento e presenza del Porto.

È stato dapprima effettuato un confronto con i tassi regionali di Nati pretermine e a Basso peso a termine, eventi per i quali sono disponibili tassi di riferimento, e non sono state evidenziate differenze significative tra i dati rilevati e la media regionale (Tab 2).

E' stata poi effettuata la valutazione della distribuzione delle caratteristiche materne e della prevalenza degli esiti in esame in relazione all'esposizione crescente a ciascuna fonte inquinante (Tab 1a-1c) e l'analisi dell'associazione tra caratteristiche materne ed esiti in studio (Tab 3). Di fatto l'età materna risulta associata con la prematurità; l'ordine di gravidanza e il ricorso a precedenti ricoveri risultano associati con i nati SGA, confermando rilievi già noti [8, 9, 10, 11]. La condizione socio-economica, indagata sia con il titolo di studio materno che con l'indice di deprivazione a livello di sezione di censimento, non è invece risultata associata con alcun esito avverso, contrariamente a quanto segnalato da alcuni precedenti studi [12, 13].

E' stata quindi effettuata un'analisi multivariata in cui, per ciascun esito, è stata confrontata l'occorrenza degli eventi in relazione ai livelli crescenti di esposizione a ciascuna fonte, assumendo come riferimento la classe a minore esposizione (Tab 4). Le caratteristiche materne esaminate sono state introdotte nell'analisi come fattori di aggiustamento. Inoltre l'esposizione a ciascuna fonte inquinante è stata corretta per l'esposizione alle altre fonti, in modo da valutare la possibile associazione tra ogni specifico fattore ed eventi avversi, al netto delle altre esposizioni ambientali.

Questa analisi ha evidenziato un'associazione tra il livello più alto di esposizione all'inquinamento del Porto e l'esito Nascite pretermine.

Per quanto riguarda l'esposizione a traffico veicolare i dati suggeriscono un'associazione tra questa esposizione e i tre esiti esaminati; questa associazione si configura con livelli di O.R. crescenti al crescere dell'esposizione, ma non si raggiunge la significatività statistica.

Il risultato dell'esposizione a traffico è coerente con i risultati di due studi recenti [14, 15, 16].

In particolare, Wu J. Et al. [15] hanno evidenziato un'associazione tra inquinamento atmosferico da traffico ed esiti negativi della gravidanza (preeclampsia, nascite pretermine, nascite molto premature) indipendentemente dai metodi utilizzati per stimare l'esposizione materna (stazioni di monitoraggio ambientale, modelli LUR, valutazione della densità di traffico veicolare, modelli di dispersione degli inquinanti atmosferici).

Non si rileva invece alcuna associazione tra gli esiti in studio e l'esposizione agli inquinanti da Riscaldamento, mentre l'esposizione a Industria sembra avere un effetto protettivo sugli esiti Nati pretermine e Basso peso nei nati a termine. (Tab 4). Per individuare possibili motivazioni di questo aspetto apparentemente paradossale sono stati effettuati quindi ulteriori approfondimenti.

In relazione alle specificità della città (Porto e Industria), come evidenziato dalle mappe di dispersione (Figg. 1-4) i livelli più elevati di esposizione alla sola Industria si rilevano prevalentemente in aree extraurbane; la maggior parte della casistica analizzata riguarda madri esposte contemporaneamente a massimi livelli sia da Porto che da Industria. Le due esposizioni risultano pertanto collineari.

Tuttavia anche l'approfondimento condotto per superare i limiti dovuti alla collinearità delle due variabili (Tab 5) mostra che la sola esposizione a Industria non evidenzia alcun eccesso di rischio, ma anzi un suo decremento per l'esito Nati pretermine nelle classi a maggiore esposizione. Quando si considerano le madri esposte a massimi livelli sia di Porto che di Industria non si rilevano associazioni con gli esiti in studio, mentre nel gruppo di soggetti esposti al solo Porto rimane il rischio aumentato di nascite pretermine evidenziato anche con il modello di regressione.

Una spiegazione dell'effetto paradosso di decremento di rischio nelle donne massimamente esposte a Industria, risiede nella caratterizzazione geografica dei soggetti esposti a Industria: la distribuzione della popolazione e la meteorologia locale rendono infatti i cittadini di Ravenna mediamente poco esposti a questa fonte nel periodo preso in esame (2005-2013) che tra l'altro è comprensivo del periodo di riduzione dell'attività industriale in conseguenza della crisi economica. L'impatto della crisi è stato invece meno rilevante sull'attività portuale, che non ha registrato flessioni nel periodo considerato.

In particolare le donne poco esposte a Industria, che sono usate come riferimento nella costruzione degli O.R., sono quelle più esposte a traffico che sappiamo essere associato alle nascite pretermine.

Lo studio presentato ha un indubbio punto di forza nell'accuratezza della caratterizzazione dell'esposizione ad inquinamento atmosferico delle madri durante la gravidanza. Il metodo di valutazione dell'esposizione rappresenta un aspetto centrale in tutti gli studi di epidemiologia ambientale, e influenza l'attendibilità delle stime di rischio epidemiologico.

L'enorme e inconsueta disponibilità di informazioni ambientali nell'area di studio ha permesso di caratterizzare l'esposizione non all'inquinamento generale, ma differenziandolo per le diverse sorgenti che insistono sull'area di Ravenna (traffico, industria, riscaldamento, attività portuale). Inoltre, per ciascuna di queste sorgenti, sono state rese disponibili le mappe modellistiche sulla dispersione degli inquinanti al suolo con cadenza mensile, per tutto il periodo di osservazione. La comparazione fra le mappe di media annua e le singole mappe mensili ha evidenziato come usando queste ultime si abbia un miglioramento nella valutazione dell'esposizione per un periodo limitato nel tempo, qual è la gravidanza.

La residenza delle madri durante il periodo di gestazione è stata ricavata dai dati anagrafici, seguendone anche gli eventuali spostamenti di residenza; tutte le residenze sono poi state georeferenziate utilizzando la base dati geografica regionale. Per ciascun periodo di gravidanza è stato così assegnato un valore di esposizione a ciascuna sorgente di inquinamento che teneva conto della residenza della madre in ciascuno dei mesi di gestazione.

Un limite dello studio è che non è stato possibile prendere in considerazione, per indisponibilità del dato, eventuali altri fattori di rischio individuali, come l'abitudine al fumo, eventuali dipendenze e le esposizioni professionali.

La bassa numerosità degli eventi rappresenta un ulteriore limite allo studio. Vi concorrono a determinarla la relativa bassa numerosità della popolazione residente nel territorio in esame, e la brevità del periodo di osservazione (2005-2013), scelta vincolata dalla disponibilità dei dati ambientali.

In conclusione, i risultati ottenuti fanno ritenere che a Ravenna le esposizioni derivanti dal Porto e dal Traffico siano associate a un aumentato rischio di nascite pretermine. In particolare per quanto riguarda l'esposizione a Porto si possono dividere le madri in due gruppi che risultano risiedere in zone diverse dell'area in studio: l'esposizione contemporanea a Porto e Industria, a cui la presente indagine non associa un aumentato numero di nascite pretermine, è caratteristica della zona costiera, mentre le donne esposte al solo Porto (con rischio aumentato per l'esito Nati pretermine) vivono nell'area urbana di Ravenna, a ridosso della parte terminale del porto canale. Questa zona appare quindi critica e su di essa a nostro parere occorre centrare l'attenzione degli Amministratori. Si richiama inoltre la necessità mantenere alta l'attenzione sul tema delle politiche che possono contribuire a ridurre il traffico veicolare.

Bibliografia

- [1] Sonnenschein-van der Voort AM, et al. Preterm birth, infant weight gain, and childhood asthma risk: A meta-analysis of 147,000 European children. *J Allergy Clin Immunol.* 2014)
- [2] Been JV, Lugtenberg MJ, Smets E, van Schayck CP, Kramer BW, et al. (2014) Preterm Birth and Childhood Wheezing Disorders: A Systematic Review and Meta-Analysis. *PLoS Med* 11(1): e1001596. doi:10.1371/journal.pmed.1001596)
- [3] Stieb DM, Chen L, Eshoul M, Judek S. 2012. Ambient air pollution, birth weight and preterm birth: a systematic review and meta-analysis. *Environ Res* 117:100–111.
- [4] Pedersen M, Giorgis-Allemand L, Bernard C, Aguilera I, Andersen AM, Ballester F, et al. 2013. Ambient air pollution and low birth weight: a European cohort study (ESCAPE). *Lancet Respir Med* 1:695–704.
- [5] Dadvand P, Parker J, Bell ML, Bonzini M, Brauer M, Darrow LA, et al. 2013. Maternal exposure to particulate air pollution and term birth weight: a multi-country evaluation of effect and heterogeneity. *Environ Health Perspect* 121:267–373; doi:10.1289/ehp.1205575.
- [6] Woodruff TJ, Parker JD, Darrow LA, Slama R, Bell ML, Choi H, et al. 2009. Methodological issues in studies of air pollution and reproductive health. *Environ Res* 109:311–320
- [7] Caranci N., et al., “The Italian deprivation index at census block level: definition, description and association with general mortality”, *Epidemiol. Prev.* (2010), 34:167-176
- [8] Preterm Birth: Causes, Consequences, and Prevention. Institute of Medicine (US) Committee on Understanding Premature Birth and Assuring Healthy Outcomes; Behrman RE, Butler AS, editors. Washington (DC): National Academies Press (US); 2007. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK11388/>
- [9] Schempf AH, Branum AM, Lukacs SL, Schoendorf KC. 2007. Maternal age and parity-associated risks of preterm birth: differences by race/ethnicity. *Paediatric and Perinatal Epidemiology*, 21, 34–43
- [10] Miranda LM, Edwards SE, Myers ER, 2011. Birth Outcomes Among Nulliparous vs. Multiparous Women *Public Health Reports*, November–December, 126:797-805
- [11] “Gli effetti degli inceneritori sulla salute, Quaderni di Monitor”, collana di documentazione a cura di Regione Emilia-Romagna e Arpa Emilia-Romagna (2012)
- [12] Moser K., et al. “Social inequalities in low birth weight in England and Wales: trends and implications for future population health”, *J. Epidemiol. Community Health* (2003); 57, 687-691
- [13] Mitchell G., Dorling D. “An environmental justice analysis of British air quality”, *Environ. Plan* (2003) A. (2003), 909-929.
- [14] Ritz B, Wilhelm M, Hoggatt KJ, Ghosh JK. “Ambient air pollution and preterm birth in the environment and pregnancy outcomes study at the University of California, Los Angeles”. *Am J Epidemiol.* 2007;166:1045–1052.
- [15] Wu J, Wilhelm M, Chung J, Ritz B. “Comparing exposure assessment methods for traffic-related air pollution in an adverse pregnancy outcome study”. *Environ Res.* 2011 Jul; 111(5): 685–692.
- [16] Padula AM, Mortimer KM, Ira B. Tager IB, et al. “Traffic-Related Air Pollution and Risk of Preterm Birth in the San Joaquin Valley of California”. *Ann Epidemiol.* 2014 December ; 24(12): 888–95e4.

TABELLE

Tab. 1a - Caratteristiche materne* e livelli di esposizione a traffico veicolare (PM₁₀), 2005-2013.

quartile		Livello esposizione TRAFFICO VEICOLARE (PM ₁₀)				Totale
		1	2	3	4	
PM ₁₀ (µg/m ³)		(0-2,14)	(2,15-4,63)	(4,64-8,41)	(8,42-81,32)	
osservazioni		(n=1.673)	(n=1.682)	(n=1.688)	(n=1.683)	(n=6.726)
Caratteristiche		N. (%)	N. (%)	N. (%)	N. (%)	N. (%)
Età madre						
	< 20	21 (1,3)	16(1,0)	22(1,3)	13(0,8)	72(1,1)
	20-34	1.134 (67,8)	1.012(60,2)	976(57,8)	1.039(61,7)	4.161(61,9)
	35-40	451 (27,0)	578(34,4)	614(36,4)	548(32,6)	2.191(32,6)
	>40	67 (4,0)	76(4,5)	76(4,5)	83(4,9)	302(4,4)
	missing	-	-	-	-	-
<i>Pr = 0.000</i>						
Cittadinanza ^a						
	Italiana	1.219(72,9)	1.313(78,1)	1.365(80,9)	1.423(84,6)	5.320(79,1)
	Straniera	454(27,1)	369(21,9)	323(19,1)	260(15,5)	1.406(20,9)
	missing	-	-	-	-	-
<i>Pr = 0.000</i>						
Titolo studio ^b						
	basso	585(35,0)	380(22,6)	335(19,9)	345(20,4)	1.645(24,5)
	alto	1.088(65,0)	1.302(77,4)	1.353(80,2)	1.338(79,5)	5.081(75,6)
	missing	-	-	-	-	-
<i>Pr = 0.000</i>						
Indice di deprivazione						
	1	199 (11,9)	379 (22,5)	372 (22,0)	428 (25,4)	1.378(20,5)
	2	210(12,6)	337(20,0)	387 (22,9)	377 (22,4)	1.311 (19,5)
	3	237 (14,2)	315(18,7)	280(16,6)	296 (17,6)	1.128 (16,8)
	4	189 (11,3)	319 (19,0)	360 (21,3)	350 (20,1)	1.218(18,1)
	5	803 (48,0)	309 (18,4)	253 (15,0)	214 (12,7)	1.579 (23,5)
	missing	35 (2,1)	23(1,4)	36(2,1)	18 (1,2)	112 (1,7)
<i>Pr = 0.000</i>						
Prima gravidanza						
	sì	843(50,4)	871(51,8)	905(53,6)	964(57,3)	3.583(53,3)
	no	820(49,0)	797(47)	774(46)	709(42)	3.100(46,1)
	missing	10(0,6)	14(0,8)	9(0,5)	10(0,6)	43(0,6)
<i>Pr = 0.004</i>						
Precedenti ricoveri						
	Sì	236 (14,1)	237 (14,1)	249 (14,8)	221(13,1)	943 (14,0)
	No	1.437 (85,9)	1.445 (85,9)	1.439 (85,3)	1.462(86,9)	5.783 (86,0)
<i>Pr = 0.600</i>						
nascite pretermine (<37 settimane)* <i>Pr = 0,918</i>		93 (5,6)	96 (5,7)	103 (6,1)	99 (5,9)	391 (5,8)
Nascite basso peso per età gestazionale(SGA)* <i>Pr = 0,492</i>		194 (11,6)	194 (11,5)	194 (11,5)	218 (13,0)	800 (11,9)
Nascite basso peso (<2.500g) a termine** <i>Pr = 0,864</i>		24 (1,5)	29 (1,8)	28 (1,8)	30 (1,9)	111 (1,8)

* analisi condotte escludendo i gemelli (n=145) e i nati da tecniche di procreazione assistita (n=20)

** analisi condotte escludendo i nati pretermine

^a titolo di studio basso: nessun titolo, licenza elementare, media inferiore - titolo studio alto: licenza media superiore, laurea

^b Cittadinanza italiana: persone con cittadinanza italiana o provenienti da altri Paesi a Sviluppo Avanzato (PSA)

Cittadinanza straniera: persone immigrate da Paesi a Forte Pressione Migratoria (PFPM)

Tab. 1b - Caratteristiche materne* e livelli di esposizione a riscaldamento (NO₂), 2005-2013.

		Livello esposizione RISCALDAMENTO (NO ₂)				
quartile		1	2	3	4	Totale
NO ₂ (µg/m ³)		(0-2,43)	(2,44-4,40)	(4,41-8,24)	(8,25-34,37)	
osservazioni		(n=1.680)	(n=1.677)	(n=1.682)	(n=1.687)	(n=6.726)
Caratteristiche		N. (%)	N. (%)	N. (%)	N. (%)	N. (%)
Età madre						
	< 20	21(1,3)	16(1,0)	17(1,0)	18(1,1)	72(1,1)
	20-34	1.090(64,9)	1.070(63,8)	1.027(61,1)	974(57,7)	4.161(61,9)
	35-40	495(29,5)	515(30,7)	576(34,2)	605(35,9)	2.191(32,6)
	>40	74(4,4)	76(4,5)	62(3,7)	90(5,3)	302(4,5)
	missing	-	-	-	-	-
	<i>Pr = 0.001</i>					
Cittadinanza ^a						
	Italiana	1.368(81,4)	1.348(80,4)	1.324(78,7)	1.280(75,9)	5.320(79,1)
	Straniera	312(18,6)	329(19,6)	358(21,3)	407(24,1)	1.406(20,9)
	missing	-	-	-	-	-
	<i>Pr = 0.000</i>					
Titolo studio ^b						
	basso	467(27,8)	426(25,4)	382(22,7)	370(21,9)	1.645(24,5)
	alto	1.213(72,2)	1.251(74,6)	1.300(77,3)	1.317(78,1)	5.081(75,5)
	missing	-	-	-	-	-
	<i>Pr = 0.000</i>					
Indice di deprivazione						
	1	301 (17,9)	317 (18,9)	382 (22,7)	378(22,4)	1.378(20,5)
	2	326 (19,4)	317(18,9)	310(18,4)	358(21,2)	1.311 (19,5)
	3	310(18,5)	244 (14,6)	263 (15,6)	311(18,4)	1.128 (16,8)
	4	274 (16,3)	298(17,8)	326 (19,4)	320(19,0)	1.218(18,1)
	5	428 (25,5)	444 (26,5)	387 (23,0)	320 (19,0)	1.579 (23,5)
	missing	41 (2,4)	57 (3,4)	14(0,8)	0	112(1,7)
	<i>Pr = 0.000</i>					
Prima gravidanza						
	sì	943(56,1)	889(53,0)	899(53,5)	852(50,5)	3.583(53,3)
	no	727(43,3)	772(46,0)	776(46,1)	825(48,9)	3.100(46,1)
	missing	10(0,6)	16(1,0)	7(0,4)	10(0,6)	43(0,6)
	<i>Pr = 0.022</i>					
Precedenti ricoveri						
	Sì	243 (14,5)	225 (13,4)	227(13,5)	248(14,7)	943 (14,0)
	No	1.437 (85,5)	1.452 (86,6)	1.455(86,5)	1.439(85,3)	5.783 (86,0)
	<i>Pr = 0.612</i>					
nascite pretermine (<37 settimane)* <i>Pr = 0,130</i>		111 (6,6)	89 (5,3)	84 (5,0)	107 (6,3)	391 (5,8)
Nascite basso peso per età gestazionale(SGA)* <i>Pr = 0,449</i>		216 (12,9)	200 (11,9)	186 (11,1)	198 (11,7)	800 (11,9)
Nascite basso peso (<2.500g) a termine** <i>Pr = 0,717</i>		32 (2,0)	28 (1,8)	24 (1,5)	27 (1,7)	111 (1,8)

* analisi condotte escludendo i gemelli (n=145) e i nati da tecniche di procreazione assistita (n=20)

** analisi condotte escludendo i nati pretermine

^a Cittadinanza italiana: persone con cittadinanza italiana o provenienti da altri Paesi a Sviluppo Avanzato (PSA)

Cittadinanza straniera: persone immigrate da Paesi a Forte Pressione Migratoria (PFPM)

^b Titolo di studio basso: nessun titolo, licenza elementare, media inferiore - titolo studio alto: licenza media superiore, laurea

Tab. 1c - Caratteristiche materne* e livelli di esposizione a industria (NO₂), 2005-2013.

		Livello esposizione INDUSTRIA (NO ₂)				
quartile		1	2	3	4	Totale
NO ₂ (µg/m ³)		(0-0,08)	(0,09-0,23)	(0,24-0,40)	(0,41-3,11)	
osservazioni		(n=1.683)	(n=1.678)	(n=1.681)	(n=1.684)	(n=6.726)
Caratteristiche		N. (%)	N. (%)	N. (%)	N. (%)	N. (%)
Età madre						
	< 20	19(1,1)	15(0,9)	23(1,4)	15(0,9)	72(1,1)
	20-34	1.001(59,5)	1.005(59,5)	1.007(59,9)	1.148(68,2)	4.161(61,9)
	35-40	578(34,3)	570(34,0)	585(34,8)	458(27,2)	2.191(32,6)
	>40	85(5,1)	88(5,2)	66(3,9)	63(3,7)	302(4,5)
	missing	-	-	-	-	-
<i>Pr = 0.000</i>						
Cittadinanza ^a						
	Italiana	1.342(79,7)	1.375(81,9)	1.333(79,3)	1.270(75,4)	5.320(79,1)
	Straniera	341(20,3)	303(18,1)	348(20,7)	414(24,6)	1.406(20,9)
	missing	-	-	-	-	-
<i>Pr = 0.000</i>						
Titolo studio ^b						
	basso	377(22,4)	344(20,5)	382(22,7)	542(32,2)	1.645(24,5)
	alto	1.306(77,6)	1.334(79,5)	1.299(77,3)	1.142(67,8)	5.081(75,5)
	missing	-	-	-	-	-
<i>Pr = 0.000</i>						
Indice di deprivazione						
	1	388 (23,1)	335 (20,0)	376 (22,4)	279 (16,6)	1.378(20,5)
	2	389 (23,1)	392 (23,4)	313 (18,6)	217 (12,9)	1.311 (19,5)
	3	299 (17,8)	277 (16,5)	341 (20,3)	211(12,5)	1.128 (16,8)
	4	320 (19,0)	334 (19,9)	303 (18,0)	261 (15,5)	1.218(18,1)
	5	243(14,4)	295 (17,6)	334 (19,9)	707 (42,0)	1579 (23,5)
	missing	44 (2,6)	45(2,7)	14(0,8)	9 (0,5)	112(1,7)
<i>Pr = 0.000</i>						
Prima gravidanza						
	sì	894(53,1)	904(53,8)	929(55,3)	856(50,8)	3.583(53,3)
	no	778(46,2)	768(45,8)	741(44,1)	813(48,3)	3.100(46,1)
	missing	11(0,7)	6 (0,4)	11 (0,7)	15 (0,9)	43(0,6)
<i>Pr = 0.113</i>						
Precedenti ricoveri						
	Sì	227 (13,5)	218 (13,0)	250 (14,9)	248 (14,7)	943 (14,0)
	No	1.456 (86,5)	1.460 (87,0)	1.431 (85,1)	1.436(85,3)	5.783 (86,0)
<i>Pr = 0.311</i>						
nascite pretermine (<37 settimane)* <i>Pr = 0,135</i>		109 (6,5)	109 (6,5)	87 (5,2)	86 (5,1)	391 (5,8)
Nascite basso peso per età gestazionale(SGA)* <i>Pr = 0,996</i>		200 (11,9)	197 (11,7)	202 (12,0)	201 (11,9)	800 (11,9)
Nascite basso peso (<2.500g) a termine** <i>Pr = 0,250</i>		26 (1,7)	36 (2,3)	27 (1,7)	22 (1,4)	111 (1,8)

* analisi condotte escludendo i gemelli (n=145) e i nati da tecniche di procreazione assistita (n=20)

** analisi condotte escludendo i nati pretermine

^a Cittadinanza italiana: persone con cittadinanza italiana o provenienti da altri Paesi a Sviluppo Avanzato (PSA)

Cittadinanza straniera: persone immigrate da Paesi a Forte Pressione Migratoria (PFPM)

^b Titolo di studio basso: nessun titolo, licenza elementare, media inferiore - titolo studio alto: licenza media superiore, laurea

Tab. 1d - Caratteristiche materne* e livelli di esposizione a porto (PM₁₀), 2005-2013.

		Livello esposizione PORTO (PM ₁₀)				
quartile		1	2	3	4	Totale
PM ₁₀ (µg/m ³)		(0-0.01)	(0.02-0.04)	(0.04-0.12)	(0.12-21.69)	
osservazioni		(n=1688)	(n=1.684)	(n=1.679)	(n=1.675)	(n=6.726)
Caratteristiche		N. (%)	N. (%)	N. (%)	N. (%)	N. (%)
Età madre						
	< 20	20 (1,2)	18 (1,1)	14 (0,9)	20 (1,2)	72(1,1)
	20-34	976(57,8)	1.024 (60,8)	1.028 (61,2)	1.133 (67,7)	4.161(61,9)
	35-40	596 (35,3)	564 (33,5)	573 (34,1)	458 (27,3)	2.191(32,6)
	>40	96 (5,7)	78 (4,6)	64 (3,8)	64(3,8)	302(4,5)
	missing	-	-	-	-	-
	<i>Pr = 0.000</i>					
Cittadinanza ^a						
	Italiana	1.452 (86,0)	1.370 (81,4)	1.321 (78,7)	1.177 (70,3)	5.320(79,1)
	Straniera	236 (14,0)	314 (18,6)	358 (21,3)	498 (29,7)	1.406(20,9)
	missing	-	-	-	-	-
	<i>Pr = 0.000</i>					
Titolo studio ^b						
	basso	322 (19,1)	357 (21,2)	381 (22,7)	585 (34,9)	1.645(24,5)
	alto	1.366 (80,9)	1.327 (78,8)	1.298 (77,3)	1.090 (65,1)	5.081(75,5)
	missing	-	-	-	-	-
	<i>Pr = 0.000</i>					
Indice di deprivazione						
	1	353 (20,9)	385 (22,9)	386 (23,0)	254 (15,2)	1.378(20,5)
	2	431 (25,5)	401 (23,8)	355 (21,2)	124 (7,4)	1.311 (19,5)
	3	327 (19,4)	325 (19,3)	322 (19,2)	154 (9,2)	1.128 (16,8)
	4	328 (19,4)	329 (19,5)	281 (16,7)	280 (16,7)	1.218(18,1)
	5	184 (10,9)	217(12,9)	323 (19,2)	855 (51,0)	1.579 (23,5)
	missing	65 (3,9)	27 (1,6)	12 (0,7)	8(0,5)	112(1,7)
	<i>Pr = 0.000</i>					
Prima gravidanza						
	sì	961 (56,9)	908 (53,9)	897 (53,4)	817 (48,8)	3.583(53,3)
	no	718 (42,5)	765(45,4)	770 (45,9)	847 (50,6)	3.100(46,1)
	missing	9 (0,6)	11(0,7)	12 (0,7)	11(0,6)	43 (0,6)
	<i>Pr = 0.001</i>					
Precedenti ricoveri						
	Sì	234 (13,9)	236 (14,0)	253 (15,1)	220 (13,1)	943 (14,0)
	No	1.454 (86,1)	1.448 (86,0)	1.426 (84,9)	1.455 (86,9)	5.783 (86,0)
	<i>Pr = 0.448</i>					
nascite pretermine (<37 settimane)*	<i>Pr = 0,546</i>	97 (5,8)	94 (5,6)	91 (5,4)	109 (6,5)	391 (5,8)
Nascite basso peso per età gestazionale(SGA)*	<i>Pr = 0,014</i>	225 (13,3)	193 (11,5)	168 (10,0)	214 (12,8)	800 (11,9)
Nascite basso peso (<2.500g) a termine**	<i>Pr = 0,296</i>	35 (2,2)	21 (1,3)	29 (1,8)	26 (1,7)	111 (1,8)

* analisi condotte escludendo i gemelli (n=145) e i nati da tecniche di procreazione assistita (n=20)

** analisi condotte escludendo i nati pretermine

^a Cittadinanza italiana: persone con cittadinanza italiana o provenienti da altri Paesi a Sviluppo Avanzato (PSA)

Cittadinanza straniera: persone immigrate da Paesi a Forte Pressione Migratoria (PFPM)

^b Titolo di studio basso: nessun titolo, licenza elementare, media inferiore - titolo studio alto: licenza media superiore, laurea

Tab. 2 - Rapporti Standardizzati (RS) per età e cittadinanza (italiana/non italiana) della madre, per esiti in studio, 2005-2013. Popolazione di riferimento: Emilia-Romagna 2007-2010.

	Nascite Pretermine †	Basso peso alla Nascita † *
Osservati	480	133
Attesi	446	131
RS (IC95%)	1,08 (0,98-1,18)	1,01 (0,85-1,20)

† Sono compresi i nati da parti gemellari e da fecondazione assistita

* Analisi condotte escludendo nati pretermine

Tab. 3 - Caratteristiche materne* socio –demografiche ed esiti della gravidanza, 2005-2013.

	Totale*	Nascite pretermine (<37 settimane)*	Nascite basso peso per età gestazionale (SGA)*	Nascite basso peso (<2.500g) a termine**
Osservazioni	(n= 6.726)	(n=391)	(n=800)	(n=111)
Caratteristiche	N. (%)	N. (%)	N. (%)	N. (%)
Età madre				
< 20	72	4 (5,6)	7 (9,7)	0
20-34	4.161	220 (5,3)	499 (12,0)	69 (1,8)
35-40	2.191	136 (6,2)	260 (11,9)	35 (1,7)
>40	302	31 (10,3)	34 (11,3)	7 (2,6)
missing	-	-	-	-
		<i>p(0.003)</i>	<i>p(0.923)</i>	<i>p(0.507)</i>
Cittadinanza^a				
Italiana	5.320	296 (5,6)	662 (12,4)	88 (1,8)
Straniera	1.406	95 (6,8)	138 (9,8)	23 (1,8)
missing	-	-	-	-
		<i>p(0.089)</i>	<i>p(0.007)</i>	<i>p(0.995)</i>
Titolo studio^b				
basso	1.645	106 (6,4)	198 (12,0)	32 (2,1)
alto	5.081	285 (5,6)	602 (11,9)	79 (1,7)
missing	-	-	-	-
		<i>p(0.209)</i>	<i>p(0.837)</i>	<i>p(0.261)</i>
Indice di deprivazione				
1	1358	89 (6,5)	169 (12,3)	21 (1,6)
2	1295	74 (5,6)	160 (12,2)	18 (1,5)
3	1125	57 (5,1)	116 (10,3)	19 (1,8)
4	1178	63 (5,2)	151 (12,4)	20 (1,7)
5	1556	103 (6,5)	189 (12,0)	29 (2,0)
missing	214	5 (4,5)	15 (13,4)	4 (3,7)
		<i>p(0.410)</i>	<i>p(0.603)</i>	<i>p(0.609)</i>
Prima gravidanza				
sì	3.583	223 (6,2)	522 (14,6)	69 (2,1)
no	3.100	168 (5,4)	268 (8,7)	38 (1,3)
missing	43	-	10 (23,3)	4 (9,3)
		<i>p(0.098)</i>	<i>p(0.000)</i>	<i>p(0.000)</i>
Precedenti ricoveri				
Sì	943	57 (6,0)	136 (14,4)	21 (2,4)
No	5.783	334 (5,8)	664 (11,5)	90 (1,7)
		<i>p(0.743)</i>	<i>p(0.010)</i>	<i>p(0.131)</i>

* analisi condotte escludendo i gemelli (n=145) e i nati da tecniche di procreazione assistita (n=20)

** analisi condotte escludendo nati pretermine

^a Cittadinanza italiana: persone con cittadinanza italiana o provenienti da altri Paesi a Sviluppo Avanzato (PSA)

Cittadinanza straniera: persone immigrate da Paesi a Forte Pressione Migratoria (PFPM)

^b Titolo di studio basso: nessun titolo, licenza elementare, media inferiore - Titolo studio alto: licenza media superiore, laurea

Tab. 4 - Associazione fra i livelli di esposizione agli inquinanti traffico veicolare (PM₁₀), industria (NO₂), porto (PM₁₀), riscaldamento (PM₁₀) e gli esiti riproduttivi in studio: regressione logistica multivariata, OR aggiustati per ciascuna fonte di inquinamento e caratteristiche materne. Esclusione dei nati da ottobre a dicembre per la fonte riscaldamento.

Livelli di esposizione: quartile ()	Nascite pretermine*		SGA*		Basso peso alla nascita** ***	
	OR ¹	(IC 95%)	OR ¹	(IC 95%)	OR ¹	(IC 95%)
TRAFFICO VEICOLARE (PM₁₀ µg/m³)						
1 (0-2,14)	1.00	-	1.00	-	1.00	-
2 (2,15-4,63)	1.16	(0.79-1.68)	1.05	(0.81-1.35)	1.19	(0.61-2.31)
3 (4,64-8,41)	1.28	(0.88-1.85)	1.05	(0.80-1.37)	1.33	(0.65-2.73)
4 (8,42-81,32)	1.32	(0.92-1.90)	1.21	(0.93-1.58)	1.26	(0.60-2.67)
<i>Trend</i>		<i>p value</i>		<i>p value</i>		<i>p value</i>
		0.149		0.265		0.483
RISCALDAMENTO (NO₂ µg/m³)						
1 (0-2,43)	1.00	-	1.00	-	1.00	-
2 (2,44-4,40)	0.81	(0.54-1.21)	1.03	(0.77-1.38)	0.78	(0.36-1.67)
3 (4,41-8,24)	0.89	(0.60-1.34)	0.97	(0.71-1.33)	0.67	(0.29-1.52)
4 (8,25-34,37)	1.04	(0.68-1.59)	1.12	(0.80-1.55)	0.91	(0.39-2.13)
<i>Trend</i>		<i>p value</i>		<i>p value</i>		<i>p value</i>
		0.848		0.970		0.696
INDUSTRIA (NO₂ µg/m³)						
1 (0-0.08)	1.00	-	1.00	-	1.00	-
2 (0.09-0.23)	1.00	(0.76-1.33)	0.92	(0.74-1.14)	1.30	(0.75-2.25)
3 (0.24-0.40)	0.75	0.56-1.02)	1.02	(0.82-1.27)	0.99	(0.56-1.75)
4 (0.41-3,11)	0.74	(0.53-1.05)	0.96	(0.74-1.25)	0.71	(0.37-1.35)
<i>Trend</i>		<i>p value</i>		<i>p value</i>		<i>p value</i>
		0.003		0.735		0.276
PORTO (PM₁₀ µg/m³)						
1 (0-0.01)	1.00	-	1.00	-	1.00	-
2 (0.02-0.04)	0.95	(0.69-1.28)	0.82	(0.66-1.02)	0.59	(0.32-1.09)
3 (0.04-0.12)	0.91	(0.66-1.25)	0.69	(0.54-0.87)	0.95	(0.55-1.65)
4 (0.11-21.69)	1.20	(0.86-1.68)	0.98	(0.74-1.28)	1.00	(0.51-1.94)
<i>Trend</i>		<i>p value</i>		<i>p value</i>		<i>p value</i>
		0.110		0.426		0.759

OR¹ aggiustato per: età madre, titolo studio, parità, precedenti ricoveri, indice deprivazione ed esposizione a traffico (PM₁₀), riscaldamento (NO₂), industria (NO₂), porto (PM₁₀)

* analisi condotte escludendo i gemelli (n=145) e i nati da tecniche di procreazione assistita (n=20)

** analisi condotte escludendo nati pretermine

*** modello con età accorpata in due classi: < 35 anni e >= 35 anni

Tab. 5 - Distribuzione percentuale dei nati pretermine da madri a diverso livello di esposizione a porto e industria stimato con variabile categorica: 1 – non esposte a massimi livelli delle due fonti; 2 – esposte a massimi livelli delle due fonti; 3 esposte a massimo livello da sola Industria; 4 – esposte a massimo livello da solo Porto. Anni 2005-2013

Esiti:	Esposizione a Porto-Industria				Totale
	1	2	3	4	
	N. (%)	N. (%)	N. (%)	N. (%)	N. (%)
Nascite pretermine*	260 (5,9)	64 (6,1)	22 (3,5)	45 (7,3)	391 (5,8)
Nascite a termine*	4162 (94,1)	991 (93,9)	607 (96,5)	575 (92,7)	6335 (94,2)

* analisi condotte escludendo i gemelli (n=145) e i nati da tecniche di procreazione assistita (n=20)

Tab. 6 - Associazione fra i livelli di esposizione agli inquinanti traffico veicolare (PM₁₀), porto-industria, riscaldamento (NO₂) e le nascite pretermine in studio: regressione logistica multivariata, OR aggiustati per ciascuna fonte di inquinamento e caratteristiche materne.

Livelli di esposizione: quartile ()	Nascite pretermine*	
	OR ¹	(IC 95%)
TRAFFICO VEICOLARE (PM₁₀ µg/m³)		
1 (0-2,14)	1.00	-
2 (2,15-4,63)	1.20	(0.83-1.73)
3 (4,64-8,41)	1.31	(0.91-1.90)
4 (8,42-81,32)	1.31	(0.91-1.89)
RISCALDAMENTO (NO₂ µg/m³)		
1 (0-2,43)	1.00	-
2 (2,44-4,40)	0.73	(0.54-0.99)
3 (4,41-8,24)	0.63	(0.46-0.87)
4 (8,25-34,37)	0.82	(0.60-1.11)
PORTO-INDUSTRIA variabile categorica		
1. non esposte a massimi livelli delle due fonti	1.00	-
2. esposte a massimi livelli delle due fonti	1.08	(0.75-1.55)
3. esposte a massimo livello da sola Industria	0.59	0.38-0.92)
4. esposte a massimo livello da solo Porto	1.25	(0.87-1.80)

OR¹ aggiustato per: età madre, titolo studio, parità, precedenti ricoveri, indice deprivazione ed esposizione a traffico (PM₁₀), riscaldamento (NO₂), industria-porto

* analisi condotte escludendo i gemelli (n=145) e i nati da tecniche di procreazione assistita (n=20)

APPENDICE

Tab. A1 - Frequenza delle nascite pretermine (<6 - 37 settimane)* e livelli di esposizione a riscaldamento (NO₂), 2005-2013

quartile	Livello esposizione RISCALDAMENTO (NO ₂)			
	1	2	3	4
NO ₂ (µg/m ³)	(0-2,43)	(2,44-4,40)	(4,41-8,24)	(8,25-34,37)
Periodo	N. (%)	N. (%)	N. (%)	N. (%)
Gennaio/Settembre	46 (5.78)	64 (5.05)	77 (5.78)	105 (6.55)
Ottobre/Dicembre	65(7.35)	25 (6.10)	7 (2.00)	2 (2.38)

* analisi condotte escludendo i gemelli (n=145) e i nati da tecniche di procreazione assistita (n=20)

Tab A2 - Confronto delle nascite pretermine nei trimestri di nascita ottobre-dicembre e gennaio-settembre

Livelli di esposizione	Nati pretermine ottobre-dicembre			Nati pretermine gennaio-settembre		
	n	OR	IC 95%	n	OR	IC 95%
1	65	1		46	1	
2	25	0.85	0.51-1.40	64	0.80	0.54-1.19
3	7	0.24	0.11-0.54	77	0.92	0.62-1.35
4	2	0.28	0.07-1.20	105	1.06	0.73-1.52

B - Inquinamento atmosferico urbano ed impatto su mortalità, ospedalizzazione e insorgenza di tumori

Numerosi studi epidemiologici depongono per un'associazione tra esposizione a lungo termine ad inquinamento atmosferico e incremento della mortalità [1].

Una recente revisione sistematica di studi europei sull'esposizione a lungo termine alle polveri indica un'associazione diretta con la mortalità, specialmente per cause cardiovascolari e respiratorie [2].

L'International Agency for research on Cancer (IARC) ha recentemente (ottobre 2013) inserito l'inquinamento atmosferico outdoor tra i sicuri cancerogeni per gli esseri umani, in particolare per il tumore al polmone; vi sono evidenze limitate per il cancro alla vescica. Non ha, invece, reperito prove adeguate per sostenere l'esistenza di un coinvolgimento degli inquinanti ambientali nell'insorgenza di altri tumori, quali mammella, leucemia e linfomi, se non deboli associazioni con le leucemie infantili [3].

È ben documentata l'associazione tra grado di inquinamento atmosferico urbano e ricoveri ospedalieri per patologie respiratorie e cardiovascolari [4].

Vi sono forti evidenze che l'esposizione alle polveri presenti in atmosfera, sia a breve che a lungo termine, sia associata a riduzione della funzione polmonare, a maggiore severità dei sintomi in soggetti asmatici, a bronco pneumopatia cronica, a malattie ischemiche del cuore, incluso l'infarto cardiaco; un crescente numero di studi ha evidenziato un possibile ruolo delle polveri anche nel determinismo di altre patologie, quali diabete e deterioramento cognitivo [5].

Se mortalità prematura, insorgenza di tumori e ricoveri ospedalieri sono gli effetti estremi che l'inquinamento atmosferico urbano produce, il numero di persone coinvolte è comunque molto inferiore rispetto al numero di persone che mostrano effetti meno gravi, che comprendono: funzione polmonare danneggiata, sintomi respiratori, medicazioni, ridotta attività, visite mediche, visite al Pronto Soccorso. Questa vasta gamma di effetti correlati tra loro e la coerenza dei risultati osservati in vari studi, offrono un forte argomento per sostenere che l'inquinamento atmosferico rappresenti oggi uno dei principali problemi di sanità pubblica [6].

1. MATERIALI E METODI

Popolazione in studio

La popolazione in studio si compone di tutti i soggetti residenti, con un indirizzo valido, nell'area di dominio dello studio durante il periodo 1/1/2008 – 31/12/2013.

Per ogni anno in studio, è stata osservata la popolazione riportata nell'archivio anagrafico comunale al 30 giugno, indipendentemente dallo stato in vita, con indirizzo di residenza all'interno del dominio di studio.

Tutti i soggetti così individuati sono stati linkati con i database sanitari correnti: Registro delle Cause di morte (ReM) e Archivio delle Schede di Dimissione Ospedaliera (SDO) per gli anni 2011-2013, Registro Tumori della Romagna per gli anni 2008-2010, in relazione alla disponibilità dei dati più aggiornati.

Il disegno di studio è quello ecologico, per il confronto di gruppi di popolazione caratterizzati da un diverso livello di esposizione agli inquinanti in studio (NO_2 , PM_{10}) scelti come traccianti delle quattro fonti principali di inquinamento indagate: Traffico, Industria, Porto e Riscaldamento.

Gli esiti analizzati hanno fatto riferimento a patologie che la letteratura scientifica associa all'esposizione ai fattori d'inquinamento atmosferico che caratterizzano il dominio in studio.

Per caratterizzare ogni soggetto dal punto di vista socio-economico si è fatto ricorso all'Indice di deprivazione; il valore di partenza è stato quello nazionale costruito sui risultati del Censimento 2001, successivamente "ricalibrato" sulla base del Comune di Ravenna.

Valutazione dell'esposizione

Ogni soggetto è stato caratterizzato sulla base di una esposizione media annuale al suolo, stimata tramite l'applicazione di un modello di dispersione, ADMS Urban, e attribuita in base all'indirizzo di residenza presente in anagrafe comunale al 30 giugno dell'anno considerato.

La descrizione della metodologia applicata è riportata in dettaglio nel precedente capitolo "LP2 – Caratterizzazione della popolazione dal punto di vista dell'esposizione", cui si rimanda.

Le figure 1-4 riportano i risultati dei modelli di dispersione degli inquinanti traccianti nell'area in studio, per il triennio 2011-2013; non vi sono differenze sostanziali rispetto ai risultati ottenuti per il triennio 2008-2010, preso in considerazione per lo studio dell'incidenza di tumori.

Definizione degli esiti

La valutazione del possibile impatto sulla popolazione dell'inquinamento atmosferico è stato valutato in termini di mortalità, ricoveri ospedalieri e incidenza di tumore.

Mortalità

Ogni soggetto deceduto contenuto nell'Anagrafe Comunale è stato linkato con il Registro delle Cause di Morte dell'ex Azienda Usl di Ravenna (ReM) attraverso il codice fiscale.

Per l'individuazione delle cause di decesso si è utilizzata la diagnosi principale, codificata secondo la classificazione internazionale delle Cause di Morte, versione ICD 10.

Le cause considerate sono: mortalità naturale (esclusione cause traumatiche), mortalità per malattie cardiovascolari e mortalità per malattie apparato respiratorio (Tabella "a").

Tabella "a": cause di morte analizzate, ICD-10

Causa di morte	Codici ICD-10
Cause naturali	A00-R99
Malattie cardiovascolari	I00-I99
Malattie ischemiche cardiache	I20-I25
Malattie cerebrovascolari	I60-I69
Malattie apparato respiratorio	J00-J99
Infezioni vie respiratorie	J00-J06, J20-J22, J10-J18

Ospedalizzazione

Lo studio ha riguardato le sole cause naturali, con esclusione dei parti e loro conseguenze, e cause violente.

Sono stati esaminati grandi gruppi di patologie, come riportato in tabella (Tabella "b")

Tabella "b": cause di ricovero analizzate, ICD-9 CM

Diagnosi	Codici ICD-9-CM
Cause naturali (escl. compl. gravidanza, parto, puerperio)	001-629, 677-799
Malattie del sistema circolatorio	390-459
Malattie cardiache	390-429
Malattie ischemiche del cuore	410-414
Malattie ischemiche acute (infarto del miocardio, altre forme acute e subacute di cardiopatia ischemica)	410-411
Insufficienza cardiaca (scompenso cardiaco)	428
Malattie cerebrovascolari	430-438
Malattie apparato respiratorio	460-519
Infezioni acute delle vie respiratorie	460-466, 480-487

Malattie polmonari croniche ostruttive	490-492, 494, 496
Asma	493
Malattie (non neoplastiche) della tiroide	240-246
Diabete	250

Gli archivi delle Schede di Dimissione Ospedaliera (SDO) dell'ex Ausl di Ravenna e della Regione Emilia-Romagna hanno rappresentato la fonte dei dati; si sono presi in considerazione i ricoveri ordinari e quelli in day hospital; esclusi quelli delle lungodegenze e delle riabilitazioni.

L'analisi è stata svolta sulle persone ricoverate e non sui ricoveri: nel caso di più ricoveri nello stesso anno, per la medesima causa, si è considerato soltanto il primo; di ciascun paziente si è valutata la sola diagnosi principale. Vi sono studi, infatti, che dimostrano una sufficiente accuratezza e completezza nella compilazione della diagnosi principale, cosa che non avviene nella registrazione delle altre diagnosi. Ciò può portare ad una sottostima dei casi analizzati, ma in compenso minimizza i falsi positivi.

Incidenza tumori

Sono stati indagati i tumori maligni, codificati secondo la classificazione internazionale ICD 10, con esclusione dei carcinomi in situ (ad eccezione della vescica), i tumori a comportamento incerto, le sindromi mielodisplastiche e i tumori cutanei non melanomatosi (Tabella "c").

Tabella "c": sedi tumorali selezionate, ICD-10

Tipi di Tumore	Classificazione ICD-10
Tutti i tumori maligni, esclusi cute non melanomatosi	C00-43; C45-96
Stomaco	C16
Colon	C18
Retto	C19-21
Fegato	C22
Pancreas	C25
Trachea, Polmone	C33-34
Pelle melanoma	C43
Mammella	C50
Prostata	C61
Rene e Vie urinarie	C64-66, C68
Vescica	C67, D09.0, D30.3, D41.4
Encefalo e altre SNC	C70-72
Tiroide	C73
Tumori emolinfopoietici	C81-96
Linfoma non Hodgkin	C82-85, 96
Mieloma multiplo	C88-90
Leucemie	C91-95

In caso di tumore multiplo si è considerato solo il primo tumore incidente al fine di evitare un possibile effetto indotto da terapie radiologiche e/o chemioterapiche eseguite per il primo tumore. Il Registro Tumori della Romagna ha rappresentato la fonte dei dati.

Metodi statistici

E' stata condotta un'analisi descrittiva delle caratteristiche socio-demografiche della popolazione "Esposta" in relazione alle fonti di esposizione ambientale.

Per ciascuna patologia considerata, si sono calcolati, con la procedura della standardizzazione indiretta, i Rapporti Standardizzati, rispettivamente di Mortalità (SMR, IC95%), di Ospedalizzazione (SHR, IC95%), di Incidenza dei Tumori (SIR, IC95%), per confrontare le frequenze osservate nel territorio di interesse rispetto a quelle medie delle popolazioni standard di riferimento - Regione Emilia-Romagna per mortalità e ospedalizzazione, Romagna per incidenza tumori - relativamente ai trienni studiati.

L'associazione tra esiti di salute ed esposizione agli inquinanti è stata indagata attraverso l'applicazione di modelli di regressione di Poisson, considerando come possibili confondenti le variabili: età e genere. Le analisi sono state, inoltre, aggiustate per l'indicatore di condizione socio-economica (Indice di deprivazione, sec. Caranci et al.).

2. RISULTATI

In **Tab. 1** vengono riportate le caratteristiche socio-demografiche della popolazione residente nei due periodi considerati.

L'analisi per singole fonti ha evidenziato, tra gli "Esposti", percentuali crescenti al crescere dell'età, per le fonti Traffico e Riscaldamento, e al crescere del livello di deprivazione, per Industria e Porto [Tabb. 2a-d].

Confronto tra area in studio e regione Emilia-Romagna e Romagna: Rapporti Standardizzati di Mortalità, Ricoveri ospedalieri e Incidenza Tumori

Mortalità [Tab. 3]

Durante il periodo considerato abbiamo osservato 3354 decessi (così ripartiti per sesso: 53% femmine, 47% maschi) per tutte le cause naturali: 36% per le malattie cardiovascolari (13% *malattia ischemica cardiaca*, 9% *malattie cerebrovascolari*), 7% per le malattie dell'apparato respiratorio (2% *infezioni delle vie respiratorie*).

La mortalità riscontrata nell'area in studio appare di minore entità se paragonata a quella media regionale. I Rapporti Standardizzati di Mortalità (SMR), infatti sono, per tutte le cause considerate, sempre inferiori al valore di 1, sia nei maschi che nelle femmine.

Ricoveri ospedalieri [Tab. 4]

I ricoveri ospedalieri per cause naturali sono stati n. 29341, 52% femmine, 48% maschi.

Le diagnosi per *malattie del sistema circolatorio* complessivamente considerate, ammontano al 21%, quelle respiratorie in totale, al 12%.

Un eccesso di ricoveri rispetto allo standard regionale si rileva a carico delle diagnosi *infezioni delle vie respiratorie* e *malattie polmonari croniche ostruttive*, sia nelle donne (rispettivamente, SHR=1.67 IC95% 1.54-1.80; SHR=1.46 IC95% 1.30-1.65), che negli uomini (SHR=1.38 IC95% 1.27-1.49; SHR=1.33 IC95% 1.18-1.49).

Solo nelle donne si osserva anche un eccesso per l'insieme delle *malattie dell'apparato respiratorio* (SHR=1.07 IC95% 1.02-1.12)

Incidenza Tumori [Tab. 5]

I nuovi casi di tumore maligno osservato nel periodo in studio (2008-2010) ammontano a 2043 (di cui: 51% donne e 49% uomini).

Nella popolazione in studio non si evidenzia un eccesso di casi incidenti per i tumori maligni considerati rispetto alla popolazione romagnola scelta come standard di riferimento, ad eccezione di quelli tiroidei, come indicato dal Rapporto Standardizzato di Incidenza (SIR), sia nelle donne (SIR=1.25 IC 95% 1.01-1.52), che negli uomini (SIR=1.54 IC95% 1.11-2.10).

Per diversi tipi di tumori, al contrario, i casi incidenti risultano inferiori rispetto a quelli attesi, con valori di SIR < 1, statisticamente significativi: *tutti i tumori maligni, vescica e stomaco* in entrambi i sessi; *leucemie*, nelle sole donne; *retto, emolinfopoietici, trachea e polmone, fegato, pancreas e prostata* nei soli uomini.

Confronto tra popolazione “Esposta” e “Non Esposta” alle fonti di inquinamento atmosferico: Mortalità [Tabb. 6a-d], Ricoveri ospedalieri [Tabb. 7a-d] e Incidenza Tumori [Tabb. 8a-d]

L'analisi della popolazione distinta in “Esposta” e “Non Esposta” relativamente alle singole fonti, rileva in generale, un maggiore rischio per le donne esposte a Traffico e Riscaldamento, mentre per gli uomini il rischio è maggiore per l'esposizione a Industria e Porto.

Le donne esposte a Traffico presentano un rischio aumentato di decesso per tutte le cause naturali e per quelle cerebrovascolari, con valori di RR>1 al limite della significatività statistica [Tab. 6a].

Nel caso delle donne esposte alla fonte Riscaldamento, si osserva un rischio di mortalità per *malattie dell'apparato respiratorio* significativamente più elevato rispetto alle “Non Esposte” (RR= 2,53 IC 95% 1,17-5,46) [Tab. 6b].

Nel caso dei ricoveri, un eccesso statisticamente significativo si osserva nelle donne esposte alla fonte Riscaldamento per *malattie ischemiche del cuore e malattie ischemiche acute*, rispettivamente (RR=1,67 IC 95% 1,20-2,33 e RR=1,77 IC 95% 1,17-2,69) [Tab. 7b].

Negli uomini, si rilevano, invece, molti indicatori di rischio inferiori a 1, in modo statisticamente significativo, ad indicare minor rischio di ricoveri negli “Esposti” a Traffico e/o Riscaldamento, a cui corrisponde un maggiore di rischio di ricoveri negli “Esposti” alla fonte Porto, al limite della significatività statistica.

Soltanto i ricoveri dovuti a *Asma*, determinano un indicatore statisticamente superiore a 1: da notare, tuttavia, che la statistica fa riferimento a solo 5 casi [Tab. 7d].

È emersa una forte associazione negli uomini tra esposizione alla fonte Industria e insorgenza di *tumore al pancreas* (RR= 3.31 IC95% 1.17-9.35) [Tab. 8c].

Analogo risultato si è ottenuto negli “Esposti” a Traffico per *tumore a rene e vie urinarie* (RR= 3.13 IC95% 1.21-8.13) e per *linfoma non Hodgkin* (RR= 2.90 IC95% 1.00-8.39) [Tab. 8a].

Per diverse altre sedi tumorali e per tutte le fonti considerate si osservano RR superiori a 1 senza, tuttavia, raggiungere la significatività statistica.

Nelle donne, rischi maggiori di insorgenza di tumori maligni, si osservano soprattutto per le “Esposte” a Traffico e Riscaldamento, in diverse sedi anatomiche, mai con valori statisticamente significativi. [Tab. 8a, Tab. 8b].

3. DISCUSSIONE

Nella popolazione del territorio in studio si è osservata una mortalità generale inferiore rispetto a quanto rilevato mediamente a livello regionale.

Lo studio dell'ospedalizzazione rileva un eccesso di ricoveri dovuti a malattie polmonari croniche ostruttive ed alle infezioni delle vie respiratorie; per l'insieme delle malattie non violente (con esclusione di quelle legate a gravidanza, parto e puerperio), le malattie cardiovascolari e quelle cerebrovascolari si rileva un ricorso al ricovero, in misura minore rispetto a quanto atteso, sulla base dei valori medi regionali.

Per quanto riguarda i tumori maligni, l'occorrenza dei nuovi casi è generalmente più bassa di quella mediamente osservata a livello di tutto il territorio romagnolo.

Ciò si osserva, in entrambi i generi, per l'insieme dei tumori maligni, i tumori dello stomaco e della vescica.

Nelle donne, ciò accade anche per le leucemie; negli uomini, anche per le neoplasie del tessuto emolinfopoietico, per i tumori del retto, del fegato, del pancreas, del polmone e per i tumori alla prostata.

Un eccesso di casi rispetto ai valori medi della Romagna, si osserva solo per i tumori della tiroide, in entrambi i generi.

L'applicazione di modelli di Poisson ha consentito di rilevare, in generale, un maggiore rischio di morte per gran parte delle patologie considerate nei residenti classificati come "Esposti" all'inquinamento da Traffico e Riscaldamento, che caratterizzano il centro urbano; soprattutto nelle donne, per le quali, l'insieme delle cause naturali e le malattie dell'apparato respiratorio, determinano un maggior rischio, statisticamente rilevante.

Negli uomini è più evidente il ruolo dell'esposizione a Industria e Porto.

Negli "Esposti" a Porto, in particolare, si osserva un'associazione positiva tra le cause di ricovero dovuto a *malattie cardiovascolari* e *malattia ischemica cardiaca*.

Questi incrementi di rischio tra i residenti "Esposti" alle varie fonti, possono essere considerati un effetto plausibile dell'inquinamento atmosferico che si registra nel territorio in studio.

I risultati ottenuti sulla mortalità cardio-respiratoria sono infatti coerenti con quanto ampiamente riportato in letteratura [8, 9, 10].

Per spiegare la differenza di risultati tra generi, si può ipotizzare un potenziale effetto di confondimento di fattori lavorativi (esposizione professionale), che non è stato possibile valutare per la mancata disponibilità di dati in proposito.

Analoghe considerazioni possono essere fatte per i risultati ottenuti nell'analisi dell'ospedalizzazione.

Anche in questo caso vi è un generale aumentato rischio per malattie cardio-respiratorie negli "Esposti" a Porto, che contrasta con i valori di rischio di significato apparentemente protettivo per gli "Esposti" a Traffico e Riscaldamento, quindi per i residenti nel centro urbano.

Per i ricoveri dovuti ad asma, in particolare, l'associazione con l'esposizione a Porto è statisticamente significativa: la casistica fa riferimento a pochi casi (5 nella popolazione "Esposta" e 8 in quella "Non Esposta").

E' comunque necessaria una certa cautela, nell'interpretazione dei risultati relativi ai ricoveri.

La relazione tra "esposizione" e ospedalizzazione può essere influenzata da fattori di tipo organizzativo e gestionale, legati al sistema sanitario e al suo funzionamento.

La presenza di un numero adeguato di servizi sanitari territoriali, il loro grado di accessibilità (dislocazione delle sedi, orari, disponibilità di trasporto pubblico, ecc.), l'informazione, le prassi in uso da parte dei medici nella gestione dei loro pazienti, lo stato socio-economico dei pazienti e il contesto socio-economico del luogo di residenza, incidono notevolmente sul ricorso all'ospedalizzazione, specie per quanto concerne le malattie ad andamento cronico, come quelle cardio-respiratorie.

Nel nostro studio si è potuto controllare solo per gli aspetti socio-economici, ricorrendo all'applicazione nei modelli della correzione per indice di deprivazione; non è stato possibile, invece, controllare per l'eterogeneità dell'uso dei servizi sanitari, a causa della non disponibilità dei dati.

Analizzando l'incidenza dei tumori maligni, i risultati del nostro studio sono difficilmente interpretabili in termini eziologici.

Nei maschi il tumore al pancreas si trova significativamente associato all'esposizione a Industria. In letteratura, viene riportato come certo il legame tra questo tipo di tumore e il fumo di tabacco o l'abuso di alcol; più incerti appaiono i risultati degli studi che hanno indagato il ruolo dei determinanti di origine ambientale [11].

In uno studio finlandese, un eccesso di cancro a carico del pancreas, lo si è riscontrato in residenti nelle vicinanze di discariche di rifiuti industriali e urbani, ma è stato correlato alla relativa alta prevalenza (cluster) di pancreatite cronica, frequentemente associato ad abuso di alcol e di diabete mellito, da tempo riconosciuto come condizione predisponente [12].

Altri studi hanno, tuttavia, registrato un eccesso di cancro al pancreas [13], insieme ad una maggiore incidenza di linfoma di non Hodgkin e di tumori renali [14, 15], condizioni rilevate anche nel nostro studio per gli "Esposti" a Traffico.

Per molti altri tipi di tumore, il nostro studio ha evidenziato eccessi di casi negli “Esposti” rispetto ai “Non Esposti”, sia nelle donne che negli uomini, con valori di RR superiori a 1, ma non statisticamente significativi. Occorre perciò una certa cautela nell’interpretare questi risultati, alla luce soprattutto, del numero relativamente ridotto dei casi analizzati.

In merito ai tumori della tiroide, è ancora molto aperto il dibattito tra gli studiosi sulle possibili cause che possano spiegare il costante aumento dell’incidenza che si sta osservando nel mondo da 3 decenni a questa parte. In particolare, la discussione verte sulla possibilità che tale incremento sia reale oppure no, con diverse osservazioni a favore ora dell’una ora dell’altra ipotesi. In ogni caso, l’incremento dell’esposizione a radiazioni ionizzanti rimane il fattore di rischio più largamente riconosciuto.

Particolare rilevanza viene data all’esposizione iatrogena, come il ricorso a tecniche di diagnosi radiologiche sempre più sensibili e diffusamente utilizzate, anche per patologie extratiroidee (della regione testa-collo, della cavità toracica), con rilievo di lesioni tumorali tiroidee altrimenti destinate a rimanere silenti.

Altri inquinanti ambientali sono sospettati di essere fattori carcinogenetici per la tiroide, senza tuttavia che si siano ancora stabilite correlazioni causali: BPA (Bifenolo A), PCB (Policlorobifenili), PBDEs (Polibromodifenili esteri) [16].

La disponibilità di dati di esposizione e sanitari riferiti ad un periodo relativamente breve ha condizionato la scelta del disegno di studio.

Si è, infatti, reputato, che non vi fossero le condizioni per condurre studi di coorte o caso-controllo, optando per uno studio di tipo ecologico-geografico, con i classici limiti metodologici riguardanti in particolare la definizione dell’esposizione e il controllo dei fattori di confondimento.

Questo tipo di disegno è largamente diffuso nella conduzione di studio di epidemiologia ambientale.

In una recente review [17] sugli approcci epidemiologici utilizzati nella valutazione esposizione ambientale–effetti sulla salute, la gran parte degli studi analizzati presenta un disegno di tipo ecologico geografico, soprattutto per quanto riguarda l’insorgenza di tumori, sia in termini di incidenza che di mortalità.

Molto diffuso è il ricorso a modelli di Poisson, applicati anche nel nostro studio, per la valutazione di un’eventuale associazione tra eventi sanitari ed esposizione, ricorrendo alla correzione per fattori di confondimento (socio-economici, livelli di esposizione, stili di vita, ecc.).

Un limite del nostro studio è la mancanza di dati individuali sui potenziali fattori di confondimento (abitudine al fumo, consumo di alcol, esposizione professionale, dieta); i dati disponibili hanno reso possibile il controllo solo per alcune variabili demografiche (età e sesso) e per indice di deprivazione socioeconomica, in linea con altri studi [13, 18]. Quest’ultimo, proxy della deprivazione individuale e spesso associato a diverse cause di mortalità, morbosità ed ospedalizzazione, è disponibile solo a livello di sezione di censimento, e potrebbe quindi essere affetto da bias ecologico [7, 19].

In conclusione, il quadro generale che emerge dal nostro studio è quello di una popolazione sostanzialmente in buone condizioni di salute.

L’applicazione dei modelli di Poisson, tuttavia, ha consentito di rilevare un maggiore rischio di effetti negativi sulla salute nei residenti esposti ai livelli maggiori di concentrazione degli inquinanti studiati (definiti genericamente come “Esposti”), con caratterizzazioni diverse in rapporto alle fonti. Riteniamo, per questo, che sia importante dare continuità alla sorveglianza degli eventi studiati anche nei prossimi anni, per valutare con migliore accuratezza la consistenza dei risultati ottenuti.

Bibliografia

- [1] Carey IM, et al. "Mortality Associations with Long-Term Exposure to Outdoor Air Pollution in a National English Cohort". *Am J Resp Crit Care Med* 2013, Vol 187, Iss. 11, pp 1226-1233
- [2] AA.VV "Inquinamento atmosferico e salute umana". *Epidemiol Prev* 2013; 37 (4-5) suppl 2: 1-84.
- [3] IARC "The carcinogenicity of outdoor pollution".
http://www.iarc.fr/en/media-centre/pr/2013/pdfs/pr221_E.pdf
- [4] Pascal L, Pascal M, et al., "Ecological Study of Hospitalization for Cancer, Cardiovascular, and Respiratory Disease in the Industrial Area of Etang-de-Berre in the South of France". *J Environ Public Health* 2013; pp 1-13, [http:// dx.doi.org/10.1155/2013/328737](http://dx.doi.org/10.1155/2013/328737)
- [5] Kelly FJ¹, Fussell JC. "Air pollution and public health: emerging hazards and improved understanding of risk". *Environ Geochem Health* 2015, 37:631–649
- [6] European Respiratory Society, "Qualità dell'aria e Salute", 2010, www.ersnet.org/airquality
- [7] Caranci N, Biggeri A., Grisotto L., et al. L'indice di deprivazione italiano a livello di sezione di censimento: definizione, descrizione e associazione con la mortalità. *Epidemiologia e Prevenzione*, 2010, Lug-Ago; 34(4): 167-76
- [8] Brook RD, Rajagopalan S, Pope CA 3rd, et al., "Particulate matter air pollution and cardiovascular disease: An update to the scientific statement from the American Heart Association." *Circulation*. 2010 Jun 1;121(21):2331-78
- [9] Forastiere F, Badaloni C, de Hoogh K, et al., "Health impact assessment of waste management facilities in three European countries". *Environ Health*. 2011; 10: 53.
- [10] WHO, "Air quality guidelines: a global update 2005: particulate matter, ozone, nitrogen dioxide, and sulphur dioxide. 2005
- [11] Schottenfeld D, Fraumani JR, "Cancer Epidemiology and Prevention". Third ed. Oxford University Press, New York. 2006.
- [12] Pukkala E, Ponka A. "Increased incidence of cancer and asthma in houses built on a former dump area." *Environ Health Perspect*. 2001 Nov; 109(11): 1121–1125.
- [13] Gruppo di Lavoro Monitor. "I risultati del progetto Monitor. Gli effetti degli inceneritori sull'ambiente e la salute in Emilia-Romagna" Quaderni di Monitor 4-11. Bologna, ARPA Emilia-Romagna, 2011.
http://www.arpa.emr.it/cms3/documenti/monitor/quaderni/04_Risultati_Monitor.pdf
- [14] Goldberg MS, Siemiatyck J, DeWar R, Désy M, Riberdy H. "Risks of developing cancer relative to living near a municipal solid waste landfill site in Montreal, Quebec, Canada". *Arch Environ Health*. 1999 Jul-Aug;54(4):291-6.
- [15] Ranzi A, Fano V, Erspamer L, Lauriola P, Perucci CA, Forastiere F. "Mortality and morbidity among people living close to incinerators: a cohort study based on dispersion modeling for exposure assessment". *Environ Health*. 2011; 10: 22.
- [16] Pellegriti G, Frasca F, Regalbuto C, et al. "Worldwide Increasing Incidence of Thyroid Cancer: Update on Epidemiology and Risk Factors" – *J Cancer Epidemiol*. 2013; 2013:965212.
- [17] Mathilde Pascal,^{*} Laurence Pascal, Marie-Laure Bidondo, et al., "A Review of the Epidemiological Methods Used to Investigate the Health Impacts of Air Pollution around Major Industrial Areas". *J Environ Public Health*. 2013
- [18] Ancona C, Badaloni C, Bucci S, et al. "Rapporto Epidemiologia Rifiuti Ambiente Salute nel Lazio - ERAS Lazio". Roma, Dipartimento di Epidemiologia del Servizio Sanitario regionale, Regione Lazio/ASL RME, 2013.
<http://www.eraslazio.it/sites/default/files/generica/II%20programma/allegati/eras.pdf>
- [19] Pirastu R¹, Ancona C, Iavarone I, Mitis F, Zona A, Comba P; SENTIERI Working Group. "SENTIERI Project. Mortality study of residents in Italian polluted sites: evaluation of the epidemiological evidence" *Epidemiol Prev*. 2010 Sep-Dec;34(5-6 Suppl 3):1-2.

TABELLE

Tab. 1 - Principali caratteristiche socio-demografiche della popolazione residente nell'area in studio. Valori medi dei trienni 2008-2010 e 2011-2013

CARATTERISTICHE	2008-2010		2011-2013	
	N.	%	N.	%
Totale residenti	98.922	100	100.393	100
Genere				
F	51.619	52,18	52.623	52,42
M	47.303	47,82	47.770	47,58
Classi di età (anni)				
<=49	50.810	51,36	49.789	49,59
50-59	14.468	14,63	15.896	15,83
60-69	13.361	13,51	13.252	13,20
70-79	11.306	11,43	12.587	12,54
80+	8.977	9,07	8.869	8,83
Indice di Deprivazione				
1	48.119	48,64	49.233	49,04
2	17.112	17,30	17.253	17,19
3	12.005	12,14	12.154	12,11
4	7.489	7,57	7.439	7,41
5	8.578	8,67	8.653	8,62
<i>missing</i>	<i>5.619</i>	<i>5,68</i>	<i>5.673</i>	<i>5,65</i>

Tab. 2a-d - Principali caratteristiche socio-demografiche della popolazione per fonte di esposizione e periodi di riferimento

2a - TRAFFICO

CARATTERISTICHE	2008-2010		2011-2013	
	N.	%	N.	%
Totale esposti	43.576	44,05	31.105	30,98
Genere				
F	23.201	44,95	16.520	31,39
M	20.375	43,07	14.585	30,53
Classi di età (anni)				
<=49	22.134	43,56	15.534	31,20
50-59	6.264	43,30	4.808	30,25
60-69	5.839	43,70	4.054	30,59
70-79	5.187	45,88	4.016	31,91
80+	4.152	46,25	2.693	30,36
Indice di Deprivazione				
1	25.028	52,01	18.536	37,65
2	7.098	41,48	5.477	31,75
3	5.041	41,99	3.397	27,95
4	2.766	36,93	1.579	21,23
5	3.298	38,45	1.918	22,17
<i>missing</i>	<i>345</i>	<i>6,14</i>	<i>198</i>	<i>3,49</i>

2b - RISCALDAMENTO

CARATTERISTICHE	2008-2010		2011-2013	
	N.	%	N.	%
Totale esposti	72.407	73,20	72.087	71,81
Genere				
F	38.280	74,16	38.266	72,72
M	34.127	72,15	33.821	70,80
Classi di età (anni)				
<=49	36.302	71,45	34.954	70,20
50-59	10.584	73,15	11.411	71,79
60-69	10.026	75,04	9.703	73,22
70-79	8.565	75,76	9.314	74,00
80+	6.929	77,19	6.705	75,60
Indice di Deprivazione				
1	38.162	79,31	38.592	78,39
2	12.052	70,43	11.793	68,35
3	9.247	77,03	8.964	73,75
4	5.586	74,59	5.457	73,36
5	7.057	82,27	7.007	80,98
<i>missing</i>	<i>303</i>	<i>5,39</i>	<i>274</i>	<i>4,83</i>

2c - INDUSTRIA

CARATTERISTICHE	2008-2010		2011-2013	
	N.	%	N.	%
Totale esposti	9.261	9,36	8.110	8,08
Genere				
F	4.667	9,04	3.867	7,35
M	4.594	9,71	4.243	8,88
Classi di età (anni)				
<=49	4.954	9,75	4.746	9,53
50-59	1.391	9,61	1.269	7,98
60-69	1.254	9,39	997	7,52
70-79	923	8,16	721	5,73
80+	739	8,23	377	4,25
Indice di Deprivazione				
1	3.130	6,50	1.691	3,43
2	1.345	7,86	831	4,82
3	1.952	16,26	1.321	10,87
4	1.381	18,44	1.854	24,92
5	1.386	16,16	2.394	27,67
<i>missing</i>	<i>67</i>	<i>1,19</i>	<i>19</i>	<i>0,33</i>

2d - PORTO

CARATTERISTICHE	2008-2010		2011-2013	
	N.	%	N.	%
Totale esposti	12.427	12,56	12.636	12,59
Genere				
F	6.384	12,37	6.555	12,46
M	6.043	12,78	6.081	12,73
Classi di età (anni)				
<=49	6.670	13,13	6.485	13,02
50-59	1.793	12,39	1.974	12,42
60-69	1.607	12,03	1.625	12,26
70-79	1.265	11,19	1.456	11,57
80+	1.092	12,16	1.096	12,36
Indice di Deprivazione				
1	3.737	7,77	3.771	7,66
2	2.114	12,35	2.135	12,37
3	2.456	20,46	2.508	20,64
4	1.658	22,14	1.714	23,04
5	2.159	25,17	2.225	25,71
<i>missing</i>	<i>303</i>	<i>5,39</i>	<i>283</i>	<i>4,99</i>

Tab. 3 - Rapporti Standardizzati di Mortalità (SMR), per causa e genere. Popolazione standard: residenti in Emilia-Romagna. Triennio 2011-2013

CAUSA DI MORTE	FEMMINE				MASCHI			
	Osserv.	Attesi	SMR	IC 95%	Osserv.	Attesi	SMR	IC 95%
Cause naturali	1.778	2.202,5	0,81	(0,77 - 0,85)	1.576	1.977,2	0,80	(0,76 - 0,84)
Malattie cardiovascolari	698	931,2	0,75	(0,70 - 0,81)	514	715,8	0,72	(0,66 - 0,78)
Malattie ischemiche cardiache	196	264,1	0,74	(0,64 - 0,85)	230	277,8	0,83	(0,72 - 0,94)
Malattie cerebrovascolari	181	238,7	0,76	(0,65 - 0,88)	116	160,2	0,72	(0,60 - 0,87)
Malattie apparato respiratorio	122	159,5	0,77	(0,64 - 0,91)	119	176,8	0,67	(0,56 - 0,81)
Infezioni vie respiratorie	44	53,9	0,82	(0,59 - 1,10)	37	47,9	0,77	(0,54 - 1,06)

Tab. 4 - Rapporti Standardizzati di Ospedalizzazione (SHR), per diagnosi e genere. Popolazione standard: residenti in Emilia-Romagna. Triennio 2011-2013

OSPEDALIZZAZIONE: DIAGNOSI	FEMMINE				MASCHI			
	Osserv.	Attesi	SHR	IC 95%	Osserv.	Attesi	SHR	IC 95%
Cause naturali (escl. compl. gravidanza, parto, puerp.)	15.204	16.651,2	0,91	(0,90 - 0,93)	14.137	15.822,8	0,89	(0,88 - 0,91)
Malattie sistema circolatorio	2.881	3.299,8	0,87	(0,84 - 0,91)	3.398	3.816,3	0,89	(0,86 - 0,92)
Malattie cardiache	1.866	1.903,1	0,98	(0,94 - 1,03)	2.305	2.407,3	0,96	(0,92 - 0,99)
Malattie ischemiche cuore	396	468,2	0,85	(0,76 - 0,93)	929	957,2	0,97	(0,91 - 1,03)
<i>Mal. ischemiche acute (infarto miocardio, altre forme acute e subacute di cardiopatia isch.)</i>	265	340,0	0,78	(0,69 - 0,88)	548	627,9	0,87	(0,80 - 0,95)
Insuff. cardiaca (scomp. card.)	702	661,1	1,06	(0,98 - 1,14)	610	607,3	1,00	(0,93 - 1,09)
Malattie cerebrovascolari	431	671,4	0,64	(0,58 - 0,71)	448	662,2	0,68	(0,62 - 0,74)
Malattie apparato respiratorio	1.665	1.558,6	1,07	(1,02 - 1,12)	1.773	1.782,5	0,99	(0,95 - 1,042)
Inf. acute vie respiratorie	658	395,1	1,67	(1,54 - 1,80)	627	455,5	1,38	(1,27 - 1,49)
Mal. polm. croniche ostrutt.	277	189,4	1,46	(1,30 - 1,65)	294	221,2	1,33	(1,18 - 1,49)
Asma	34	23,9	1,42	(0,98 - 1,99)	16	10,4	1,54	(0,88 - 2,51)
Mal. (non neoplastiche) tiroide	91	137,1	0,66	(0,53 - 0,81)	27	46,1	0,59	(0,39 - 0,85)
Diabete	136	137,2	0,99	(0,83 - 1,17)	174	164,9	1,06	(0,90 - 1,22)

Tab. 5 - Rapporti Standardizzati di Incidenza (SIR), per tipo di tumore e genere. Popolazione standard: residenti in Romagna. Triennio 2008-2010

TIPI DI TUMORE	FEMMINE				MASCHI			
	Osserv.	Attesi	SIR	IC 95%	Osserv.	Attesi	SIR	IC 95%
Tutti i tumori maligni, escl. cute non melanomatosi	1.036	1.191,3	0,87	(0,82 - 0,92)	1.007	1.369,0	0,74	(0,69 - 0,78)
Stomaco	40	62,3	0,64	(0,46 - 0,87)	35	84,1	0,42	(0,29 - 0,58)
Colon	88	107,5	0,82	(0,66 - 1,01)	104	114,8	0,91	(0,74 - 1,10)
Retto	29	41,3	0,70	(0,47 - 1,01)	32	54,3	0,59	(0,40 - 0,83)
Fegato	11	13,9	0,79	(0,39 - 1,41)	21	32,4	0,65	(0,40 - 0,99)
Pancreas	37	45,1	0,82	(0,58 - 1,13)	22	35,6	0,62	(0,39 - 0,93)
Trachea, Polmone	75	81,7	0,92	(0,72 - 1,15)	149	198,0	0,75	(0,64 - 0,88)
Pelle melanoma	37	38,1	0,97	(0,68 - 1,34)	46	38,9	1,18	(0,87 - 1,58)
Mammella	313	334,3	0,94	(0,84 - 1,05)	4	3,1	1,29	(0,35 - 3,30)
Prostata					221	296,7	0,75	(0,65 - 0,85)
Rene e Vie urinarie	38	35,2	1,08	(0,76 - 1,48)	51	63,2	0,81	(0,60 - 1,06)
Vescica	24	36,0	0,67	(0,43 - 0,99)	100	126,8	0,79	(0,64 - 0,96)
Encefalo e altre SNC	16	19,8	0,81	(0,46 - 1,31)	15	21,1	0,71	(0,40 - 1,18)
Tiroide	97	77,7	1,25	(1,01 - 1,52)	41	26,6	1,54	(1,11 - 2,10)
Tumori emolinfopoietici	80	97,4	0,82	(0,65 - 1,02)	86	109,0	0,79	(0,63 - 0,97)
Linfoma non Hodgkin	32	42,9	0,75	(0,51 - 1,05)	42	48,7	0,87	(0,62 - 1,16)
Mieloma multiplo	24	22,2	1,08	(0,69 - 1,61)	16	23,1	0,69	(0,40 - 1,12)
Leucemie	16	26,9	0,59	(0,34 - 0,96)	24	31,7	0,76	(0,48 - 1,13)

Tab. 6a-d - Analisi della mortalità nella popolazione esposta, per fonte di esposizione, causa e genere. Triennio 2011-2013

6a - TRAFFICO

CAUSA DI MORTE	FEMMINE			MASCHI		
	Oss.	IRR	IC 95%	Oss.	IRR	IC 95%
Cause naturali	501	1,13	(0,97 - 1,32)	461	1,03	(0,89 - 1,20)
Malattie cardiovascolari	188	1,03	(0,80 - 1,32)	155	1,00	(0,77 - 1,29)
Malattie ischemiche cardiache	51	0,79	(0,50 - 1,23)	70	1,00	(0,69 - 1,47)
Malattie cerebrovascolari	46	1,71	(0,94 - 3,10)	34	0,86	(0,50 - 1,46)
Malattie apparato respiratorio	31	1,84	(0,87 - 3,92)	34	0,91	(0,52 - 1,58)
Infezioni vie respiratorie	10	5,13	(0,65 - 40,28)	11	0,85	(0,32 - 2,23)

6b - RISCALDAMENTO

CAUSA DI MORTE	FEMMINE			MASCHI		
	Oss.	IRR	IC 95%	Oss.	IRR	IC 95%
Cause naturali	1.308	1,09	(0,94 - 1,26)	1.167	1,09	(0,95 - 1,26)
Malattie cardiovascolari	506	1,04	(0,82 - 1,31)	376	1,11	(0,86 - 1,43)
Malattie ischemiche cardiache	136	0,88	(0,57 - 1,35)	171	1,14	(0,78 - 1,67)
Malattie cerebrovascolari	127	1,18	(0,71 - 1,95)	80	0,96	(0,57 - 1,62)
Malattie apparato respiratorio	102	2,53	(1,17 - 5,46)	93	1,18	(0,69 - 2,05)
Infezioni vie respiratorie	39	6,89	(0,94 - 50,25)	28	0,97	(0,38 - 2,53)

6c - INDUSTRIA

CAUSA DI MORTE	FEMMINE			MASCHI		
	Oss.	IRR	IC 95%	Oss.	IRR	IC 95%
Cause naturali	64	0,71	(0,55 - 0,92)	93	0,85	(0,68 - 1,06)
Malattie cardiovascolari	15	0,47	(0,28 - 0,79)	33	1,04	(0,72 - 1,51)
Malattie ischemiche cardiache	5	0,58	(0,24 - 1,43)	16	1,05	(0,61 - 1,79)
Malattie cerebrovascolari	5	0,57	(0,23 - 1,41)	9	1,44	(0,70 - 2,96)
Malattie apparato respiratorio	2	0,28	(0,07 - 1,15)	6	0,70	(0,30 - 1,64)
Infezioni vie respiratorie	0	-	- - -	3	1,39	(0,40 - 4,84)

6d - PORTO

CAUSA DI MORTE	FEMMINE			MASCHI		
	Oss.	IRR	IC 95%	Oss.	IRR	IC 95%
Cause naturali	182	0,75	(0,64 - 0,88)	193	0,89	(0,76 - 1,04)
Malattie cardiovascolari	66	0,68	(0,52 - 0,89)	78	1,18	(0,92 - 1,53)
Malattie ischemiche cardiache	18	0,70	(0,42 - 1,16)	40	1,29	(0,89 - 1,85)
Malattie cerebrovascolari	13	0,45	(0,25 - 0,80)	16	1,13	(0,64 - 1,98)
Malattie apparato respiratorio	8	0,37	(0,18 - 0,76)	11	0,56	(0,30 - 1,08)
Infezioni vie respiratorie	1	0,09	(0,01 - 0,68)	3	0,55	(0,16 - 1,89)

Tab. 7a-d - Analisi dei ricoveri nella popolazione esposta, per fonte di esposizione, diagnosi e genere. Triennio 2011-2013

7a - TRAFFICO

OSPEDALIZZAZIONE: DIAGNOSI	FEMMINE			MASCHI		
	Oss.	IRR	IC 95%	Oss.	IRR	IC 95%
Cause naturali (escl. compl. gravidanza, parto, puerp.)	1.975	1,01	(0,96 - 1,06)	4.213	0,95	(0,91 - 0,99)
Malattie sistema circolatorio	355	0,87	(0,74 - 1,01)	973	0,89	(0,80 - 0,98)
Malattie cardiache	246	1,08	(0,93 - 1,24)	668	0,88	(0,78 - 0,99)
Malattie ischemiche del cuore	43	0,80	(0,57 - 1,11)	267	0,95	(0,78 - 1,14)
Mal. ischemiche acute (infarto del miocardio, altre forme acute e subacute di cardiopatia isch.)	32	0,91	(0,62 - 1,34)	166	1,10	(0,86 - 1,41)
Insufficienza cardiaca (scompenso cardiaco)	86	1,00	(0,79 - 1,27)	180	0,77	(0,62 - 0,97)
Malattie cerebrovascolari	117	0,95	(0,71 - 1,27)	127	0,76	(0,59 - 0,98)
Malattie apparato respiratorio	201	0,87	(0,44 - 1,71)	510	0,83	(0,73 - 0,94)
Infezioni acute delle vie respiratorie	78	0,82	(0,64 - 1,05)	197	0,92	(0,74 - 1,15)
Mal. polmonari croniche ostruttive	37	0,91	(0,63 - 1,32)	74	0,59	(0,43 - 0,81)
Asma	2	0,31	(0,07 - 1,35)	7	1,53	(0,38 - 6,14)
Mal. (non neoplastiche) della tiroide	35	1,10	(0,64 - 1,87)	10	3,53	(0,93 - 13,33)
Diabete	16	0,95	(0,55 - 1,65)	46	0,84	(0,55 - 1,30)

7b - RISCALDAMENTO

OSPEDALIZZAZIONE: DIAGNOSI	FEMMINE			MASCHI		
	Oss.	IRR	IC 95%	Oss.	IRR	IC 95%
Cause naturali (escl. compl. gravidanza, parto, puerp.)	11.252	1,00	(0,96 - 1,05)	10.083	0,94	(0,90 - 0,98)
Malattie sistema circolatorio	2.188	1,03	(0,93 - 1,15)	2.412	0,87	(0,80 - 0,95)
Malattie cardiache	1.409	0,97	(0,85 - 1,11)	1.639	0,85	(0,77 - 0,94)
Malattie ischemiche del cuore	323	1,67	(1,20 - 2,33)	667	0,92	(0,78 - 1,08)
Mal. ischemiche acute (infarto del miocardio, altre forme acute e subacute di cardiopatia isch.)	223	1,77	(1,17 - 2,69)	390	0,99	(0,79 - 1,23)
Insufficienza cardiaca (scompenso cardiaco)	517	0,86	(0,70 - 1,06)	430	0,76	(0,62 - 0,94)
Malattie cerebrovascolari	338	1,21	(0,91 - 1,60)	325	0,90	(0,71 - 1,14)
Malattie apparato respiratorio	1.235	0,95	(0,83 - 1,09)	1.247	0,86	(0,76 - 0,97)
Infezioni acute delle vie respiratorie	496	0,93	(0,75 - 1,16)	459	0,99	(0,80 - 1,22)
Mal. polmonari croniche ostruttive	202	0,86	(0,62 - 1,19)	196	0,65	(0,49 - 0,85)
Asma	27	2,81	(0,67 - 11,84)	12	1,50	(0,33 - 6,72)
Mal. (non neoplastiche) della tiroide	63	0,72	(0,44 - 1,18)	21	1,39	(0,48 - 4,07)
Diabete	109	1,23	(0,73 - 2,05)	118	0,84	(0,57 - 1,23)

7c - INDUSTRIA

OSPEDALIZZAZIONE: DIAGNOSI	FEMMINE			MASCHI		
	Oss.	IRR	IC 95%	Oss.	IRR	IC 95%
Cause naturali (escl. compl. gravidanza, parto, puerp.)	945	0,89	(0,83 - 0,95)	986	0,88	(0,82 - 0,94)
Malattie sistema circolatorio	134	0,79	(0,66 - 0,94)	209	0,87	(0,75 - 1,01)
Malattie cardiache	85	0,86	(0,69 - 1,08)	143	0,91	(0,76 - 1,09)
Malattie ischemiche del cuore	14	0,59	(0,34 - 1,02)	54	0,75	(0,56 - 0,99)
Mal. ischemiche acute (infarto del miocardio, altre forme acute e subacute di cardiopatia isch.)	12	0,75	(0,42 - 1,36)	33	0,74	(0,51 - 1,07)
Insufficienza cardiaca (scompenso cardiaco)	31	0,91	(0,63 - 1,31)	41	1,15	(0,82 - 1,60)
Malattie cerebrovascolari	17	0,72	(0,44 - 1,17)	30	1,06	(0,73 - 1,54)
Malattie apparato respiratorio	100	0,87	(0,71 - 1,08)	133	0,95	(0,78 - 1,14)
Infezioni acute delle vie respiratorie	37	0,89	(0,63 - 1,25)	47	0,97	(0,70 - 1,32)
Mal. polmonari croniche ostruttive	15	0,81	(0,48 - 1,39)	28	1,57	(1,04 - 2,38)
Asma	0	-	- - -	1	0,81	(0,09 - 7,10)
Mal. (non neoplastiche) della tiroide	6	1,02	(0,43 - 2,42)	0	-	- - -
Diabete	10	1,21	(0,62 - 2,36)	11	0,83	(0,44 - 1,59)

7d - PORTO

OSPEDALIZZAZIONE: DIAGNOSI	FEMMINE			MASCHI		
	Oss.	IRR	IC 95%	Oss.	IRR	IC 95%
Cause naturali (escl. compl. gravidanza, parto, puerp.)	1.975	1,01	(0,96 - 1,06)	1.799	1,02	(0,96 - 1,07)
Malattie sistema circolatorio	355	0,97	(0,86 - 1,09)	438	1,06	(0,96 - 1,18)
Malattie cardiache	246	1,07	(0,93 - 1,24)	297	1,06	(0,93 - 1,20)
Malattie ischemiche del cuore	43	0,80	(0,57 - 1,11)	115	1,02	(0,83 - 1,26)
Mal. ischemiche acute (infarto del miocardio, altre forme acute e subacute di cardiopatia isch.)	32	0,91	(0,62 - 1,34)	71	1,05	(0,81 - 1,37)
Insufficienza cardiaca (scompenso cardiaco)	86	1,00	(0,79 - 1,27)	82	1,06	(0,83 - 1,36)
Malattie cerebrovascolari	44	0,80	(0,59 - 1,10)	62	1,16	(0,88 - 1,52)
Malattie apparato respiratorio	201	0,87	(0,74 - 1,01)	236	1,03	(0,89 - 1,19)
Infezioni acute delle vie respiratorie	78	0,82	(0,64 - 1,05)	74	0,83	(0,64 - 1,07)
Mal. polmonari croniche ostruttive	37	0,91	(0,63 - 1,32)	53	1,41	(1,02 - 1,93)
Asma	2	0,31	(0,07 - 1,35)	5	4,66	(1,44 - 15,08)
Mal. (non neoplastiche) della tiroide	10	0,87	(0,44 - 1,71)	1	0,18	(0,02 - 1,37)
Diabete	16	0,95	(0,55 - 1,65)	21	0,94	(0,58 - 1,51)

Tab. 8a-d - Analisi dell'incidenza tumori nella popolazione esposta, per fonte di esposizione, sede e genere. Triennio 2008-2010

8a - TRAFFICO

TIPI DI TUMORE	FEMMINE			MASCHI		
	Oss.	IRR	IC 95%	Oss.	IRR	IC 95%
Tutti i tumori maligni, escl. cute non melanomatosi	461	1,04	(0,87 - 1,24)	427	0,88	(0,74 - 1,03)
Stomaco	18	1,08	(0,42 - 2,76)	13	0,50	(0,21 - 1,16)
Colon	40	1,08	(0,59 - 1,96)	44	1,05	(0,61 - 1,82)
Retto	15	0,92	(0,37 - 2,29)	10	0,46	(0,19 - 1,13)
Fegato	4	0,44	(0,10 - 2,01)	9	1,85	(0,49 - 7,03)
Pancreas	18	1,55	(0,52 - 4,65)	9	0,70	(0,23 - 2,13)
Trachea, Polmone	30	1,50	(0,68 - 3,32)	64	0,86	(0,57 - 1,32)
Pelle melanoma	14	0,78	(0,32 - 1,89)	21	1,06	(0,48 - 2,32)
Mammella	143	1,02	(0,75 - 1,40)	3	1,02	(0,75 - 1,40)
Prostata				83	0,60	(0,43 - 0,84)
Rene e Vie urinarie	15	0,71	(0,30 - 1,71)	32	3,13	(1,21 - 8,13)
Vescica	9	0,70	(0,23 - 2,14)	45	1,03	(0,61 - 1,74)
Encefalo e altre SNC	9	1,76	(0,37 - 8,35)	4	0,78	(0,17 - 3,63)
Tiroide	52	1,05	(0,63 - 1,75)	15	0,54	(0,26 - 1,15)
Tumori emolinfopoietici	33	1,27	(0,63 - 2,54)	46	1,83	(0,96 - 3,50)
Linfoma non Hodgkin	10	0,58	(0,21 - 1,62)	26	2,90	(1,00 - 8,39)
Mieloma multiplo	10	1,42	(0,39 - 5,24)	8	1,93	(0,40 - 9,42)
Leucemie	9	3,39	(0,42 - 27,1)	10	0,83	(0,29 - 2,33)

8b - RISCALDAMENTO

TIPI DI TUMORE	FEMMINE			MASCHI		
	Oss.	IRR	IC 95%	Oss.	IRR	IC 95%
Tutti i tumori maligni, escl. cute non melanomatosi	795	1,09	(0,91 - 1,30)	747	0,95	(0,81 - 1,13)
Stomaco	34	3,02	(0,72 - 12,59)	22	0,45	(0,20 - 0,97)
Colon	68	1,15	(0,60 - 2,17)	78	1,33	(0,72 - 2,45)
Retto	20	0,52	(0,22 - 1,24)	23	0,66	(0,29 - 1,51)
Fegato	8	0,59	(0,12 - 2,85)	14	1,99	(0,42 - 9,41)
Pancreas	34	1,87	(0,57 - 6,13)	17	1,25	(0,37 - 4,28)
Trachea, Polmone	58	1,24	(0,61 - 2,54)	113	0,93	(0,60 - 1,45)
Pelle melanoma	28	1,50	(0,52 - 4,28)	32	1,35	(0,57 - 3,24)
Mammella	244	1,11	(0,80 - 1,53)	4	1,11	(0,80 - 1,53)
Prostata	-	-	- - -	162	0,88	(0,62 - 1,25)
Rene e Vie urinarie	31	1,88	(0,57 - 6,16)	33	0,61	(0,31 - 1,18)
Vescica	15	0,46	(0,18 - 1,18)	80	1,29	(0,71 - 2,31)
Encefalo e altre SNC	13	1,20	(0,27 - 5,36)	12	1,48	(0,33 - 6,61)
Tiroide	72	1,02	(0,59 - 1,76)	30	1,05	(0,46 - 2,40)
Tumori emolinfopoietici	62	1,23	(0,62 - 2,43)	67	1,00	(0,56 - 1,79)
Linfoma non Hodgkin	25	0,95	(0,36 - 2,50)	31	0,96	(0,42 - 2,20)
Mieloma multiplo	19	1,15	(0,34 - 3,90)	14	1,52	(0,34 - 6,72)
Leucemie	11	0,92	(0,20 - 4,17)	19	0,89	(0,30 - 2,65)

8c - INDUSTRIA

TIPI DI TUMORE	FEMMINE			MASCHI		
	Oss.	IRR	IC 95%	Oss.	IRR	IC 95%
Tutti i tumori maligni, escl. cute non melanomatosi	82	0,89	(0,71 - 1,12)	93	0,99	(0,79 - 1,23)
Stomaco	2	0,56	(0,13 - 2,36)	6	2,44	(0,98 - 6,06)
Colon	6	0,74	(0,32 - 1,72)	10	1,11	(0,57 - 2,18)
Retto	3	1,09	(0,32 - 3,73)	6	2,13	(0,85 - 5,34)
Fegato	2	2,42	(0,48 - 12,06)	1	0,47	(0,06 - 3,61)
Pancreas	3	0,98	(0,30 - 3,25)	5	3,31	(1,17 - 9,35)
Trachea, Polmone	2	0,30	(0,07 - 1,23)	17	1,20	(0,71 - 2,01)
Pelle melanoma	5	1,55	(0,58 - 4,13)	2	0,45	(0,11 - 1,86)
Mammella	27	1,02	(0,68 - 1,53)	1	1,02	(0,68 - 1,53)
Prostata	-	-	- - -	20	1,07	(0,67 - 1,71)
Rene e Vie urinarie	4	1,14	(0,40 - 3,30)	2	0,37	(0,09 - 1,56)
Vescica	2	0,99	(0,22 - 4,37)	8	0,79	(0,38 - 1,64)
Encefalo e altre SNC	1	0,63	(0,08 - 4,93)	1	0,65	(0,08 - 5,17)
Tiroide	9	1,00	(0,50 - 2,02)	2	0,45	(0,11 - 1,89)
Tumori emolinfopoietici	6	0,77	(0,33 - 1,80)	4	0,42	(0,15 - 1,17)
Linfoma non Hodgkin	2	0,67	(0,16 - 2,87)	1	0,22	(0,03 - 1,64)
Mieloma multiplo	2	0,82	(0,19 - 3,57)	1	0,50	(0,06 - 3,86)
Leucemie	1	0,70	(0,09 - 5,55)	2	0,84	(0,19 - 3,73)

8d - PORTO

TIPI DI TUMORE	FEMMINE			MASCHI		
	Oss.	IRR	IC 95%	Oss.	IRR	IC 95%
Tutti i tumori maligni, escl. cute non melanomatosi	123	0,98	(0,81 - 1,20)	124	0,98	(0,81 - 1,19)
Stomaco	4	0,95	(0,32 - 2,81)	7	1,94	(0,80 - 4,67)
Colon	9	0,83	(0,40 - 1,69)	11	0,90	(0,47 - 1,72)
Retto	5	1,72	(0,61 - 4,83)	7	1,81	(0,74 - 4,44)
Fegato	2	1,12	(0,22 - 5,76)	3	0,98	(0,26 - 3,63)
Pancreas	2	0,50	(0,12 - 2,11)	5	2,40	(0,84 - 6,80)
Trachea, Polmone	6	0,59	(0,25 - 1,40)	22	1,13	(0,70 - 1,83)
Pelle melanoma	6	1,32	(0,52 - 3,34)	3	0,52	(0,16 - 1,70)
Mammella	38	1,04	(0,73 - 1,49)	1	1,04	(0,73 - 1,49)
Prostata	-	-	- - -	20	1,17	(0,78 - 1,76)
Rene e Vie urinarie	4	0,85	(0,29 - 2,48)	3	0,42	(0,13 - 1,37)
Vescica	2	0,65	(0,14 - 2,97)	11	0,74	(0,39 - 1,41)
Encefalo e altre SNC	1	0,39	(0,05 - 3,15)	1	0,44	(0,06 - 3,53)
Tiroide	11	0,90	(0,47 - 1,73)	4	0,67	(0,23 - 1,96)
Tumori emolinfopoietici	15	1,48	(0,81 - 2,72)	6	0,45	(0,19 - 1,06)
Linfoma non Hodgkin	4	0,98	(0,33 - 2,94)	1	0,15	(0,02 - 1,11)
Mieloma multiplo	4	1,29	(0,40 - 4,12)	1	0,47	(0,06 - 3,70)
Leucemie	3	1,49	(0,38 - 5,90)	4	1,15	(0,37 - 3,54)

Fig. 1 - Mappa di dispersione di NO₂ per la fonte Riscaldamento, media del periodo 2011-2013

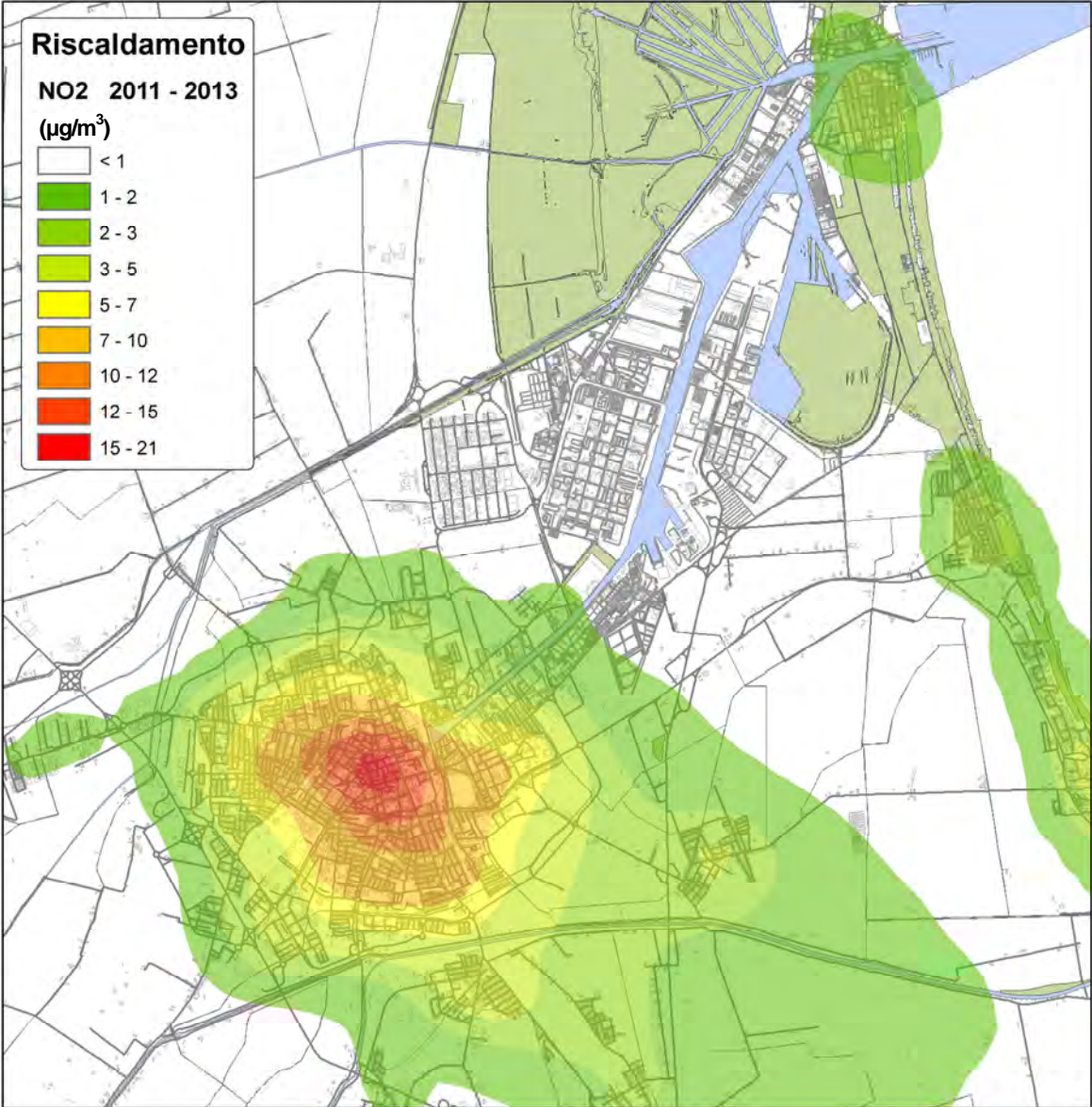


Fig. 2 - Mappa di dispersione di PM₁₀ per la fonte Traffico, media del periodo 2011-2013

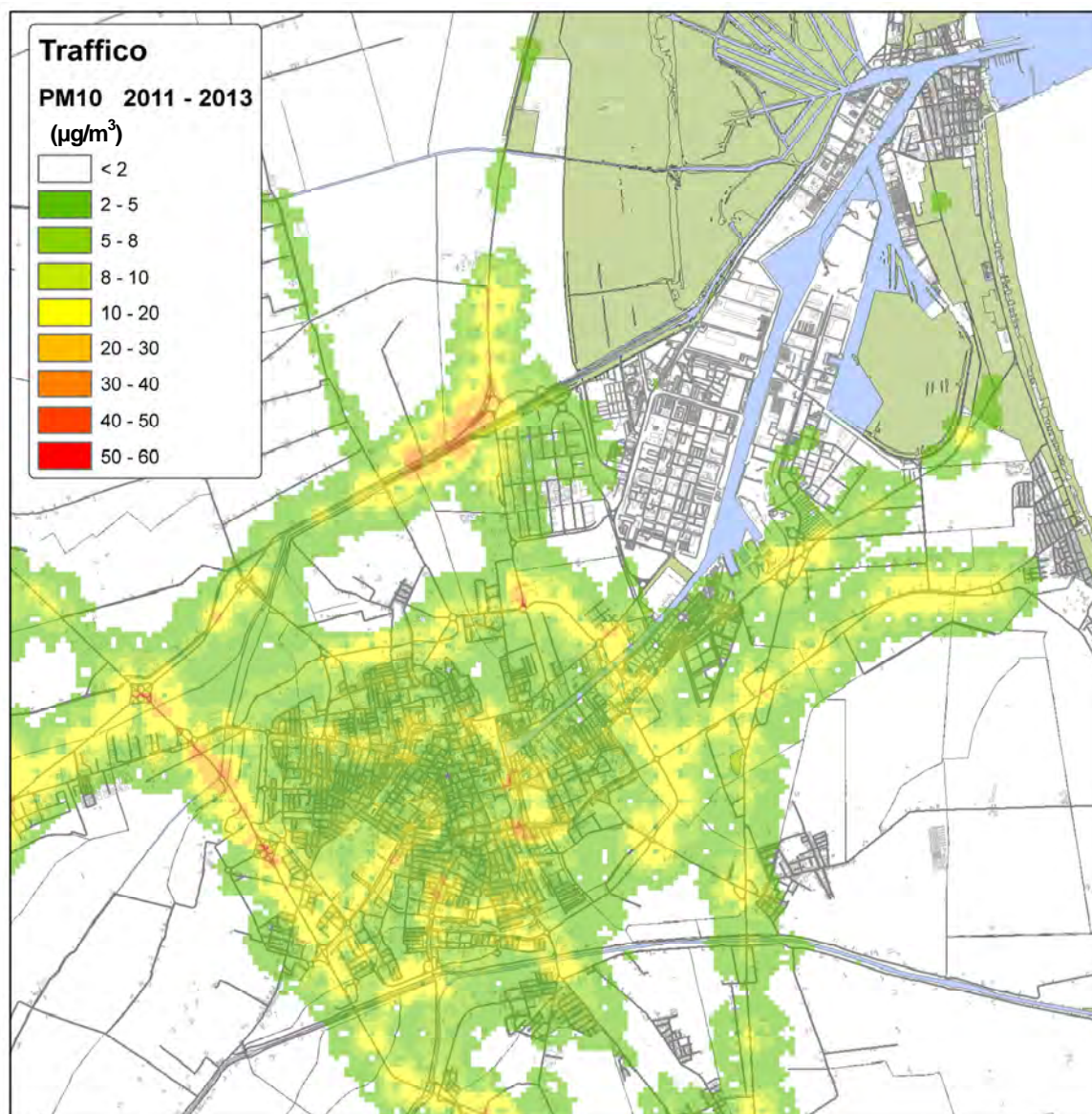


Fig. 3 - Mappa di dispersione di NO₂ per la fonte Industria, media del periodo 2011-2013

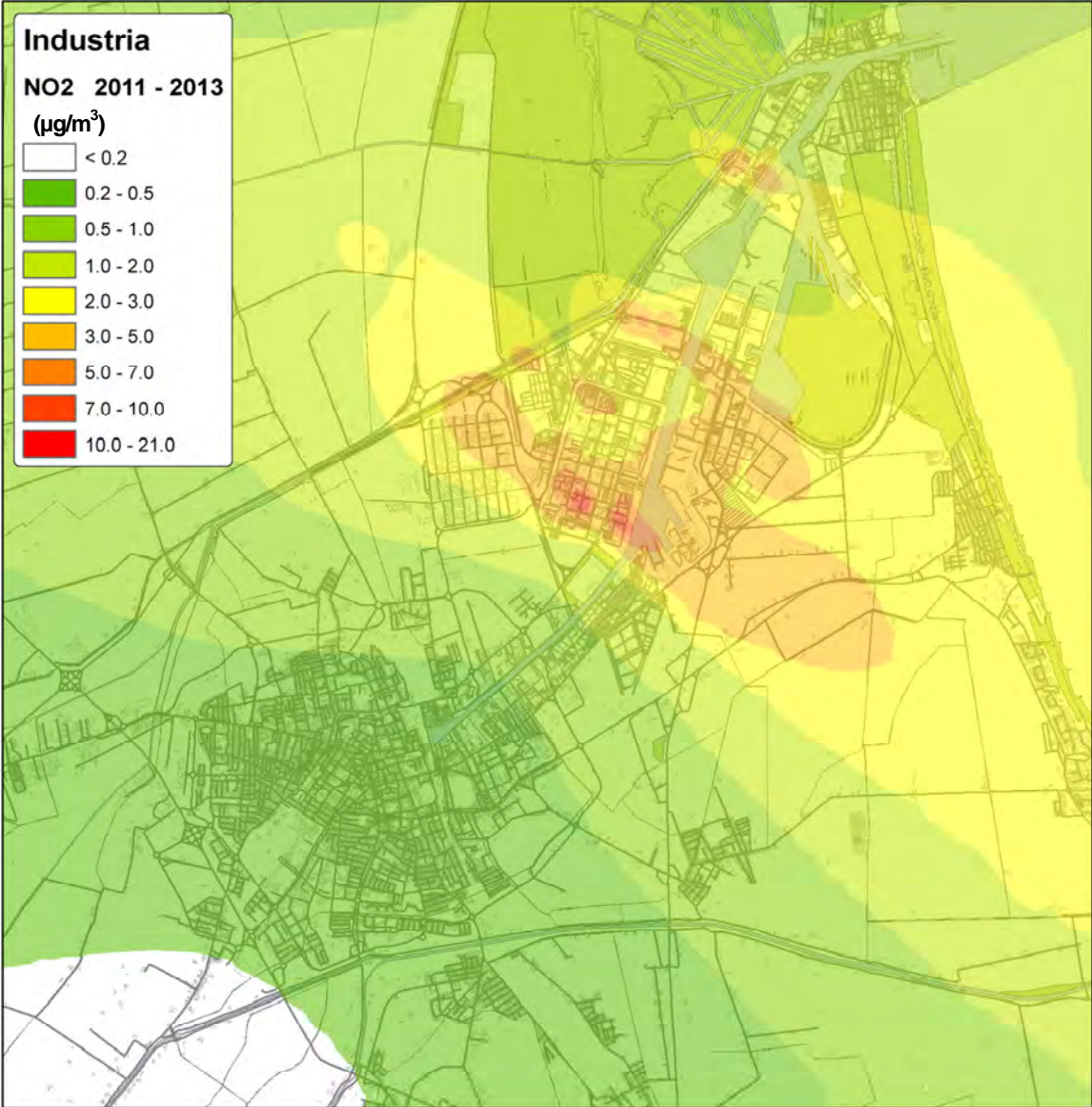
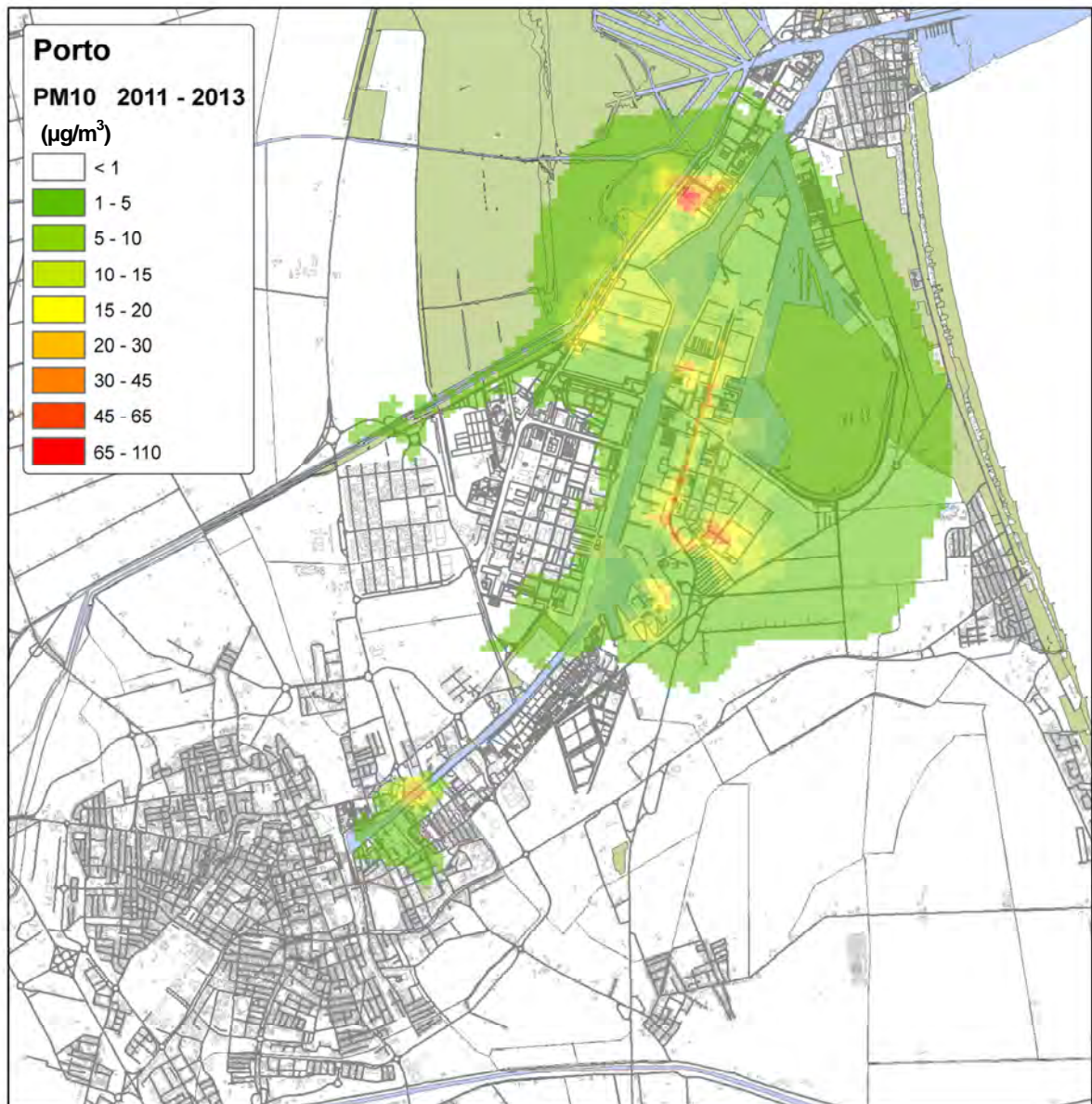
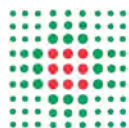


Fig. 4 - Mappa di dispersione di PM₁₀ per la fonte Porto, media del periodo 2011-2013



Insieme, *sulle vie della cura*



**SERVIZIO SANITARIO REGIONALE
EMILIA-ROMAGNA**

Azienda Unità Sanitaria Locale della Romagna

Stampa a cura del Centro Stampa di Ravenna
PUBBLICAZIONE N.00134 (stampa: marzo 2017)