

Osservatorio ambiente e salute



# Indagine epidemiologica ambientale nell'area Monfalconese

Parte seconda:

Effetti a lungo e a breve termine degli inquinanti atmosferici  
sull'infarto del miocardio nel monfalconese

A CURA DI OSSERVATORIO AMBIENTE E SALUTE

LUCA MARCHESI<sup>1</sup> Responsabile dell' Osservatorio Ambiente e Salute:

FABIO BARBONE<sup>2,3</sup> Referente e responsabile scientifico dell' attività

GRUPPO DI LAVORO:

ANNA BUSOLIN<sup>4</sup>  
PAOLO COLLARILE<sup>5</sup>  
SIMONETTA FUSER<sup>1</sup>  
DIEGO SERRAINO<sup>5</sup>  
FULVIO STEL<sup>1</sup>  
LORIS ZANIER<sup>4</sup>

*1 Agenzia Regionale Protezione Ambiente Friuli Venezia Giulia (ARPA FVG)*

*2 Dipartimento di Area Medica (DAME), Università degli Studi di Udine*

*3 Direzione Scientifica, IRCCS Burlo Garofolo Trieste*

*4 Direzione centrale salute, integrazione sociosanitaria, politiche sociali e famiglia- Servizio di Epidemiologia Regione Friuli Venezia Giulia*

*5 SOC Epidemiologia Oncologica e Registri Tumori del Friuli Venezia Giulia, IRCCS Centro di Riferimento Oncologico, , Aviano*

## Sommario

1.	INTRODUZIONE .....	5
2.	I PRECEDENTI STUDI E LA PROGRAMMAZIONE.....	6
3.	OBIETTIVI DELLO STUDIO .....	10
4.	L'ELABORAZIONE DEL DATO AMBIENTALE NEL MONFALCONESE. ....	10
5.	INQUADRAMENTO AMBIENTALE DEL MONFALCONESE .....	11
5.1	ARIA, COMPONENTE EMISSIVA .....	12
5.2	ARIA, COMPONENTE IMMISSIVA.....	15
5.3	ARIA, LE MATRICI DI INQUINANTE UTILIZZATE NELL'INDAGINE.....	16
6.	METODI DELL'ANALISI STATISTICA .....	21
6.1	AREA DI STUDIO.....	21
6.2	SELEZIONE DEI CASI CON INFARTO MIOCARDICO ACUTO.....	21
6.3	POPOLAZIONE IN STUDIO .....	21
6.4	ESPOSIZIONE AMBIENTALE.....	23
6.5	DISEGNO DELLO STUDIO E ANALISI DEI DATI .....	23
7.	GUIDA ALLA LETTURA DEI RISULTATI .....	25
8.	ANALISI DESCRITTIVA DEI CASI DI IMA NELL'AREA IN STUDIO.....	27
9.	INCIDENZA DEGLI INFARTI MIOCARDICI ACUTI SULL'INTERA AREA DI STUDIO .....	29
9.1	EFFETTI PER ESPOSIZIONI A LUNGO TERMINE .....	29
9.2	DISCUSSIONE .....	29
10.	MORTALITÀ PER INFARTO MIOCARDICO ACUTO NELL'INTERA AREA DI STUDIO .....	30
10.1	EFFETTI PER ESPOSIZIONI A LUNGO TERMINE .....	30
10.2	DISCUSSIONE .....	30
11.	BENZENE.....	32
11.1	EFFETTI PER ESPOSIZIONI A LUNGO TERMINE .....	32
11.2	EFFETTI PER ESPOSIZIONI A BREVE TERMINE .....	33
11.3	DISCUSSIONE .....	34
12.	BIOSSIDI DI AZOTO (NO <sub>2</sub> ).....	35
12.1	EFFETTI PER ESPOSIZIONE A LUNGO TERMINE.....	35
12.2	EFFETTI PER ESPOSIZIONE A BREVE TERMINE .....	36
12.3	DISCUSSIONE .....	39
13.	POLVERI SOTTILI (PM <sub>10</sub> ) .....	40
13.1	EFFETTI PER ESPOSIZIONI A LUNGO TERMINE .....	40
13.2	EFFETTI PER ESPOSIZIONE A BREVE TERMINE .....	41
13.3	DISCUSSIONE .....	43
14.	BIOSSIDI DI ZOLFO (SO <sub>2</sub> ) .....	45
14.1	EFFETTI PER ESPOSIZIONI A LUNGO TERMINE .....	45
14.2	EFFETTI PER ESPOSIZIONE A BREVE TERMINE .....	46
14.3	DISCUSSIONE .....	49

15.	OZONO (O <sub>3</sub> ) .....	50
15.1	EFFETTI PER ESPOSIZIONI A LUNGO TERMINE .....	50
15.2	EFFETTI PER ESPOSIZIONI A BREVE TERMINE .....	50
15.3	DISCUSSIONE .....	53
16.	VALUTAZIONE DEL RISCHIO DI INFARTO PER ESPOSIZIONI A BREVE TERMINE ENTRO 3000 METRI DALLA CENTRALE TERMOELETTRICA .....	54
16.1	EFFETTI PER ESPOSIZIONI A BREVE TERMINE .....	54
16.2	DISCUSSIONE .....	55
17.	CONCLUSIONI .....	57
18.	BIBLIOGRAFIA .....	59
19.	APPENDICI .....	60

## 1. INTRODUZIONE

L'area del Monfalconese è caratterizzata dalla presenza di diverse attività industriali attive dal secondo dopoguerra, che hanno esercitato e tuttora esercitano una considerevole pressione sull'ambiente. In particolare, nel Comune di Monfalcone sono presenti una centrale termoelettrica (dal 1963) e una rilevante attività portuale e altre attività industriali di rilievo (p.es., cantieristica navale, cartiere). Inoltre a pochi chilometri di distanza c'è l'aeroporto regionale del Friuli Venezia Giulia situato (dal 1961) nel Comune di Ronchi dei Legionari. L'area è interessata, in aggiunta, da assi viari di rilevanza regionale (SR305), nazionale, e sovranazionale (SS14, SS55, autostrada A4 e A34). Nel corso degli ultimi tre decenni nel Monfalconese, come in altre aree del Friuli Venezia Giulia, sono state intraprese numerose azioni tese a ridurre al minimo la pressione dovuta alle attività industriali. Tuttavia, l'inquinamento ambientale e le possibili ricadute sullo stato di salute della popolazione residente continua a destare una comprensibile preoccupazione nell'opinione pubblica, come anche nei responsabili della salute pubblica e della politica sanitaria. Questa situazione non è limitata al Monfalconese, ma si inserisce in un più complesso scenario caratterizzato da un aumento della sensibilità dell'opinione pubblica nei confronti delle tematiche legate alla salute e all'inquinamento ambientale. Sono infatti sempre più frequenti le segnalazioni di presunte aggregazioni spaziali e/o temporali (cluster) di malattie in aree caratterizzate dalla presenza di sorgenti inquinanti, in particolare tra le persone che risiedono o che lavorano in prossimità di tali aree, quali insediamenti industriali, centrali nucleari o inceneritori.

In base anche a queste motivazioni, i decisori pubblici del Friuli Venezia Giulia hanno istituito l'Osservatorio Ambiente e Salute del Friuli Venezia Giulia (con legge regionale nel 2008 poi aggiornata nel 2014). All'Osservatorio partecipa la Direzione Centrale Salute, Arpa FVG, Università e gli Enti del SSR. Questa specifica indagine intitolata "Infarto del miocardio e effetti a lungo e a breve termine di inquinanti atmosferici misurati nell'area monfalconese" rientra infatti in un ampio programma di valutazione ambientale ed epidemiologica, che ha già visto la realizzazione di numerosi studi epidemiologici descrittivi dell'intera area del Goriziano di cui il Monfalconese è una parte. Tali studi sono realizzati con l'utilizzo dei registri di patologia della Regione FVG (Registro tumori di popolazione regionale, Registro regionale Infarti Miocardici, utilizzo di Schede Dimissione Ospedaliera e Certificato Assistenza al Parto) e l'utilizzo di misure ARPA di concentrazione di particolari inquinanti presenti nella matrice aria.

## 2. I PRECEDENTI STUDI E LA PROGRAMMAZIONE

Per quanto riguarda il monitoraggio ambientale, nell'area del Monfalconese molto è stato fatto. La matrice aria è stata particolarmente indagata, valutata ed elaborata nel rispetto del D.Lgs 155/2010, recepimento della Direttiva Europea 2008/50/CE, come modificato dal D.Lgs. 250/2012. A tal proposito, ARPA dispone di stazioni di misura ed annualmente realizza delle specifiche relazioni con obiettivo di valutare l'andamento della qualità dell'aria con specifici approfondimenti per micro e macroinquinante considerati. Oltre a questa attività, vista la presenza di impianti industriali rilevanti, si è ritenuto utile avviare nell'area del Monfalconese una serie di monitoraggi ambientali particolareggiati, in grado di fornire adeguate informazioni sull'effettiva incidenza degli impatti ambientali ed avviare un corretto approccio per la tutela della salute pubblica.

Arpa, in collaborazione con ISPRA, ha iniziato nell'anno 2013 un approfondito studio su metalli e metalloidi, avviando campagne di monitoraggio dei metalli nelle PM10, anche "non normati" nell'area di Monfalcone: Sb-antimonio, As-arsenico, Cd-cadmio, Cr-cromo, Fe-ferro, Mn-manganese, Ni-nichel, Pb-piombo, Cu-rame, V-vanadio, Zn-zinco. La raccolta dei dati ambientali attraverso opportuna strumentazione ha permesso, in un periodo di inattività della centrale termoelettrica compreso tra il 09/04/2014 e il 04/07/2014, anche di valutare gli effettivi contributi delle emissioni dell'impianto in termini di inquinamento ed incidenza ambientale. Lo studio sui metalli non ha rilevato, a parte un certo numero di giornate anomale riconducibili a periodi autunno/inverno, particolari differenze nei fattori principali tra centrale accesa e spenta. Utilizzando i parametri determinati allo scopo di verifica della qualità dell'aria ai sensi del D.Lgs.155/2010, ARPA FVG non ha evidenza che vi siano effetti significativi sulla qualità dell'aria monfalconese derivanti dalla centrale termoelettrica.

Nel 2014 è stato condotto uno studio tramite licheni "Confronto della capacità di accumulo di due specie di licheni epifiti per la verifica di eventuali scostamenti dai valori di naturalità riconducibili all'attività della centrale termoelettrica di Monfalcone" con l'obiettivo di valutare se le anomalie ambientali riscontrate in una precedente indagine, condotta nel luglio 2013 sempre con licheni, potessero essere ricondotte all'attività della centrale termoelettrica. La conclusione dello studio con licheni ha permesso di evidenziare alcuni pattern distributivi delle polveri sospese, costituendo una solida base propedeutica per future indagini.

Sono stati avviati studi di "Source Apportionment" o "Apporto sorgenti" per valutare il contributo dei comparti emissivi presenti nel territorio attorno a Monfalcone e a determinare in modo rigoroso l'incidenza percentuale degli stessi rispetto ad una situazione complessiva di impatto ambientale. L'elaborazione del dato ambientale relativo alla concentrazione in aria di determinati inquinanti consente di trattare separatamente le emissioni delle diverse tipologie di sorgenti, simulando il livello complessivo delle concentrazioni di ogni inquinante ed anche la percentuale di contributo ascrivibile alle sorgenti emittive esaminate.

Per il Monfalconese sono stati esaminati i dati storici degli anni 1995-2000 relativi alle seguenti tipologie di sorgente: riscaldamento domestico, emissioni da traffico veicolare, emissioni da attività portuale, aeroporto, centrale termoelettrica ed attività produttive diverse dalla centrale termoelettrica. L'importanza del contributo percentuale delle diverse sorgenti (source apportionment) consente di individuare le tipologie di sorgenti maggiormente implicate tenendo conto non solo delle emissioni effettive (massa di inquinante) ma anche della dispersione e diluizione dovuta al modo in cui le emissioni sono rilasciate in atmosfera. La stima del contributo frazionario (in percentuale) degli inquinanti nelle aree abitate del Monfalconese nell'anno 1998 ha permesso di evidenziare come il contributo della centrale termoelettrica fosse minore sul totale rispetto ad altre fonti emittive, come ad esempio il contributo dovuto al traffico stradale.

I risultati di questo studio sono stati utilizzati per la misura dell'esposizione nell'indagine epidemiologia ambientale nel monfalconese sia per quanto riguarda l'aspetto tumori, sia che nella seconda parte relativa alla stima dell'incidenza degli infarti miocardici acuti.

A tutela dei lavoratori delle centrali a carbone e della popolazione che vive nelle immediate vicinanze sono in programmazione attività di valutazione dell'impatto radiologico come richiesto dalla Direttiva Europea

2013/59/EURATOM che mira alla misura degli effetti dell'accumulo dei radionuclidi naturali. E' previsto l'interfacciamento con l' Azienda Sanitaria competente territorialmente per la programmazione dei sopralluoghi e le analisi dei risultati.

Arpa FVG è attiva inoltre negli approfondimenti relativi alla qualità dei suoli/sedimenti e nella valutazione e verifica dei limiti di rumorosità permessi nei pressi della centrale termoelettrica.

Nel 2016 è stato costituito presso ARPA FVG un *focus group* composto da personale qualificato a supporto delle attività istituzionali di monitoraggio, controllo e valutazione su fattori determinanti di potenziali rischi per la popolazione. Il mandato specifico del focus presuppone il miglioramento delle conoscenze ambientali nell'intorno della centrale termoelettrica di Monfalcone, con particolare approfondimento dei grandi temi "qualità dell'aria", "metalli", "impatto da radionuclidi".

Come base di lavoro, il gruppo ha applicato una strategia riconosciuta da decenni dalla comunità scientifica internazionale formulando in tal modo un modello concettuale (Figura 1) di sorveglianza ambientale ed anche sanitaria applicata all'area di Monfalcone ed in particolare alla pressione "centrale termoelettrica

Il modello è stato realizzato utilizzando i criteri e i principi presenti negli schemi Drivers Pressure Status Impact Response (DPSIR) dell'EEA associandoli ai modelli Drivers Pressure Status Exposure Effect Action (DPSREEA) indicati dall'OMS. Così facendo il modello concettuale esplicita i legami tra le diverse componenti, solitamente oggetto di esami nei normali processi valutativi, permettendo di valutare la presenza delle condizioni di rischio per l'ambiente e contemporaneamente anche per la salute umana. La definizione di un modello concettuale consente inoltre di rilevare l'eventuale necessità di eseguire interventi mirati alla limitazione quantitativa e qualitativa delle pressioni di sorgenti primarie o secondarie ed anche alla verifica della bontà/efficacia delle policy making.

Le matrici di dati ambientali prodotte ed utilizzate nell'elaborazione statistica in questa indagine sono infatti il prodotto di tutte le informazioni ricavate dalle fonti dati esistenti (ad esempio stazioni di monitoraggio, catasto INEMAR) che hanno permesso di stimare con maglia di 400x400 metri la concentrazione dei principali macroinquinanti considerati a cui i singoli soggetti sono stati esposti dall'anno 2009 all' anno 2014, anno temporale di valutazione.

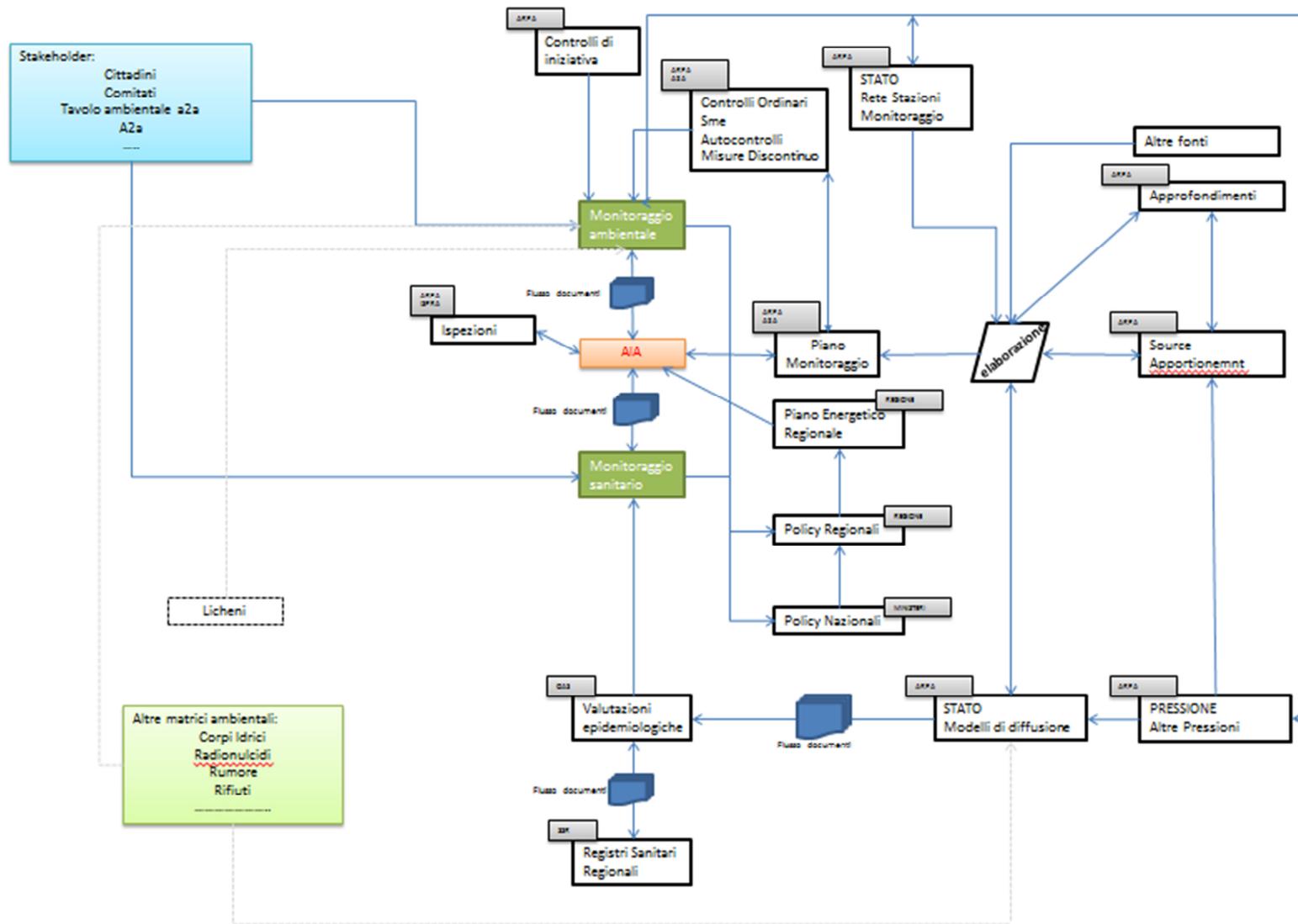


Figura 1. Modello concettuale riferito alla centrale termoelettrica per la sola matrice aria. L'obiettivo è di mettere a sistema il flusso di informazioni e l'analisi dei singoli fattori di impatto che permette di avviare una corretta sorveglianza ambientale e conseguentemente sanitaria.

Le attività di valutazione dell'impatto sanitario rientrano nello schema di Figura 1 come **“valutazione epidemiologica”**, che potrebbe estrinsecarsi in differenti modi di elaborazione del dato sanitario fino alla diretta valutazione degli effetti dell'inquinamento atmosferico sulla salute che possono essere cronici (a lungo termine) o acuti (a breve termine).

Fra le attività di valutazione epidemiologiche vi è lo “Studio epidemiologico sull'incidenza dei tumori nelle donne isontine”, conclusosi nel luglio 2015: è uno studio realizzato dall'Università di Udine in collaborazione con l'IRCCS Centro di Riferimento Oncologico di Aviano e il Registro tumori regionale che analizza l'incidenza dei tre principali tumori (polmone mammella e vescica) nella popolazione femminile, stimando anche l'effetto di potenziali fattori di confondimento o modificatori di effetto. Questo studio è stato effettuato solo nella popolazione femminile residente nella provincia di Gorizia, suddivisa nei due distretti sanitari del Basso e dell'Alto Isontino, utilizzando come confronto il resto della Regione FVG e l'area ad ovest della Slovenia (Goriska e Gorenjska). L'analisi ha evidenziato tra le donne un eccesso di tumore alla vescica senza indicare la potenziale causa.

Lo “Studio epidemiologico ambientale Inquinamento atmosferico e tumori”, parte prima allo studio discusso in questa relazione, è uno studio ambientale, finalizzato a verificare se esiste una possibile relazione tra l'esposizione residenziale all'inquinamento atmosferico, presente negli anni Novanta, e patologie rilevate tramite la lettura e l'elaborazione dei dati contenuti nel registro tumori FVG. I risultati indicano l'assenza di eccessi di rischio per gli uomini e confermano l'eccesso di circa 30 casi in 15 anni (2 casi/anno) di tumore della vescica nelle donne. L'attribuzione della quota di inquinanti alle varie sorgenti emmissive del Monfalconese non ha fornito evidenze per attribuire, in questo contesto territoriale, un significativo effetto sulla diffusione dei tumori alle emissioni della centrale termoelettrica o a quelle di altre fonti industriali presenti nel Monfalconese. I modelli di dispersione, calcolati per i quattro macroinquinanti di riferimento dell'Organizzazione Mondiale della Sanità nel periodo temporale considerato, indicano complessivamente il traffico veicolare come responsabile di buona parte degli inquinanti presenti in atmosfera. Ciò genera l'ipotesi che il traffico abbia un ruolo preminente tra i rischi ambientali che possono aver generato l'eccesso di 30 tumori della vescica nelle donne del Monfalconese tra il 1995 e il 2009;

Altra valutazione epidemiologica in svolgimento è l'attività di analisi tramite Monitoraggio Biologico Umano (MBU) per verificare se nella popolazione residente in prossimità della centrale (quartiere Panzano e Enel), esistono le premesse per l'effettuazione di un monitoraggio biologico ad ampia scala anche attraverso una prima valutazione delle effettive incidenze di particolari microinquinanti (metalli e metalloidi in particolare) messi dalle sorgenti di inquinamento presenti nel territorio. L'avvio delle attività di campionamento ambientale è iniziato nel mese di novembre 2016 tramite il posizionamento di appositi strumenti mobili per la lettura della componente metallica, IPA e COV nell'aria ambiente dei quartieri indagati.

### 3. OBIETTIVI DELLO STUDIO

Questo studio rientra nella programmazione delle attività dell'Osservatorio Ambiente e Salute e fa parte di un corredo di informazioni ambientali e sanitarie ricavate negli ultimi anni, per l'area del Goriziano, sviluppate con focus particolare sulla centrale termoelettrica di Monfalcone.

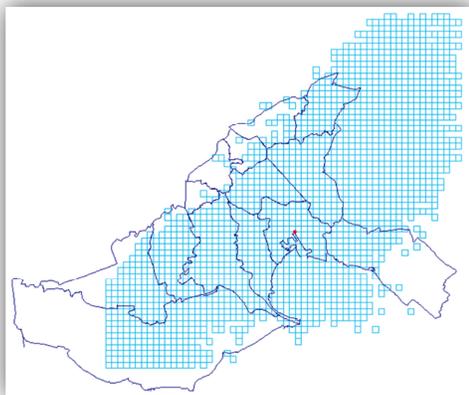
Gli obiettivi specifici dello studio includono:

- la stima dell'incidenza e mortalità dell'Infarto miocardico acuto (IMA) (periodo 2004-2013), nell'area dei 14 comuni del monfalconese attraverso un'indagine di epidemiologia descrittiva che include
  - a. un primo confronto esterno rispetto al resto della regione e
  - b. un secondo confronto interno in funzione della variazione dei livelli storici di inquinamento atmosferico da biossido di Azoto ( $\text{NO}_2$ ), ozono ( $\text{O}_3$ ), particolato atmosferico ( $\text{PM}_{10}$ ) e biossido di zolfo ( $\text{SO}_2$ ) nell'area di studio
- la stima relativa di rischio ad avere un IMA (periodo 2009-2013) misurata in funzione di un aumento dei casi entro 0-5 giorni della concentrazione atmosferica di  $\text{NO}_2$ ,  $\text{O}_3$ ,  $\text{PM}_{10}$ ,  $\text{SO}_2$ ; l'indagine è condotta attraverso uno studio epidemiologico osservazionale con disegno di case-crossover nel quale gli inquinanti sono considerati possibili fattori scatenanti un IMA che si verifica entro i 5 giorni dall'esposizione.

### 4. L'ELABORAZIONE DEL DATO AMBIENTALE NEL MONFALCONESE.

Per gli obiettivi di questa indagine, la valutazione della qualità dell'aria nel Monfalconese è stata condotta mediante specifiche tecniche di interpolazione matematica partendo dai dati strumentali ricavati dalle stazioni di monitoraggio. E' stato possibile ottenere una stima del livello di inquinamento su una griglia regolare di circa 400x400 metri di risoluzione territoriale. Per ogni cella **sono stati valutati i valori di biossido di Azoto ( $\text{NO}_2$ ), ozono ( $\text{O}_3$ ), particolato atmosferico ( $\text{PM}_{10}$ ) e biossido di zolfo ( $\text{SO}_2$ ).**

La griglia è la stessa utilizzata nell'indagine "tumori e ambiente: analisi dati relativi a inquinamento atmosferico e tumori nel monfalconese, 1995-2009", continuando così gli approfondimenti di indagine ambientale-epidemiologica. Si ricorda che al fine di definire l'area di studio più idonea, è stato scelto come fonte inquinante di riferimento il camino della centrale termoelettrica di Monfalcone, per la sua peculiarità strutturale (altezza del camino di 154 m) che permette una dispersione e una ricaduta degli inquinanti su una vasta area, a differenza delle altre attività che hanno un impatto relativamente più circoscritto. In particolare è stato scelto come inquinante di riferimento l'ossido di azoto ( $\text{NO}_2$ ) per la sua natura gassosa e quindi per la capacità di disperdersi su ampie aree, a differenza di altri inquinanti che hanno una raggio di ricaduta relativamente più circoscritto. Il modello di dispersione dell' $\text{NO}_2$  emesso dal camino della centrale termoelettrica (Figura 2), ha permesso di individuare un'area di indagine costituita da 14 Comuni, 12 della provincia di Gorizia, 1 della provincia di Trieste e 2 della provincia di Udine.



#### comuni coinvolti nell'indagine:

Aquileia (Ud)  
 Fiumicello (Ud)  
 Doberdò del Lago (Go)  
 Fogliano-Redipuglia (Go)  
 Grado (Go)  
 Monfalcone (Go)  
 Ronchi dei Legionari (Go)  
 Sagrado (Go)  
 San Canzian d'Isonzo (Go)  
 San Pier d'Isonzo (Go)  
 Savogna d'Isonzo (Go)  
 Staranzano (Go)  
 Turriaco (Go)  
 Duino-Aurisina (Ts)

Figura 2. Individuazione dell'area di indagine mediante modello di dispersione dell' $\text{NO}_2$  prodotto esclusivamente dalla centrale termoelettrica di Monfalcone ( i pixel rappresentano aree con concentrazioni  $> 0,5 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$ )

I dati di concentrazione in aria ricavati per maglia 400x400 metri sono stati utilizzati per verificare l'esistenza di una associazione tra dato sanitario e gli specifici inquinanti considerati.

Per una corretta analisi, sono state utilizzate i criteri delle Linee Guida World Health Organization "Air quality guidelines for particulate matter ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide" del 2005 [1] che ha analizzato le conseguenze sulla salute dei quattro inquinanti più diffusi PM<sub>10</sub>, NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>, indicando limiti di concentrazione in aria per la tutela della popolazione. Si aggiunge il progetto "Review of evidence on health aspects of air pollution" (REVIHAAP) [2], effettuato su richiesta della Commissione europea, nel quadro della revisione 2013 della politica dell'aria, che ha riportato nuove evidenze scientifiche degli effetti sulla salute del particolato, dell'ozono e del biossido di azoto a sostegno delle conclusioni scientifiche delle Linee guida del 2005 del WHO. La relazione raccomanda una revisione dei valori limite per il particolato, lo sviluppo di linee guida per le concentrazioni di ozono a medio-lungo termine e per il biossido di azoto, avendo riscontrato effetti sulla salute anche a concentrazioni inferiori agli standard di qualità considerati nelle Linee guida 2005.

In tabella 1 sono riportati a confronto i valori indicati nel Decreto Legislativo 13 agosto 2010, n.155 "Attuazione della direttiva 2008/50/CE relativa alla qualità dell'aria ambiente e per un'aria più pulita in Europa" attualmente in vigore in Italia, e i valori limite indicati dalle linee guida WHO "Air quality guidelines for particulate matter ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide".

	D.lgs. 155/2010		"Air Quality Guideline	
	periodo di mediazione dati*	valore limite norma ambientale.	periodo di mediazione dati**	valore limite indicazioni OMS "
SO <sub>2</sub> valori limite	media 1 ora	350 µg/m <sup>3</sup> da non superare più di 24 volte l'anno	media nei 10 minuti	500 µg/m <sup>3</sup>
	media nelle 24 ore	125 µg/m <sup>3</sup> da non superare più di 3 volte l'anno	media nelle 24 ore	20 µg/m <sup>3</sup>
SO <sub>2</sub> soglia allarme	media 1 ora	500 µg/m <sup>3</sup>	-	-
NO <sub>2</sub> valori limite	media 1 ora	200 µg/m <sup>3</sup> da non superare più di 18 volte l'anno	media 1 ora	200 µg/m <sup>3</sup>
	media annuale	40 µg/m <sup>3</sup>	media annuale	40 µg/m <sup>3</sup>
	1 ora - allerta	400 µg/m <sup>3</sup>	-	-
PM <sub>10</sub> valori limite	media nelle 24 ore	50 µg/m <sup>3</sup> da non superare più di 35 volte l'anno (90.4° perc)	media nelle 24 ore	50 µg/m <sup>3</sup> da non superare più di 3 volte l'anno (99° perc)
	media annuale	40 µg/m <sup>3</sup>	media annuale	20 µg/m <sup>3</sup>
O <sub>3</sub> valori limite	media massima giornaliera calcolata su 8 ore	120 µg/m <sup>3</sup> da non superare più di 25 volte l'anno come media su tre anni	media massima giornaliera calcolata su 8 ore	100 µg/m <sup>3</sup>

**Tabella 1. Confronto fra valori limite indicati nel D.lgs. 155/2010 e nelle linee guida OMS del 2005.**

\*periodo di mediazione dati è il riferimento temporale relativo alla misura limite di concentrazione indicata.

## 5. INQUADRAMENTO AMBIENTALE DEL MONFALCONESE

Il Friuli Venezia Giulia, nell'ottica di pervenire ad una classificazione della qualità dell'aria in base alle caratteristiche orografiche e meteorologiche, del carico emissivo e del grado di urbanizzazione del territorio, viene suddiviso, per tutti gli inquinanti normati dal D.Lgs 155/2010, in tre zone: montagna; pianura e zona triestina (Figura 3) [3]. L'area Monfalconese ricade nella zona di pianura, a ridosso della zona triestina. Dal punto di vista microclimatico l'area in questione è caratterizzata da una discreta ventilazione legata alla vicinanza ai rilievi orografici (brezze notturne) e ai meccanismi anemologici legati alla presenza della valle dell'Isonzo.

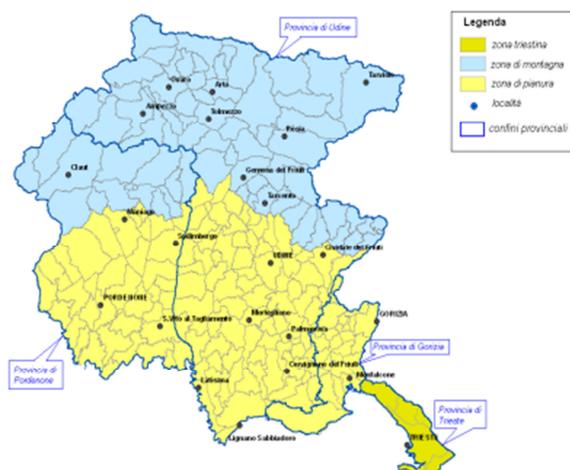


Figura 3. Suddivisione del territorio regionale in zone in base ai criteri del D.Lgs 155/2010

Dal punto di vista dei macro-inquinanti (materiale particolato, ossidi di azoto, ossidi di zolfo, ozono), come riportato nelle relazioni annuali sulla qualità dell'aria in Friuli Venezia Giulia [4], l'area del Monfalconese attualmente non manifesta particolari criticità, se non per la presenza dell'ozono estivo (cfr. figure 11- 15).

### 5.1 ARIA, COMPONENTE EMISSIVA

La componente emissiva è la parte di inquinante prodotto direttamente dalle attività antropiche sorgenti di inquinamento e rilasciato nell'aria ambiente.

Il carico emissivo nel Monfalconese (Figura 4) è calcolato utilizzando l'inventario emissivo INEMAR (INventario EMISSIONI ARia) [5] relativo all'anno 2010 il quale, armonizzato con l'inventario nazionale ISPRA, è stato realizzato con una risoluzione spaziale di livello comunale.

In Figura 4 e 5 sono rappresentati i contributi emissivi in tonnellate e la relativa distribuzione percentuale sul totale di inquinante dei macro- settori incidenti sul Goriziano.

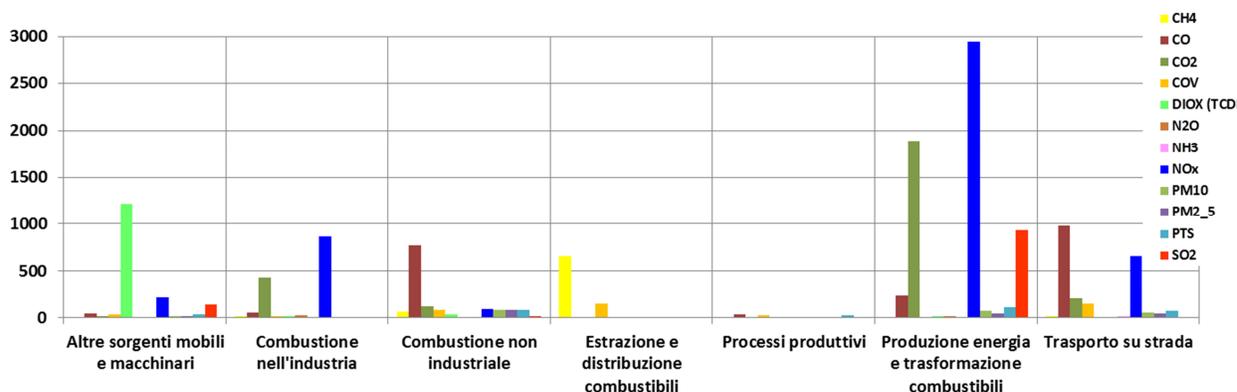


Figura 4. Stima del carico emissivo in tonnellate nei 14 comuni del Monfalconese, suddiviso per i 7 macro settori considerati. Fonte dati inventario INEMAR anno 2010.)

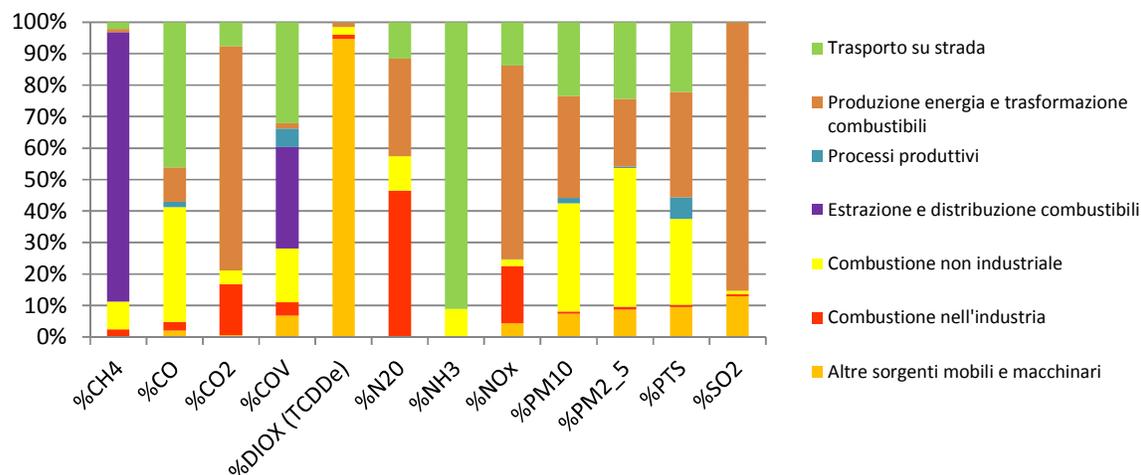


Figura 5. Stima della distribuzione di inquinante e relativo carico emissivo in % nei 7 settori considerati. Dati riferiti ai 14 Comuni Monfalconesi considerati nell'indagine (Fonte dati inventario INEMAR anno 2010).

Le emissioni totali sono stimate da INEMAR (Figura 4) nei 14 comuni del Goriziano oggetto di indagine in circa di 13.978 tonnellate/anno di materiale di cui il 45% sono dovute al settore "Produzione energia e trasformazione combustibili". Il macro settore "Trasporto su strada" contribuisce con un carico emissivo del 16% sul totale (circa 2.200 tonnellate), il restante 40% circa è ascrivibile a "Altre sorgenti mobili e macchinari", "Combustione dell'industria" e "Combustione non industriale".

In termini percentuali (Figura 5), ad esempio, si stima che il  $PM_{10}$  derivi per circa il 24% del suo totale dal trasporto su strada, per il 34% dalla "Combustione non industriale" (intesa come combustione di impianti residenziali e commerciali) e per il 32% dalla "Produzione energia e trasformazione combustibili". Per quanto riguarda il carico emissivo di  $SO_2$  si stima che l' 85% derivi da "Produzione energia e trasformazione combustibili" e circa il 13% da "Altre sorgenti mobili e macchinari" (intesi come Attività marittime e Traffico Aereo). Le diossine (DIOX – TCDDe) derivano per quasi il 95% da "Altre sorgenti mobili e macchinari" in particolare dal sotto-settore "Attività marittime". Il carico emissivo dei COV (composti organici volatili) deriva per il 32% dal macro-settore "Estrazione e distribuzione combustibili" (in particolare il sotto-settore Reti e distribuzione gas) e per il 32% da "Trasporto su strada"

Rispetto ai valori emissivi rappresentati da INEMAR, bisogna ricordare che rispetto al 2010 la Centrale Termoelettrica di Monfalcone è molto cambiata dal punto di vista emissivo.

Le emissioni della centrale termoelettrica sono misurate e pertanto la loro entità e il loro andamento temporale consentono di valutare il rispetto dei limiti di legge prescritti (attività di controllo) e mettere in luce l'effetto dell'evoluzione tecnologica dello specifico impianto (Figura 6).

Lo schema di evoluzione della centrale termoelettrica evidenzia fino al 2012 la funzione dei due gruppi a carbone e dei due a olio combustibile con l'utilizzo di un camino, già a partire dagli anni '80, di 154 m per convogliare le emissioni. Per la riduzione della dispersione delle polveri durante il trasporto del carbone il nastro di trasporto è in depressione dagli anni 90' e per la riduzione degli ossidi di zolfo dalle emissioni a camino è attivo il desolfatore dal 2008. Nel 2012 sono stati chiusi i due gruppi funzionanti ad olio combustibile e per la riduzione degli ossidi d'azoto dalle emissioni a camino nel 2016 sono stati applicati e messi in funzione i DeNOx nei gruppi a carbone 1 e 2.

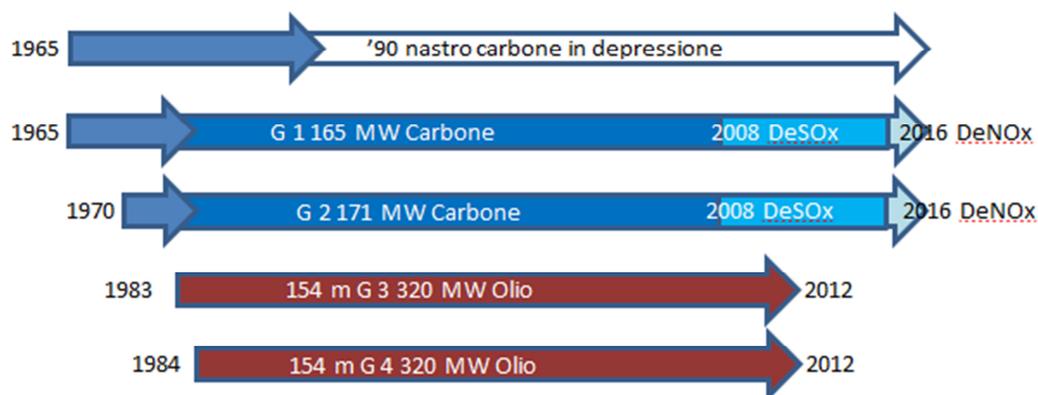


Figura 6. Rappresentazione grafica della storia emissiva della centrale termoelettrica di Monfalcone.

In Figura 7 è riportato un esempio di verifica puntuale dell'andamento delle emissioni di ossidi di azoto associate al gruppo 1 della CTE di Monfalcone dal luglio 2013 al luglio 2016, che permette di apprezzare l'efficacia del DeNOx attivato ad inizio 2016.

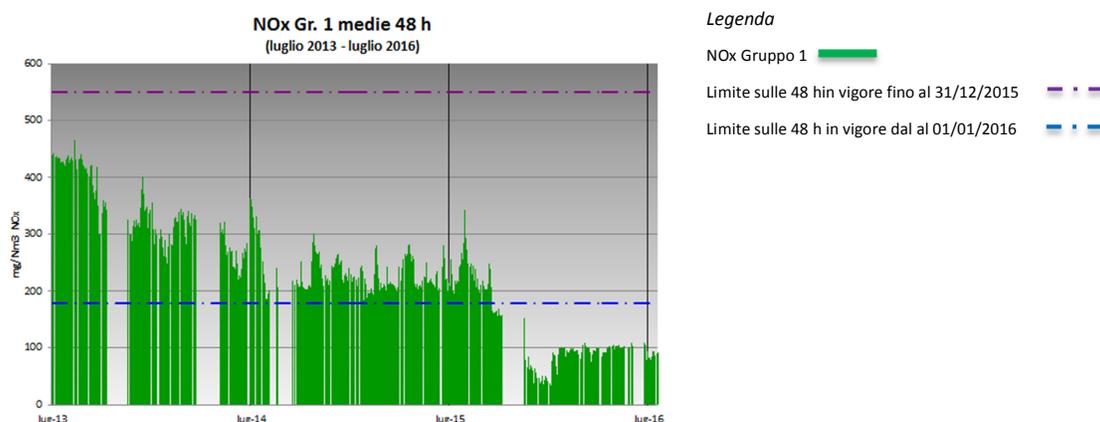


Figura 7. Andamento delle emissioni di ossidi di azoto associate al gruppo 1 della CTE di Monfalcone dal luglio 2013 al luglio 2016.

La conoscenza puntuale delle emissioni è anche fondamentale per poter valutare gli effetti in termini di ricadute al suolo in modo da stimare il contributo delle singole emissioni sugli impatti.

I modelli di dispersione rappresentano la stima delle immissioni degli inquinanti. In Figura 8 è rappresentata la dispersione delle emissioni misurate dallo SME (Sistema di Monitoraggio in continuo delle Emissioni) nell'anno 2015 da camino della centrale (altezza > 150 metri) con i due gruppi in funzione (Gruppo 1 e Gruppo 2). Il valore massimo di concentrazioni al suolo (immissioni) medie annue di polveri totali sottili (PTS) è di  $0,146 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , valore che, anche se considerassimo tutto il PTS come PM10, rappresenterebbe, in termini di proporzione, meno dell'8 per mille del limite indicato dall'Organizzazione Mondiale Sanità come valore medio annuale.

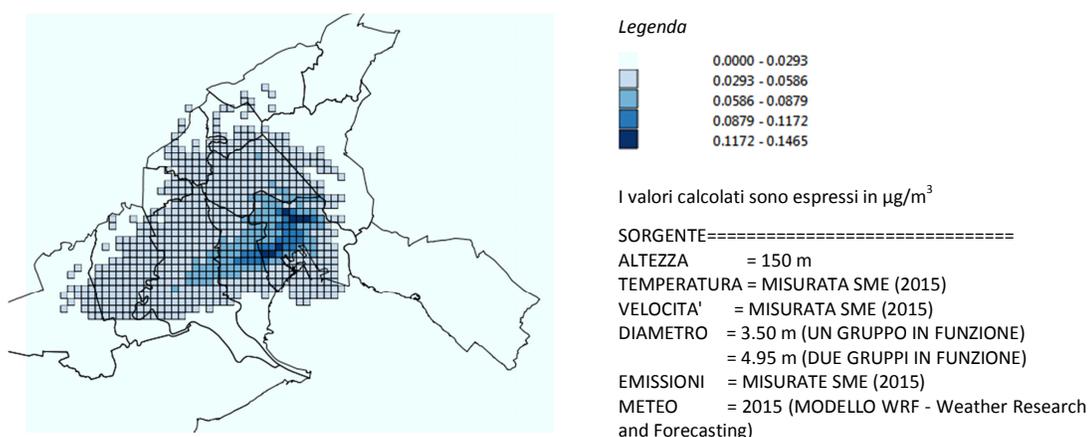


Figura 8. Modello di dispersione di polveri totali (PTS) misurate dallo SME della centrale termoelettrica di Monfalcone, anno 2015

È da ricordare che considerazioni in merito al contributo del particolato sono già state elaborate da Arianet nel 2014 [6] dove sono rappresentate le concentrazioni al suolo del PM10 totale e i contributi di tutti i comparti emissivi dell'area Monfalconese considerata (vedi appendice D). In Figura 9 sono riportate le conclusioni dello studio Arianet in merito al PM10 che sintetizza, in modo congiunto, la mappa di impatto sul territorio; ad ogni comparto emissivo considerato è stato attribuito un colore simbolico e che identifica l'apporto del comparto dominante rispetto agli altri.

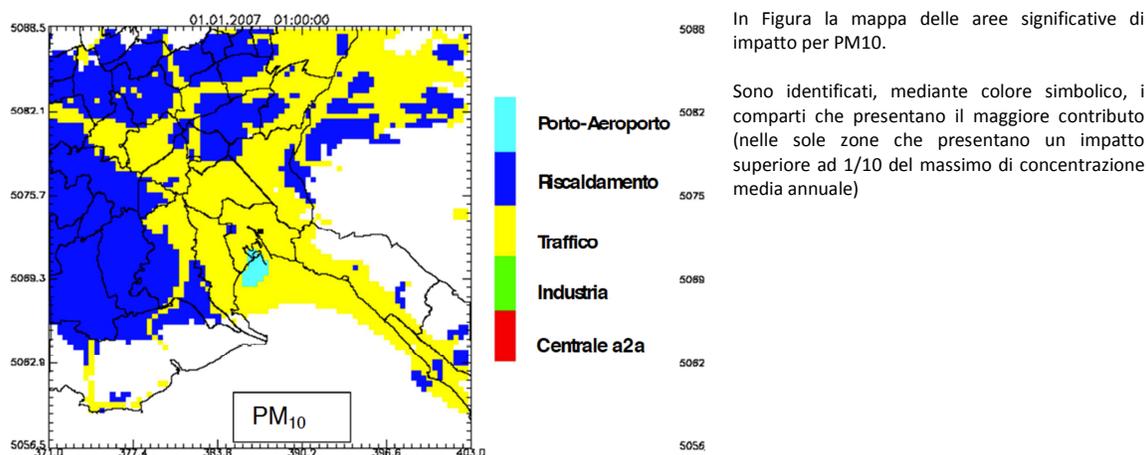


Figura 9. Mappa delle aree significative di impatto per PM10 – fonte Arianet

Uno studio del 2017, condotto dal CNR, con obiettivo la valutazione del contributo fornito dalle emissioni della centrale termoelettrica di Monfalcone alla concentrazione delle polveri atmosferiche nelle aree circostanti l'impianto, indica la tracciabilità del contributo di sorgenti tipiche del PM quali ad esempio il traffico veicolare e il riscaldamento domestico, attribuendo all'impianto termoelettrico un'influenza molto ridotta sulle concentrazioni di particolato dell'area considerata.

## 5.2 ARIA, COMPONENTE IMMISSIVA

La componente immissiva è la concentrazione di inquinanti presenti nell'atmosfera di diversa derivazione sottoposti a processi fisici, chimici e biologici che ne modificano le caratteristiche. La componente immissiva può essere chiamata inquinamento atmosferico e non è sempre direttamente proporzionale al valore emissivo misurato dalle attività antropiche.

Il raffronto comparato delle immissioni (concentrazioni di inquinanti in aria ambiente) rilevato nelle stazioni della rete regionale di monitoraggio della qualità dell'aria e delle stazioni prescritte dalle autorizzazioni, è di fondamentale

importanza per la rilevazione degli impatti delle sorgenti industriali (Figura 10). Il confronto tra le misure ottenute dall'intera rete di rilevamento e quelle nelle stazioni industriali (vedi appendice A e B) consente di mettere in luce eventuali effetti legati alla variabilità meteorologica (anni di ristagno vs anni propensi alla dispersione atmosferica). Il confronto tra le stazioni industriali posizionate per definire il valore di fondo e di impatto degli impianti (distinzione possibile grazie alle simulazioni numeriche della dispersione delle emissioni di cui al punto precedente) consente di evidenziare il contributo specifico degli impianti industriali direttamente sul campo, con misure riferibili e per questo valide anche ai fini della normativa vigente. Qualora vi fossero dei traccianti particolari, e.g. inquinanti specifici quali metalli o idrocarburi policiclici aromatici, le rilevazioni in situ possono fornire ulteriori indicazioni sia sull'esistenza di situazioni di criticità (confronto con i valori di legge o suggeriti dall'organizzazione sanitaria mondiale per la tutela della salute pubblica) o sull'impatto relativo degli impianti industriali.

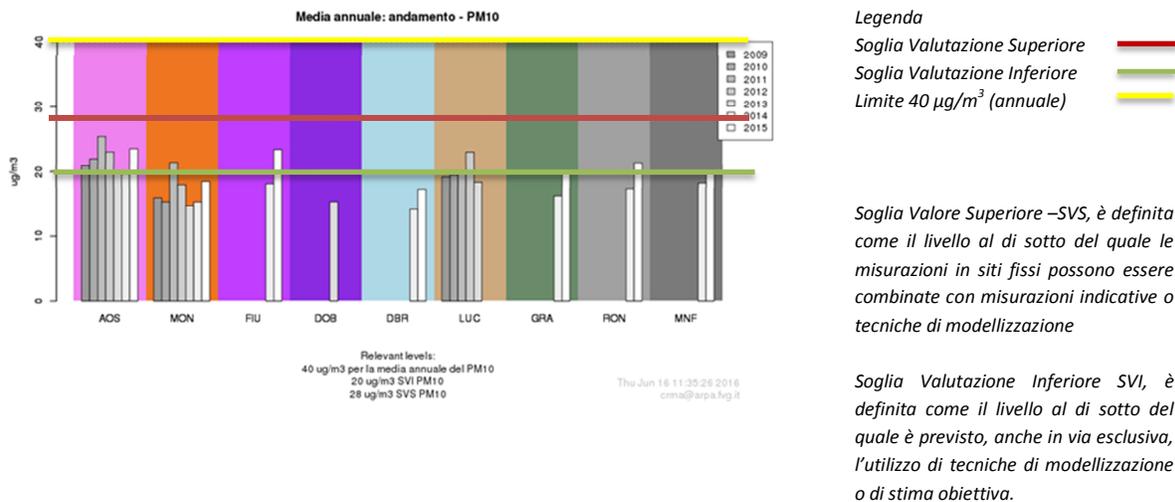


Figura 10. Concentrazione media annua di PM10 dal 2005 al 2015 in alcune stazioni della Provincia di Gorizia.

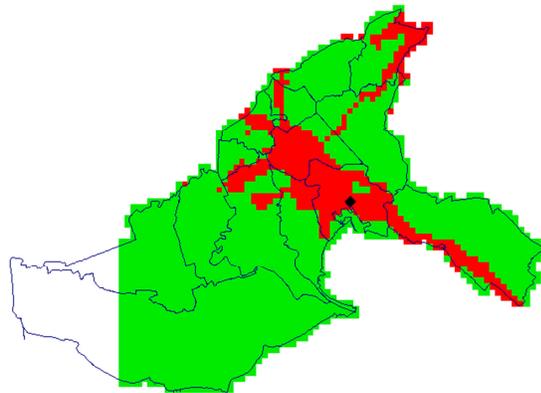
### 5.3 ARIA, LE MATRICI DI INQUINANTE UTILIZZATE NELL'INDAGINE

#### LE ESPOSIZIONI NELL'ANNO 1998

Per questa specifica indagine **'Infarto del miocardio e effetti a lungo e a breve termine di inquinanti atmosferici misurati nell'area monfalconese'** per la parte relativa alla stima degli effetti per esposizioni a lungo termine, sono state utilizzate le matrici dei modelli di dispersione degli inquinanti prodotti dal CRMA dell'ARPA-FVG, basate sulle emissioni relative all'anno 1998 (vedi parte 1 dello studio, Inquinamento Atmosferico e Tumori, 1995-2009).

E' stato così possibile associare ad ogni soggetto i valori medi annuali di concentrazione espressi in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  per il benzene ( $\text{C}_6\text{H}_6$ ), biossidi di azoto ( $\text{NO}_2$ ), particolato ( $\text{PM}_{10}$ ) e biossidi di zolfo ( $\text{SO}_2$ ).

Per comprendere la distribuzione degli inquinanti considerati per la stima degli effetti per esposizioni a lungo termine, in Figura 11 viene rappresentata graficamente la distribuzione del  $\text{PM}_{10}$  nell'anno 1998. Le aree in colore rosso indicano le zone con superamento del valore limite di legge per la media annuale di  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .



Anno 1998, valori per maglia 400\*400 metri a cui è stato associato il valore di concentrazione di PM10 superiore ai 40  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (evidenziato in rosso) e inferiore ai 40  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (evidenziato in verde).

E' evidente il contributo dovuto ai principali assi viari.

Figura 11. Maglie 400\*400 metri con associato il valore medio annuale di  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  di PM10

#### LE ESPOSIZIONI NEGLI ANNI 2009-2014

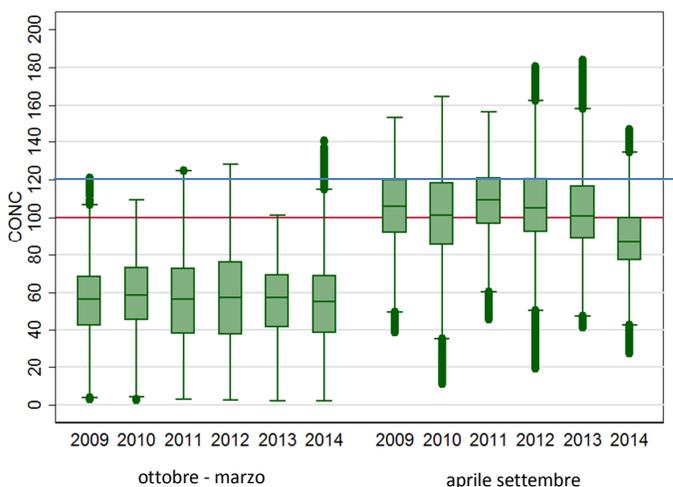
Per le attività di analisi statistica riguardanti le esposizioni a breve termine sono state elaborate le matrici di interpolazione degli inquinanti considerati negli anni dal 2009 al 2014 secondo questo schema e con periodo di mediazione:

- PM10, matrice di interpolazione nelle celle 400\*400 metri dei valori in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  con periodo di mediazione riferito alla massima oraria e alla media nelle 24 ore.
- NO<sub>2</sub>, matrice di interpolazione nelle celle 400\*400 metri in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  con periodo di mediazione riferito ai valori massimi orari e alla media nelle 24 ore.
- SO<sub>2</sub>, matrice di interpolazione nelle celle 400\*400 metri in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  con periodo di mediazione riferito ai valori massimi orari e alla media nelle 24 ore.
- O<sub>3</sub> matrice di interpolazione nelle celle 400\*400 metri in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  con periodo di mediazione riferito alla media massima giornaliera calcolata su 8 ore.

Per rappresentare graficamente l'andamento degli inquinanti nei diversi anni è stato preferito utilizzare il box plot, che consente di visualizzare la suddivisione delle matrici attraverso i quartili. Un box plot rappresenta infatti visivamente quattro caratteristiche fondamentali: la misura di tendenza centrale attraverso la media, il grado di dispersione o variabilità dei dati rispetto alla media, la forma della distribuzione dei dati (in particolare la simmetria), la presenza di valori "anomali" (outliers).

Dalla Figura 12 alla Figura 16 si rappresentano i box plot delle concentrazioni anno/stagione degli inquinanti considerati. Nelle Figure è evidenziato, inoltre, il limite di concentrazione indicato dall'OMS per la tutela della salute. Infine, per evidenziare eventuali differenze stagionali, sono rappresentati graficamente e separatamente i due periodi da ottobre a marzo e da aprile a settembre.

E' da precisare che i dati contenuti nei grafici rappresentano una interpretazione della dispersione degli inquinanti misurati nelle stazioni di monitoraggio dell'aria (vedi appendice A). Le funzioni di interpolazione applicate forniscono una matrice matematica i cui risultati esprimono ogni 400x400 metri le concentrazioni in termini di  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (massimi o medi) di determinati inquinanti. Per ogni anno sono stati elaborati più di 1.200.000 dati stimati dai modelli di interpolazione per ogni inquinante utilizzati per la stima delle incidenze che verranno discusse nei capitoli successivi.



Il box plot in Figura rappresenta il trend delle concentrazioni dell'ozono tra il 2009 e il 2014 partendo dai dati relativi alla **massima oraria registrata nelle 8 ore** per ogni singola giornata dell'anno e per ogni singola cella. Per ogni anno sono rappresentati oltre un milione di dati di concentrazione risultanti dal prodotto giornata\*numero celle.

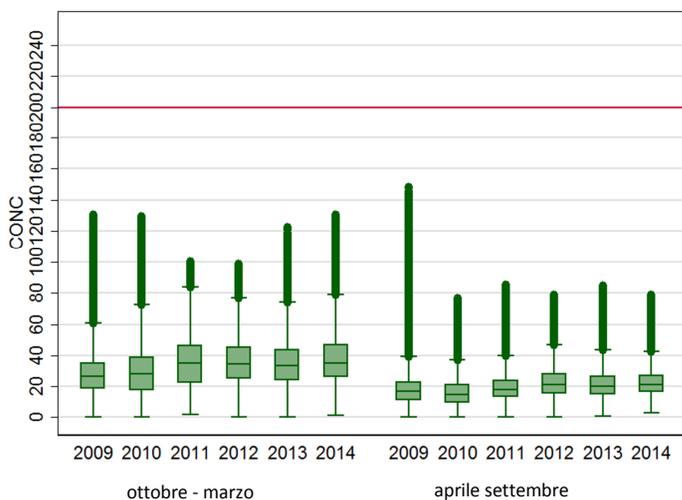
L'ozono è un inquinante secondario e non proviene da sorgenti dirette di emissione. Viene infatti prodotto da una serie di reazioni chimiche, favorite (catalizzate) dalla luce solare, fra sostanze presenti nell'aria ambiente chiamate "precursori", principalmente ossidi di azoto e composti organici volatili. L'ozono, nell'area indagata, è più elevato nel periodo da aprile a settembre, in linea con quanto rilevato nel resto della regione (vedi relazione qualità dell'aria 2014 <http://cmsarpa.regione.fvg.it/cms/tema/aria/>).

La situazione che si crea nel periodo tra aprile e settembre si conferma come tendenza in tutti gli anni con decremento nell'anno 2014.

Il limite indicato nelle linee guida WHO è di  $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (linea rossa) come massima media giornaliera calcolata nelle 8 ore.

Il limite di norma del D.Lgs 155/2010 indicato per la tutela della salute umana è di  $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (linea blu) da non superare più di 25 volte l'anno, come media su tre anni.

Figura 12. Box plot O3 anno e semestre (valore massimo orario nelle 8 ore)



Il box plot in Figura rappresenta il trend delle concentrazioni del biossido di azoto tra il 2009 e il 2014 partendo dai dati relativi alla **massima oraria registrata** durante ogni singola giornata e per ogni singola cella.

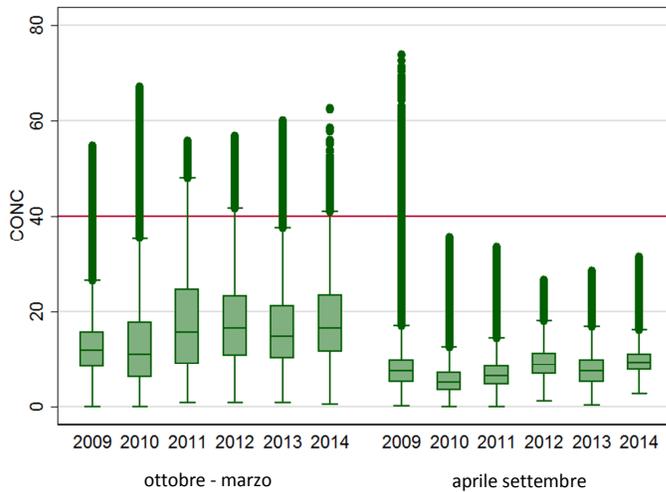
Per ogni anno sono rappresentati oltre un milione di dati di concentrazione risultanti dal prodotto giornata\*numero celle.

Le concentrazioni medie annuali del periodo invernale risultano maggiori rispetto alle concentrazioni medie del periodo caldo per probabili fattori legati ai picchi di traffico che al maggior utilizzo degli impianti di riscaldamento.

Il limite indicato nelle linee guida OMS è di  $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$  come media oraria (linea rossa) ed è evidente che l'andamento, essendo una massima oraria registrata, è sempre al di sotto di tale valore.

Il limite di norma D.Lgs 155/2010 indicato per la tutela della salute umana è di  $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$  massimo orario da non superare più di 18 volte l'anno. Non sono stati registrati superamenti (vedi tabelle appendice A).

Figura 13. Box plot NO2 anno e semestre (valore massimo orario giornaliero)



Il box plot in Figura rappresenta il trend delle concentrazioni dell' NO<sub>2</sub> tra il 2009 e il 2014 partendo dai dati relativi al **periodo di mediazione sulle 24 ore** e per ogni singola cella. Per ogni anno sono rappresentati oltre un milione di dati di concentrazione risultanti dal prodotto giornata\*numero celle.

Per questo inquinante non vi sono riferimenti OMS o di norma italiana (D.Lgs 155/2010) relativi a limiti giornalieri.

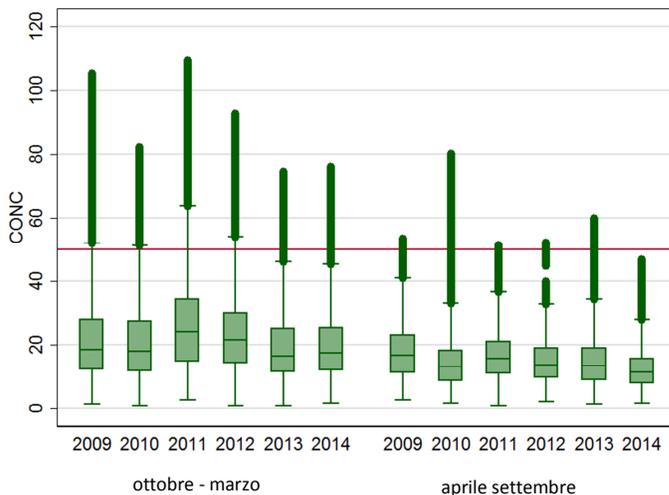
Il limite di 40 µg/m<sup>3</sup> medio annuale indicato dalle linee guida OMS (linea rossa) per la tutela della salute è mediamente rispettato.

Per il periodo che va da aprile a settembre anche i valori maggiori stimati rientrano in tale limite, fa eccezione l'anno 2009 in cui sono evidenti alcune giornate (outlier) anomale.

Le concentrazioni medie annuali del periodo invernale risultano maggiori rispetto alle concentrazioni medie del periodo caldo per fattori legati al minor rimescolamento atmosferico caratteristico del periodo invernale ma anche da un probabile maggior utilizzo degli impianti di riscaldamento.

Non è indicato un limite di normativo (D.Lgs 155/2010) relativo alla media nelle 24 ore. Nel grafico è visualizzato il limite medio 40 µg/m<sup>3</sup> medio annuo. Nell'area Monfalconese il valore è stato superato nell'anno 2009 con la misura media di 40.81 µg/m<sup>3</sup> (vedi appendice A).

Figura 14. Box plot NO<sub>2</sub> anno e semestre (periodo mediazione nelle 24 ore)



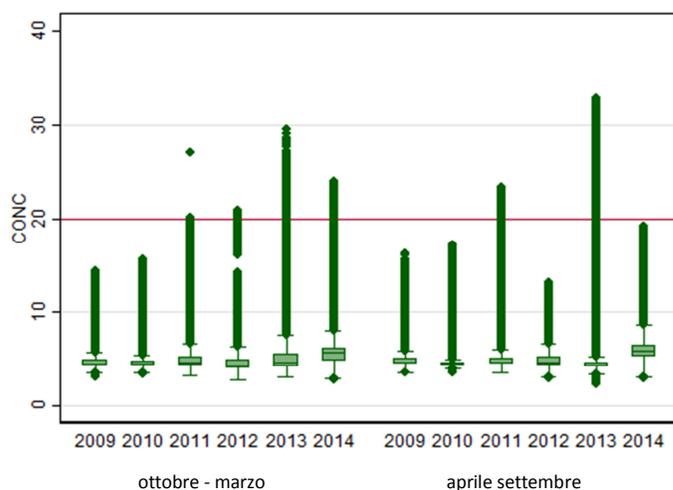
Il box plot in Figura rappresenta il trend del PM<sub>10</sub> tra il 2009 e il 2014 partendo dai dati relativi al **periodo di mediazione sulle 24 ore** per ogni singola giornata e per ogni singola cella. Per ogni anno sono rappresentati oltre un milione di dati di concentrazione risultanti dal prodotto giornata\*numero celle.

Usualmente il periodo più critico risulta quello invernale in conseguenza delle condizioni meteorologiche particolarmente sfavorevoli alla dispersione degli inquinanti.

Se si considera il limite indicato dall'OMS di 50 µg/m<sup>3</sup> sono presenti valori massimi superiori in particolare nel periodo ottobre – marzo . Il fenomeno potrebbe essere ascrivibile ai frequenti episodi di ristagno atmosferico (anticlioni e avvezioni di aria calda in quota nel periodo autunnale ed invernale) come riscontrato anche nell'analisi dei determinanti meteorologici e in particolare al ridotto numero di giorni ventilati e al ridotto apporto di precipitazioni (rif. Relazione sulla qualità dell'aria nella Regione Friuli Venezia Giulia anno 2011 e anno 2012).

Il limite di normativa del D.Lgs 155/2010 giornalieri è di 50 µg/m<sup>3</sup> da non superare più di 35 volte l'anno. Tra gli anni 2009-2014 non è mai stato registrato per l'area monfalconese il superamento dei valori oltre il limite di 35 volte consentito (vedi tabelle appendice A).

Figura 15. Box plot PM<sub>10</sub> anno e semestre (periodo mediazione nelle 24 ore)



Il box plot fa riferimento al data set di dati di concentrazione SO<sub>2</sub> con periodo di **mediazione le 24 ore** registrata per ogni singola giornata e per ogni singola cella. Per ogni anno sono rappresentati oltre un milione di dati di concentrazione dati dal prodotto giornata\*numero celle. Per ogni anno sono rappresentati oltre un milione di dati di concentrazione risultanti dal prodotto giornata\*numero celle.

Mediamente, i valori di biossido di azoto sono molto al di sotto del limite indicato dall'OMS di 20 µg/m<sup>3</sup> per la protezione della salute umana (linea rossa); la media è pressoché costante con piccole differenze tra i quartili inferiori e superiori. Non è presente un effetto stagionale.

Sono presenti numerosi outliers che indicano per questo inquinante alcune celle con superamenti anche se di lieve entità e non appartenenti all'andamento medio annuale e stagionale.

Il limite giornaliero di normativa D.Lgs 155/2010 indicato per la tutela della salute è di 125 µg/m<sup>3</sup> da non superare più di 3 giorni l'anno. Nell'area monfalconese il valore di questi superamenti tra il 2009 e 2014 è pari a 0 (vedi appendice A).

Figura 16. Box plot SO<sub>2</sub> anno e semestre (periodo mediazione nelle 24 ore)

I grafici riportati mostrano come, tra il 2009 e il 2014, si osservi una leggera tendenza alla riduzione nelle concentrazioni di biossidi di azoto (Figura 14), mentre l'andamento delle concentrazioni medie di materiale particolato sono sostanzialmente costanti (Figura 15) anche se fortemente variabili da anno in anno per ragioni connesse alla variabilità meteorologica e con differenza fra primo e secondo semestre di ogni anno per i motivi di stagionalità. Le concentrazioni di biossidi di zolfo (Figura 16) sono invece mediamente costanti con presenza di outliers.

## 6. METODI DELL'ANALISI STATISTICA

### 6.1 AREA DI STUDIO

Come già descritto nel capitolo 3 l'area di studio è rappresentata dai medesimi Comuni che sono stati coinvolti per l'analisi sui Tumori. Per maggiori dettagli sui criteri di scelta dell'area in studio e sulla georeferenziazione dei residenti, si rimanda alla precedente pubblicazione sui tumori redatta dall'Osservatorio Ambiente e Salute della Regione Friuli Venezia Giulia.

(link:<http://www.regione.fvg.it/rafvf/comunicati/comunicato.act?dir=/rafvf/cms/RAFVG/notiziedallagiunta/&nm=20160302174930008>).

### 6.2 SELEZIONE DEI CASI CON INFARTO MIocardICO ACUTO

Sono stati estratti dal Registro IMA del FVG, presente nel Sistema informativo Sanitario Regionale, tutti i casi incidenti di infarto miocardico acuto, avvenuti tra il 01/01/2004 e il 31/12/2013 nei 14 Comuni in studio. L'implementazione del registro Infarti Miocardici Acuti si basa, per i dati d'incidenza, sulle schede di dimissione ospedaliera (SDO) con diagnosi principale ICD9CM 410.x con ricovero di tipo ordinario; per i dati di mortalità, il Registro Infarti Miocardici Acuti estrae dalle schede di morte i casi con causa principale ICD9CM 410.x-414.x., mentre la data del decesso è estratta dal flusso informatico delle anagrafi comunali.

Sono stati selezionati solo le persone residenti nei 14 Comuni in studio al momento dell'episodio di infarto miocardico acuto. Sono esclusi i soggetti che al momento dell'infarto non erano residenti nei 14 Comuni in studio, ma lo sono diventati solo successivamente all'evento.

Per le analisi degli effetti *a lungo termine* dell'esposizione agli inquinanti atmosferici ed insorgenza di episodi di IMA sono stati considerati tutti i casi di IMA avvenuti a partire dal 01/01/2004 al 31/12/2013 in quanto l'analisi è valutata su un modello di riferimento delle dispersione degli inquinanti per l'anno 1998 (vedere paragrafo "Esposizione ambientale").

Per l'analisi *a breve termine* degli effetti dell'esposizione agli inquinanti atmosferici e insorgenza di IMA sono stati analizzati solo i dati dal 01/01/2009 al 31/12/2013, in quanto i modelli di dispersione degli inquinanti su base giornaliera erano disponibili solo per il medesimo periodo in studio di riferimento. Oltre ai casi incidenti nel medesimo periodo, sono stati inclusi anche i casi prevalenti al 01/01/2009, cioè coloro che hanno avuto un infarto miocardico acuto in data antecedente allo 01/01/2009, ma che hanno avuto un successivo episodio nel periodo in studio. Sono stati, invece, esclusi tutti i casi prevalenti al 01/01/2009 che non hanno avuto altri episodi nel periodo in studio.

Sono stati esclusi i casi con evento fatale avvenuto oltre i 5 giorni dall'inizio del ricovero, e avvenuto durante il ricovero, in quanto il soggetto non è esposto alle concentrazioni di inquinanti attribuite alla residenza. Inoltre, sono esclusi tutti i soggetti per i quali non è disponibile l'informazione geografica (coordinate XY) della residenza alla data dell'evento di infarto miocardico acuto. Al fine di poter avere il dato di esposizione anche per le giornate antecedenti all'evento e poter appaiare i giorni di controllo, è stata valutata anche la storia residenziale dei soggetti in studio, ad esempio se un soggetto ha cambiato la residenza il giorno prima dell'evento di infarto, viene considerata anche la residenza pregressa e le esposizioni ad essa associate.

### 6.3 POPOLAZIONE IN STUDIO

Per poter calcolare i tassi standardizzati d'incidenza e di mortalità è necessario poter disporre, oltre che dei casi di infarto miocardico acuto, anche della popolazione residente nella medesima area di studio e nello stesso periodo.

Dal Sistema informativo Sanitario Regionale è stato estratto l'elenco degli assistiti residenti nei 14 comuni in studio, a cui sono stati associati gli indirizzi aggiornati con le coordinate geografiche (XY). Per gli scopi della presente analisi epidemiologica sono stati selezionati i cittadini residenti dal 01 Gennaio 2004 al 31 Dicembre 2013 ed è stato calcolato per ogni singolo residente la durata della residenza come misura tempo/persona. Per poter calcolare i tassi standardizzati è stata estratta dal Sistema informativo Sanitario Regionale la popolazione dell'area di confronto, pari alla province di Pordenone, Udine e Gorizia, con l'esclusione dei Comuni coinvolti nello studio.

La scelta del Sistema Informativo Sanitario Regionale FVG quale unica fonte dati era obbligata, in quanto il Sistema Informativo Sanitario Regionale FVG è l'unica sorgente informativa corredata dagli indirizzi dei residenti che ne consente la georeferenziazione e, quindi, la sovrapposizione delle mappe sanitarie a quelle ambientali. Inoltre, tutti i

casi di infarto miocardico acuto (IMA) identificati in questo studio derivano dal Registro IMA del Friuli Venezia Giulia che a sua volta include esclusivamente soggetti assistiti identificati dal Sistema Informativo Sanitario Regionale.

Il Sistema Informativo Sanitario Regionale FVG ha anche permesso di valutare la mobilità della popolazione, per meglio comprendere la reale esposizione pregressa agli inquinanti. La mobilità della popolazione ha permesso di calcolare in maniera precisa il periodo e il grado di esposizione per ogni singola residenza.

L'informazione dettagliata che si ricava dal Sistema Informativo Regionale FVG purtroppo è mancante delle informazioni che aiuterebbero la lettura ed interpretazione dei risultati partendo in particolare dal riconoscimento che l'infarto del miocardio non è legato ad una causa unica ma ha un'eziologia multifattoriale.

Pertanto, particolarmente quando sono presenti fattori sociali, esposizioni e stili di vita di lunga durata che possono determinare effetti che si realizzano dopo anni e decenni di latenza, sono da evitare sbrigative interpretazioni attribuibili ad un singolo fattore e piuttosto con urgenza vanno sviluppate ipotesi partendo da una visione eziologica ampia e non parziale e vanno messi in campo adeguati strumenti di verifica.

A titolo di esempio la Figura 17 riassume i principali fattori di rischio per effetti a lungo e breve termine. Il modello collega il progressivo processo di aterosclerosi con fattori di rischio e fattori scatenanti gli eventi cardiovascolari. La Figura 17 mostra anche il ruolo di disuguaglianze razziali e sociali e le opportunità di prevenzione a livello individuale e sociale.

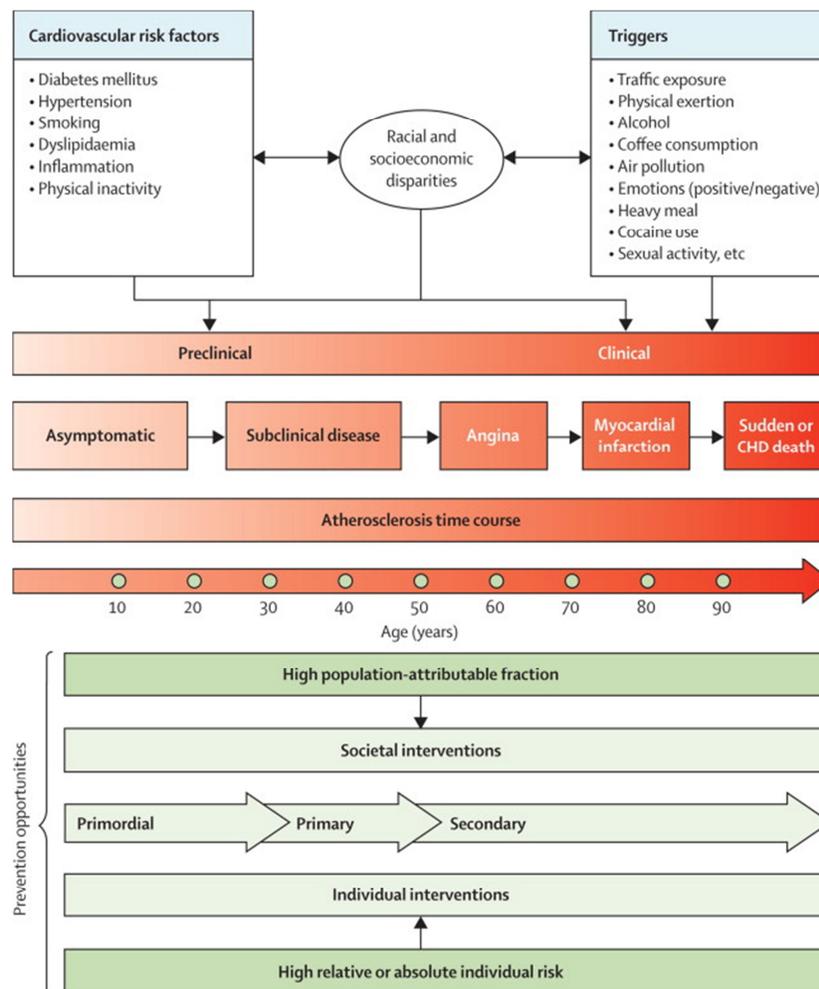


Figura 17. Baccarelli A, Benjamin EJ. Triggers of MI for the individual and in the community. Lancet, 2011;377: 694 – 696 [7]

## 6.4 ESPOSIZIONE AMBIENTALE

L'Agenzia regionale per la protezione dell'ambiente (ARPA) ha fornito due gruppi di dati sulle esposizioni ambientali a seconda del modello di studio adottato. Per gli effetti cronici a lungo termine dell'esposizione agli inquinanti atmosferici si è adottato un modello di dispersione con matrice a maglie di 400x400 metri. Considerando i diversi miglioramenti tecnologici apportati nel corso degli anni agli impianti industriali presenti nell'area in studio, le diverse condizioni meteorologiche intercorse negli anni precedenti a quelli in studio e l'evoluzione del parco veicolare in termini di miglioramento nelle emissioni degli inquinanti, si è deciso di adottare come modello più rappresentativo, in termini di esposizioni medie annue, quello per l'anno 1998. Il modello di dispersione ha fornito le concentrazioni per ogni maglia 400x400 metri degli ossidi di azoto (NO<sub>2</sub>), delle polveri sottili con diametro di 10 micron (PM<sub>10</sub>), degli ossidi di zolfo (SO<sub>2</sub>) e del benzene (C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>). Ad ogni soggetto sono stati associati (in base alla residenza) i valori medi di concentrazione del 1998 espressi in µg/m<sup>3</sup> per il benzene (C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>), gli ossidi di azoto (NO<sub>2</sub>), il particolato (PM<sub>10</sub>) e gli ossidi di zolfo (SO<sub>2</sub>).

Sono state oggetto della nostra analisi le aree del modello (400x400 metri) al cui interno è risultato esserci almeno un residente in almeno un anno tra il 2004 e il 2013. Successivamente, sono state definite le diverse aree di esposizione, e il rischio di infarto miocardico acuto valutato in base ai terzili e ai quintili di esposizione calcolati singolarmente per ogni inquinante esaminato (per la valutazione approfondita dei singoli inquinanti si rimanda al capitolo per ogni singolo inquinante).

Per gli effetti acuti a breve termine il CRMA dell'ARPA-FVG ha fornito i modelli di interpolazione, su base giornaliera, per il valore medio giornaliero degli ossidi di azoto (NO<sub>2</sub>), delle polveri sottili con diametro inferiore ai 10 micron (PM<sub>10</sub>) e degli ossidi di zolfo (SO<sub>2</sub>). ARPA-FVG ha fornito anche i modelli di interpolazione, su base giornaliera, per il valore massimo orario degli ossidi di azoto (NO<sub>2</sub>), dell'ozono (O<sub>3</sub>) e degli ossidi di zolfo (SO<sub>2</sub>). Inoltre, solo per l'ozono (O<sub>3</sub>) sono stati forniti i modelli di interpolazione, su base giornaliera, del valore massimo della media nelle 8 ore consecutive; i modelli hanno una matrice a maglie 400x400 metri, analoga a quella utilizzata per valutare gli effetti a lungo termine.

## 6.5 DISEGNO DELLO STUDIO E ANALISI DEI DATI

L'associazione tra esposizione a specifici inquinanti atmosferici ed insorgenza di infarto miocardico acuto (IMA) è stata valutata mediante due approcci metodologici. Un primo approccio, di tipo descrittivo, aveva come obiettivo lo studio degli effetti a lungo termine dell'esposizione agli inquinanti atmosferici e l'insorgenza di episodi di infarto miocardico acuto. L'analisi descrittiva si è focalizzata sul calcolo dei seguenti indicatori per differenti concentrazioni di inquinanti: tassi d'incidenza per tutti gli episodi di infarto miocardico acuto (primi e successivi episodi); rapporto tra tassi d'incidenza: *Incidence Rate Ratio* (IRR); rapporto standardizzato d'incidenza: *Standardized Incidence Ratio* (SIR); tassi standardizzati di mortalità per infarto miocardico acuto; rapporto standardizzato di mortalità: *Standardized Mortality Ratio* (SMR). Tutti gli indicatori sono stati standardizzati sulla popolazione europea del 2013, stratificata per genere e classi quinquennali d'età e classe aperta dai 95 anni in poi. Avendo a disposizione la mobilità dei residenti con la specifica esposizione, sono state adottate 2 analisi epidemiologiche distinte, utilizzando la coorte di popolazione in forma dinamica o fissa; si parla di coorte dinamica quando il contributo, in termini di tempo/persona di esposizione, o in termini di casi incidenti di infarto miocardico acuto, è dato da tutti coloro che hanno risieduto nei 14 Comuni in studio per periodi differenti a partire dal 01 Gennaio 2004 fino al 31 Dicembre 2013. Nella coorte fissa, invece, sono stati considerati solo i residenti nei 14 Comuni al 01 Gennaio 2004, e che avevano la medesima residenza almeno dal 01 Gennaio 1998. Nella coorte fissa, quindi, non vi è contributo nelle analisi di coloro che hanno iniziato a risiedere nei 14 Comuni in studio dopo il 01 Gennaio 2004, o che erano già residenti alla medesima data, ma non lo erano nella medesima residenza al 01 Gennaio 1998. Queste due differenti approcci di analisi epidemiologica permette di valutare l'eventuale "bias di esposizione", cioè la possibilità che persone che hanno iniziato a risiedere in uno dei 14 Comuni in studio dopo il 01 Gennaio 2004, e quindi contribuiscono alle analisi nella coorte dinamica, possano aver avuto esposizioni pregresse differenti, tali da modificare il suo rischio d'insorgenza di infarto miocardico acuto, sia in termini di minor rischio sia in termini di maggior rischio. Nella coorte fissa, invece, si studiano solo le persone, a partire dal 01 Gennaio 2004, che hanno avuto la medesima residenza nei 14 Comuni in studio dal 1998 al 2004.

Un secondo approccio metodologico si è, invece, focalizzato sugli effetti acuti a breve termine dell'esposizione a determinati inquinanti atmosferici e l'insorgenza di infarto miocardico acuto. L'analisi degli effetti acuti si è basata su

studio case-crossover con approccio “time-stratified”. Questo disegno di studio è un caso-controllo particolare, nel quale il soggetto caso (cioè colui che ha l’evento di infarto miocardico acuto), è controllo di se stesso in tempi diversi rispetto al giorno dell’evento di infarto. Nello studio caso-controllo classico, invece, i casi sono confrontati con altri soggetti di controllo. Nello studio case crossover l’appaiamento tra casi e controlli non è fatto tra soggetti ma tra periodi temporali. I giorni di controllo sono appaiati per giorno della settimana, all’interno dello stesso mese e anno in cui si è verificato l’infarto (ad esempio se una persona ha un infarto il giovedì 28 novembre 2013, i giorni di controllo sono tutti gli altri giovedì del mese di novembre dell’anno 2013). Gli effetti sul rischio di IMA sono stati analizzati per sei giorni da lag 0 (effetti dell’inquinamento nello stesso giorno) a lag 5 (effetti dell’inquinamento misurato fino a 5 giorni antecedenti l’evento di infarto). Una prima analisi ha considerato gli effetti a lag distribuiti vincolati, cioè considerando ogni singolo giorno da lag 0 a lag 5 (lag indipendenti). Una seconda analisi ha considerato gli effetti a lag cumulati, cioè considerando intervalli di più giorni: effetto immediato con lag 0-1 (media dell’inquinante nello stesso giorno e nel giorno precedente), effetto ritardato con lag 2-5 (media dell’inquinante tra 2 e 5 giorni precedenti) ed effetto prolungato con lag 0-5 (media dell’inquinante tra tutti i sei giorni). L’approccio “time-stratified” permette di controllare, attraverso il disegno dello studio, i trend temporali di medio-lungo periodo, l’effetto “giorno della settimana” e tutte le caratteristiche del tempo variabili su scala maggiore del mese o costanti. Con questo approccio si ottiene lo stesso effetto di aggiustamento del confondimento ottenibile con le analisi di serie temporali mediante interazione tripla di anno, mese e giorno della settimana dell’evento. L’analisi è condotta per ogni singolo inquinante.

I dati ambientali sono stati elaborati mediante software GIS, mentre le restanti elaborazioni di data-management e analisi statistiche sono state condotte con SAS 9.4 e SAS Enterprise Guide 7.11, adottando un modello statistico di regressione logistica condizionata per la valutazione a breve termine degli effetti degli inquinanti sull’insorgenza di infarto miocardico acuto. Il modello è stato aggiustato per possibili confondenti quali giorni di festa e periodi di festività, decremento estivo della popolazione, epidemie influenzali, temperatura, umidità ambientale e velocità del vento. I giorni di festa sono stati considerati come variabile dicotomica, considerando come giorni di festa tutte le domeniche e tutte le feste nazionali. Il decremento estivo è stato considerato come variabile categorica, distinguendo tre periodi:

- Periodo a cavallo del 15 agosto considerando una finestra temporale di 7 giorni prima e 7 giorni dopo
- Periodo dal 1 luglio al 31 agosto con esclusione del periodo descritto precedentemente
- Tutto il periodo restante dell’anno

Per le epidemie influenzali sono stati considerati i picchi influenzali indicati da INFLUNET (link: <http://www.iss.it/flue/index.php?lang=1&anno=2017&tipo=13>; ultimo accesso 08/01/2017) per i singoli anni di calendario e per le seguenti fasce di età (15-64 anni; >= 65 anni); come periodo di riferimento sono state considerate le tre settimane con il maggior numero di casi incidenti per le rispettive fasce d’età, come indicate da INFLUNET.

La temperatura è stata considerata come valore assoluto per analizzare l’effetto delle ondate di freddo, mentre per le ondate di calore è stata calcolata la temperatura apparente utilizzando anche i dati dell’umidità relativa e la velocità del vento. La temperatura è stata misurata da due stazioni di rilevamento (Fossalon e Gradisca d’Isonzo) ed è stato calcolato il valore medio giornaliero tra le due misurazioni. Sia per la temperatura reale che per quella apparente sono stati calcolati i relativi valori predetti mediante procedura di spline cubica.

Per la velocità del vento è stata adottata la medesima procedura utilizzata per la temperatura, calcolando il valore medio della velocità tra le due stazioni di rilevamento. Per l’umidità relativa si disponeva solo dei valori giornalieri della stazione di Fossalon e quindi sono stati adottati come valore di riferimento per l’intera area.

La formula adottata per calcolare la temperatura apparente è:

#### Apparent Temperature - R.G. Steadman (1984)

$$AT[^\circ\text{C}] = -2.7 + 1.04T + 2.0e^{10 - 0.65v}$$

T [°C]=temperatura aria

v = velocità del vento

$$e = 6,11 \frac{UR}{100} 10^{\frac{7,5 T}{237,7+T}}$$

UR= umidità relativa

AT < 27 °C	Benessere
27 <= AT < 32	Cautela
32 <= AT < 40	Estrema cautela
40 <= AT < 54	Pericolo
AT >= 54	Elevato pericolo

## 7. GUIDA ALLA LETTURA DEI RISULTATI

Per una corretta interpretazione dei risultati è opportuno chiarire le diverse modalità di analisi adottate e gli obiettivi di ognuna di esse. Il presente report illustra schematicamente i risultati di due distinte analisi, il cui obiettivo era la valutazione a lungo e a breve termine dell'esposizione a specifici inquinanti ed insorgenza di infarto miocardico acuto (IMA). L'effetto dell'esposizione a lungo termine a specifici inquinanti ed insorgenza di IMA è stato valutato mediante il calcolo dei tassi standardizzati d'incidenza (ASR) e il loro rapporto (IRR), valutazione del rapporto standardizzato d'incidenza (SIR), mediante il calcolo dei casi osservati e dei casi attesi, e i tassi standardizzati di mortalità e il rapporto standardizzato di mortalità (SMR). L'effetto dell'esposizione a breve termine agli inquinanti, invece, è stato analizzato calcolando l'Odds Ratio (OR) mediante studio case-crossover.

La prima parte delle analisi aveva come obiettivo la valutazione gli effetti a lungo termine dell'esposizione a determinanti inquinanti ed insorgenza di un primo episodio di infarto miocardico acuto; queste analisi si basano su due approcci metodologici. Le analisi sono condotte sia con la coorte fissa sia con la coorte dinamica. Lo studio con la coorte fissa indaga solo la popolazione che è stata residente nell'area in studio al 01 gennaio 2004 e che ha avuto la medesima residenza a partire dal 01 gennaio 1998. Lo studio mediante l'utilizzo della coorte dinamica, invece, permette di indagare tutte le persone che hanno abitato nell'area di studio, senza vincoli di durata della residenza per il periodo 2004-2013. Le analisi condotte sulla coorte fissa, essendo meno influenzate da persone che possono aver risieduto, antecedentemente al 2004, in aree a maggior o minor esposizione rispetto a quella in studio, permettono di comprendere meglio il peso delle esposizioni pregresse d'inquinamento nell'area in studio sull'insorgenza di IMA. L'utilizzo della coorte fissa permette di verificare, confrontando i dati con quelli elaborati a partire dalla coorte dinamica, se ci sono eventuali differenze tra le due analisi. Per questo motivo, nei paragrafi successivi sono esposti solo i risultati calcolati con la coorte fissa, mentre i risultati, a partire dalla coorte dinamica, sono riportati in appendice E, nel caso il lettore volesse confrontare i risultati con le due coorti.

Per la valutazione degli effetti delle esposizioni a lungo termine, le prime analisi hanno considerato l'intera area di studio senza distinzione per tipo di inquinante e concentrazione di esposizione al medesimo. Con queste analisi si è voluto valutare il grado complessivo dello stato di salute della popolazione in studio. Sono illustrati separatamente i dati sui casi incidenti e sui decessi per infarto miocardico acuto. Sono definiti casi incidenti, solo il primo episodio di infarto miocardico acuto, cioè se una persona ha avuto più infarti, si considera come caso incidente solo il primo evento. I risultati di queste analisi sono illustrati nei Capitoli 9 e 10.

I risultati delle analisi, illustrati nei Capitoli 11-15, mostrano, invece, i risultati suddivisi per singolo inquinante. Per ogni inquinante sono mostrati sia gli effetti per esposizioni a lungo termine sia per esposizioni a breve termine. Per le esposizioni a lungo termine è stato considerato il valore medio annuale (anno 1998) delle esposizioni al benzene (C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>), al biossido di azoto (NO<sub>2</sub>), alle polveri sottili di diametro inferiore a 10 micron (PM<sub>10</sub>) e al biossido di zolfo (SO<sub>2</sub>). Per la valutazione degli effetti ad esposizioni a breve termine sono stati utilizzati i valori medi giornalieri del biossido di azoto (NO<sub>2</sub>), dell'ozono (O<sub>3</sub>), delle polveri sottili di diametro inferiore a 10 micron (PM<sub>10</sub>) e del biossido di zolfo (SO<sub>2</sub>). Inoltre, sono stati utilizzati i valori massimi orari del biossido di azoto, dell'ozono e del biossido di zolfo. Infine, solo per l'ozono, è stato utilizzato anche il massimo valore medio calcolato nelle 8 ore consecutive.

L'analisi degli effetti a breve termine dell'esposizione agli inquinanti atmosferici, è stata effettuata con due metodiche:

La prima metodica ha considerato l'esposizione di ogni singolo inquinante e assumendo l'esposizione come:

- variabile dicotomica, cioè categorizzando il valore di esposizione come "esposto" o "non esposto" secondo specifici valori stabiliti dalle normative vigenti
- incremento fisso di concentrazione pari a 10 µg/m<sup>3</sup> per tutti gli inquinanti (NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>, PM<sub>10</sub>, SO<sub>2</sub>)

La seconda metodica ha considerato anche la distanza dalla centrale termoelettrica, applicando lo studio case-crossover per l'area entro i 3000 metri dalla centrale termoelettrica e per l'area oltre i 3000 metri dalla centrale stessa.

Entrambe le analisi, inoltre, sono state condotte per periodi di esposizione differenti:

- Lag indipendenti, cioè considerando la singola esposizione per ogni singola giornata, a partire dalla giornata in cui è avvenuto l'infarto miocardico acuto (Lag 0) fino a 5 giorni precedenti (Lag 5);
- Lag cumulati, cioè considerando la media dei valori giornalieri di esposizione per periodi consecutivi di durata differente, compresi tra la giornata in cui è avvenuto l'infarto e i 5 giorni precedenti. Nel presente report vengono mostrati i Lag cumulativi più significativi, cioè il Lag 0-1, il Lag 2-5 e il Lag 0-5.

Tutti i risultati mostrati di seguito sono corretti per diversi fattori di confondimento:

- Decremento estivo della popolazione (minor numero di popolazione residente dovuto alle vacanze estive)
- Festività (effetto delle festività)
- Picco influenzale (effetto dell'influenza nell'insorgenza di eventuali episodi di infarto miocardico acuto)
- Ondate di freddo (effetto delle ondate di freddo nell'insorgenza di eventuali episodi di infarto miocardico)
- Ondate di calore (effetto delle ondate di calore nell'insorgenza di eventuali episodi di infarto miocardico)

In alcune tabelle e per specifici Lag, non sono riportati i risultati per l'OR (*Odds Ratio*) e il relativo p-value in quanto il modello statistico non è riuscito, per la ridotta numerosità campionaria, a stimare il rischio di avere un infarto miocardico acuto. Per chiarezza, sono riportati comunque il numero delle coppie discordanti tra giorno durante il quale è avvenuto l'infarto miocardico acuto (chiamato "giorno caso") e giorni di controllo. Viene spontanea quindi la domanda: perché si parla di coppie discordanti e non di eventi di IMA? Nello studio case-crossover per ogni evento di IMA l'analisi prevede 3 o 4 giorni di controllo, dipendenti dalla giornata in cui è avvenuto l'evento e dal mese in cui è avvenuto l'evento. Ad esempio se l'evento avviene il 24 febbraio, i giorni di controllo saranno il 3, 10 e 17 febbraio. Negli altri mesi del calendario, invece, è possibile aver 3 o 4 giorni di controllo. Quindi, in linea teorica ci potrebbero essere un massimo di coppie (giorno caso – giorno controllo) pari a 4. Quindi, il numero di coppie, evidenziate nelle tabelle non corrispondono agli eventi di IMA, ma al numero di coppie discordanti calcolate tra la totalità delle coppie.

Si definisce "discordante" una coppia tra giorno caso e giorno controllo quando la differenza tra le due concentrazioni d'inquinante, misurata nelle due giornate, supera una certa soglia, oppure uno dei due giorni supera una certa soglia. Le coppie "non discordanti", invece presentano una differenza inferiore al valore soglia, oppure tutte e due le giornate hanno valori di concentrazione superiori o inferiori a una certa soglia. Le coppie non discordanti non servono ai fini del calcolo del rischio, in quanto il confronto è fatto con una giornata di controllo che ha le stesse caratteristiche della giornata in cui è avvenuto l'evento di IMA. Utili, invece, sono le coppie discordanti in quanto si va a confrontare la giornata caso con una giornata controllo con concentrazioni differenti rispetto alla giornata in cui c'è stato l'evento.

Ad esempio, per rispondere alla domanda se concentrazioni di PM10 superiori a  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  sono un fattore di rischio per l'IMA, è necessario confrontare coppie di giornate in cui il giorno caso ha concentrazioni superiori a  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  mentre le giornate di controllo hanno valori inferiori, o viceversa e quindi poi misurare la numerosità delle due coppie.

Per una corretta interpretazione dei risultati di seguito si riporta un esempio per meglio spiegare il significato dei numeri, riportati in tabella, riferiti ai giorni caso e ai giorni controllo. In tabella 27, il lag cumulativo Lag 2-5 per le femmine con età superiore ai 65 anni, ha 99 coppie discordanti durante le quali il giorno caso aveva un valore di concentrazione di PM10 superiore a  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , mentre il valore della corrispettiva giornata di controllo aveva un valore inferiore a  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , e 50 coppie discordanti con un valore di concentrazione nel giorno caso inferiore a  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , mentre nei giorni controllo un valore maggiore di  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

## 8. ANALISI DESCRITTIVA DEI CASI DI IMA NELL'AREA IN STUDIO.

Il presente capitolo ha lo scopo di illustrare in maniera descrittiva la casistica utilizzata per effettuare le analisi esposte nei capitoli successivi. La Tabella 2 mostra i casi di infarto miocardico acuto registrati presso il Sistema Informativo Sanitario Regionale e utilizzati per la valutazione degli effetti delle esposizioni croniche a specifici inquinanti atmosferici. I casi sono suddivisi tra maschi e femmine e per due classi di età (soggetti con età minore a 65 anni e soggetti con età maggiore o uguale a 65 anni).

Questi episodi di infarto miocardico acuto si riferiscono a tutti i "primi eventi di IMA" intercorsi tra il 2004 e il 2013 nei 14 Comuni in studio. Si considera "primo evento di IMA" un evento avvenuto per la prima volta in una persona che in passato non ha mai avuto altri episodi di IMA. Sono stati esclusi gli episodi successivi di IMA in una stessa persona, in quanto possono manifestarsi per esposizioni acute a particolari fattori di rischio e in soggetti già predisposti ad avere un successivo evento di IMA, avendone avuto già uno in precedenza. In questo modo si è potuto studiare meglio l'effetto dell'esposizione cronica e insorgenza di IMA, al netto di altri fattori che possono indurre episodi successivi al primo, e quindi in parte non riconducibili all'esposizione cronica a particolari inquinanti atmosferici.

Primo evento di IMA (2004-2013)		
SESSO	< 65 anni d'età	>= 65 anni d'età
F	55	797
M	204	665
<b>Totale</b>	<b>259</b>	<b>1462</b>

Tabella 2. Casi di infarto miocardico acuto registrati presso il Sistema Informativo Sanitario Regionale e utilizzati per la valutazione degli effetti delle esposizioni croniche a specifici inquinanti atmosferici suddivisi per sesso e per due classi di età.

Primo evento di IMA (2004-2013)		
Classe d'età	Femmine	Maschi
0-19	0	0
20-24	2	0
25-29	0	0
30-34	1	1
35-39	2	4
40-44	2	13
45-49	2	18
50-54	4	36
55-59	11	61
60-64	31	71
65-69	26	87
70-74	63	125
75-79	113	147
80-84	172	147
85+	423	159
<b>Totale</b>	<b>852</b>	<b>869</b>

Tabella 3. Casi di infarto miocardico acuto registrati presso il Sistema Informativo Sanitario Regionale e utilizzati per la valutazione degli effetti delle esposizioni croniche a specifici inquinanti atmosferici suddivisi tra maschi e femmine e per classi di età

La Tabella 4 mostra, invece, tutti i casi di IMA registrati tra il 2009 e il 2013 nei 14 Comuni in studi e utilizzati per effettuare lo studio case-crossover. In questo caso, a differenza della Tabella 3, sono inclusi tutti i casi di IMA, sia i

primi eventi che gli eventi successivi avvenuti nella stessa persona, in quanto lo scopo dell'analisi era valutare l'effetto acuto a breve termine dell'esposizione a specifici inquinanti atmosferici e insorgenza di IMA.

Anche nella Tabella 4 i casi di IMA sono suddivisi tra maschi e femmine e per classi d'età:

Primo evento di IMA o successivi (2009-2013)		
SESSO	< 65 anni d'età	>= 65 anni d'età
F	59	739
M	243	613
<b>Totale</b>	<b>302</b>	<b>1352</b>

Tabella 4. Casi di infarto miocardico acuto registrati presso il Sistema Informativo Sanitario Regionale e utilizzati per la valutazione case crossover e effetti delle esposizioni croniche a specifici inquinanti atmosferici suddivisi per sesso e per due classi di età.

Primo evento di IMA o successivi (2009-2013)		
Classe d'età	Femmine	Maschi
0-19	0	0
20-24	0	0
25-29	0	1
30-34	1	3
35-39	2	7
40-44	1	16
45-49	7	23
50-54	6	48
55-59	23	70
60-64	19	75
65-69	29	77
70-74	60	114
75-79	84	123
80-84	144	117
85+	422	182
<b>Totale</b>	<b>798</b>	<b>856</b>

Tabella 5. Casi di infarto miocardico acuto registrati presso il Sistema Informativo Sanitario Regionale e utilizzati per la valutazione case crossover e effetti delle esposizioni croniche a specifici inquinanti atmosferici suddivisi per sesso e per classi di età.

## 9. INCIDENZA DEGLI INFARTI MIOCARDICI ACUTI SULL'INTERA AREA DI STUDIO

### 9.1 EFFETTI PER ESPOSIZIONI A LUNGO TERMINE

#### COORTE FISSA

L'utilizzo della coorte fissa permette di verificare, confrontando i dati con quelli elaborati a partire dalla coorte dinamica, se ci sono eventuali differenze tra le due analisi. Le analisi condotte sulla coorte fissa, essendo meno influenzate da persone che possono aver risieduto in aree a maggior o minor esposizione rispetto a quella in studio, permettono di comprendere meglio il peso delle esposizioni pregresse d'inquinamento nell'area in studio sull'insorgenza di IMA.

Una prima analisi ha voluto indagare lo stato complessivo dell'area in studio e dell'area di riferimento della Regione FVG, calcolando per essa i tassi standardizzati d'incidenza (ASR) (Tabelle 6 e 7).

SESSO	CASI	PY	ASR	95% CI	
F	852	201818,4	208,2	193,5	222,8
M	869	177492,9	381,1	354,3	407,9

Tabella 6. Tassi d'incidenza standardizzati per 100.000 abitanti (ASR) calcolati per l'intera area di studio per il periodo 2004-2013 (coorte fissa)

SESSO	CASI	PY	ASR	95% CI	
F	6392	2176436,8	162,5	158,4	166,6
M	7830	1977299,4	338,6	330,9	346,3

Tabella 7. Tassi d'incidenza standardizzati per 100.000 abitanti (ASR) calcolati per l'area della regione FVG per il periodo 2004-2013 (coorte fissa)

Una seconda analisi (Tabella 8) ha voluto confrontare l'area di studio rispetto ad un'altra area del Friuli Venezia Giulia, nello specifico l'insieme delle Province di Pordenone, Udine e Gorizia con l'esclusione dei Comuni in studio, per verificare se ci fossero delle differenze in termini di casi incidenti di IMA, calcolando il rapporto tra il numero di casi osservati di IMA e il numero di casi attesi di IMA (SIR).

SESSO	OSSERVATI	ATTESI	SIR	95% CI	
F	852	653,4	130,4	121,6	139,2
M	869	791,3	109,8	102,5	117,1

Tabella 8. Rapporto tra il numero di IMA osservati e numero di IMA attesi (SIR) nell'area in studio (coorte fissa)

### 9.2 DISCUSSIONE

I risultati fino ad ora esposti non considerano la differente esposizione tra le diverse persone, ma vogliono esprimere un quadro complessivo sui casi incidenti di IMA avvenuti nell'area di studio, valutando eventuali differenze di genere (maschi o femmine) o eventuali differenze tra aree diverse.

Le tabelle che rappresentano i risultati per la totalità dell'area in studio (Tabelle 6 e 7) mostrano chiaramente la differenza di genere che esiste tra maschi e femmine in termini di insorgenza di IMA, confermando un dato noto in letteratura, che mostra come i maschi abbiano un più alto tasso d'incidenza per IMA rispetto alle femmine, sia nell'area di studio sia nell'area della regione FVG. Questa differenza è generalmente dovuta al fatto che gli uomini sono esposti a più fattori di rischio (fumo ed esposizione occupazionale) rispetto alle donne. Se poi confrontiamo i medesimi risultati calcolati nella coorte dinamica e nella coorte fissa, non si notano particolari differenze sia nelle femmine che nei maschi (per i dati della coorte dinamica si rimanda all'Appendice E).

I risultati del rapporto standardizzato d'incidenza (SIR) mostrano un aumento del 30% del numero di casi incidenti di IMA tra le femmine dell'area in studio, rispetto alle femmine dell'area di confronto della regione FVG (tabella 8); per i maschi, invece, l'aumento nell'area di studio è circa il 10% rispetto ai maschi del resto della regione FVG.

## 10. MORTALITÀ PER INFARTO MIOCARDICO ACUTO NELL'INTERA AREA DI STUDIO

### 10.1 EFFETTI PER ESPOSIZIONI A LUNGO TERMINE

L'analisi dei decessi per IMA merita una discussione a parte in quanto i fattori legati alla comparsa di un evento IMA che comporti il decesso oppure no, sono molti e in particolare legati alla tempestività con la quale il soggetto affetto da IMA viene soccorso. Nel presente capitolo verranno mostrati solo i risultati delle analisi per la coorte dinamica.

La prima analisi ha voluto indagare lo stato complessivo dell'area in studio e dell'area di riferimento della Regione FVG, calcolando per essa i tassi standardizzati di mortalità (ASR) (Tabelle 9 e 10).

SESSO	CASI	PY	ASR	95% CI
F	973	454331,3	136,5	127,8 145,2
M	725	434638,6	213,6	196,7 230,5

Tabella 9. Tassi di mortalità standardizzati per 100.000 abitanti (ASR) calcolati per l'intera area di studio per il periodo 2004-2013 (coorte dinamica)

SESSO	CASI	PY	ASR	95% CI
F	5886	4627339,5	83,9	81,7 86,1
M	5319	4365334,3	154,3	150,0 158,7

Tabella 10. Tassi di mortalità standardizzati per 100.000 abitanti (ASR) calcolati per l'area della regione FVG per il periodo 2004-2013 (coorte dinamica)

Una seconda analisi (tabella 11) ha voluto confrontare l'area di studio rispetto ad un'altra area del Friuli Venezia Giulia, nello specifico l'insieme delle Province di Pordenone, Udine e Gorizia con l'esclusione dei Comuni in studio, per verificare se ci fossero delle differenze in termini di decessi per IMA, calcolando il rapporto tra il numero di decessi osservati per IMA e il numero di decessi attesi per IMA (SMR).

SESSO	CASI OSSERVATI	CASI ATTESI	SMR	95% CI
F	973	658,7	147,7	138,4 157,0
M	725	615,4	117,8	109,2 126,4

Tabella 11. Rapporto tra il numero di decessi per IMA osservati e numero di decessi per IMA attesi (SMR) nell'area in studio (coorte dinamica)

### 10.2 DISCUSSIONE

L'indicatore della mortalità per infarto miocardico acuto va valutato con estrema cautela, in quanto la mortalità per infarto miocardico acuto è legata a molti fattori e tra questi, gioca sicuramente un ruolo importante, la tempestività con la quale viene prestato il primo soccorso al paziente con infarto miocardico acuto in atto. Oltre alla tempestività dell'intervento sanitario, anche altri fattori giocano un ruolo importante, come ad esempio le modalità d'insorgenza dei sintomi e la capacità di riconoscerli e l'età del soggetto. Le analisi mostrano che nell'area in studio il tasso di decessi standardizzato per età e stratificato per sesso è notevolmente aumentato rispetto all'area di confronto. L'aumento di mortalità è più evidente nelle donne rispetto agli uomini, e questo è in linea con i dati sui casi incidenti, esposti nel capitolo precedente. L'interpretazione di questi risultati necessita di particolare cautela poiché, per quanto di nostra conoscenza, derivata da un fenomeno finora poco studiato. E si ricorda come, a differenza dei risultati precedentemente prodotti da questo stesso osservatorio sui tumori, i dati forniti dalla Direzione centrale della salute del FVG sono stati prodotti ad hoc e non hanno ancora ricevuto né una formale validazione, né un accreditamento certificato.

Le spiegazioni di questo importante eccesso di mortalità accoppiato a un analogo, ancorché meno evidente, eccesso di incidenza di infarto miocardico acuto rispetto al resto della regione rilevato nel decennio 2004-2013 possono essere molteplici e richiedono un urgente lavoro, distinto dal progetto attuale, da condurre assieme ai responsabili regionali dell'osservatorio delle malattie cardiovascolari. La prima possibile interpretazione da tenere in considerazione è

l'eventuale presenza in questa zona rispetto al resto della regione di errori sistematici (bias) di accertamento dell'infarto e del correlato decesso. Invece, se questi aumenti in questa zona fossero reali, le interpretazioni dovrebbero partire dal riconoscimento che l'infarto del miocardio non è legato ad una causa unica ma ha un'eziologia multifattoriale.

Pertanto, particolarmente quando sono presenti fattori sociali, esposizioni e stili di vita di lunga durata (p.es., fumo di sigarette) che possono determinare effetti che si realizzano dopo anni e decenni di latenza, sono da evitare sbrigative interpretazioni attribuibili ad un singolo fattore e piuttosto con urgenza vanno sviluppate ipotesi partendo da una visione eziologica ampia e non parziale e vanno messi in campo adeguati strumenti di verifica.

## 11. BENZENE

### 11.1 EFFETTI PER ESPOSIZIONI A LUNGO TERMINE

Le figure sottostanti (Figura 18 e 19) mostrano la distribuzione per la concentrazione media annuale di benzene in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  nelle aree al cui interno sono residenti una o più persone nel periodo tra il 2004 e il 2013. Questi due modelli di dispersione sono stati utilizzati per condurre le analisi sugli effetti a lungo termine del benzene ed insorgenza di infarto miocardico acuto, sia per la coorte dinamica (in appendice E) sia per la coorte fissa.

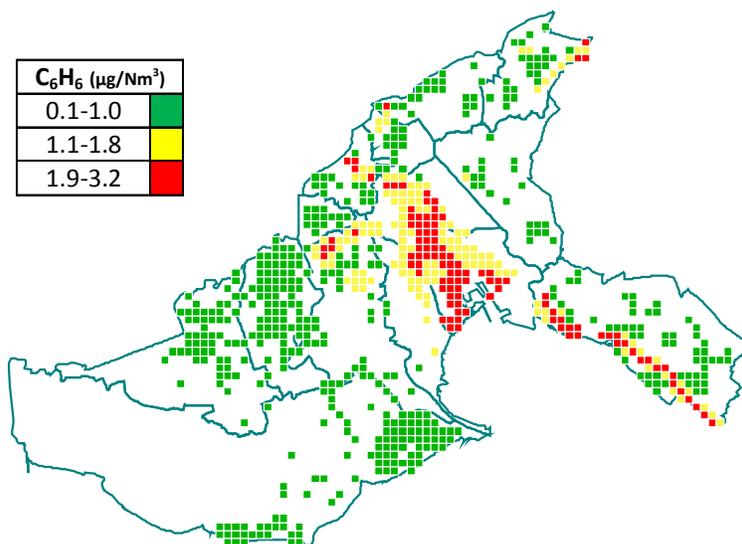


Figura 18. Suddivisione delle aree in studio sui terzili di esposizione al benzene ( $\text{C}_6\text{H}_6$ )  
Il dato è riferito alla corte fissa e all'esposizione ambientale del 1998

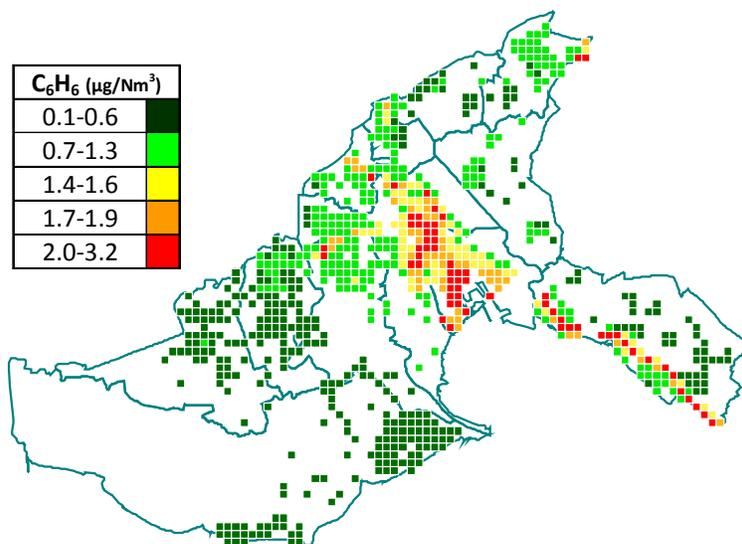


Figura 19. Suddivisione delle aree in studio sui quintili di esposizione al benzene ( $\text{C}_6\text{H}_6$ )  
Il dato è riferito alla corte fissa e all'esposizione ambientale del 1998

**COORTE FISSA**

Le analisi sono state condotte considerando la coorte fissa. Le analisi sono state condotte suddividendo per terzili o quintili di esposizione la popolazione in studio. La Tabella 12 mostra i tassi d'incidenza standardizzati, stratificati per genere e i terzili di esposizione al benzene. La Tabella 13 mostra i medesimi tassi d'incidenza per quintili.

	Maschi				Femmine			
	CASI	PY	ASR	IRR	CASI	PY	ASR	IRR
<b>C6H6 (<math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math>)</b>								
< 1.189	275	65836,1	343,6	1,00	281	71515,3	209,6	1,00
1.189-1.811	305	53848,7	424,1	1,23	334	64000,7	231,0	1,10
> 1.811	289	57808,1	379,8	1,11	237	66302,4	185,2	0,88

**Tabella 12. Tassi d'incidenza standardizzati per 100.000 abitanti (ASR) e rapporto tra tassi d'incidenza (IRR) stratificati per terzili di esposizione residenziale al benzene (coorte fissa)**

	Maschi				Femmine			
	CASI	PY	ASR	IRR	CASI	PY	ASR	IRR
<b>C6H6 (<math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math>)</b>								
< 0.75	156	39133,9	312,0	1,00	173	42877,9	203,6	1,00
0.75-1.42	187	38836,8	397,2	1,27	184	42938,7	230,7	1,13
1.43-1.64	181	30304,1	448,8	1,44	196	36728,8	220,0	1,08
1.65-1.97	188	35814,9	399,2	1,28	156	41038,2	193,4	0,95
> 1.97	157	33403,2	360,1	1,15	143	38234,9	196,3	0,96

**Tabella 13. Tassi d'incidenza standardizzati per 100.000 abitanti (ASR) e rapporto tra tassi d'incidenza (IRR) stratificati per quintili di esposizione residenziale al benzene (coorte fissa)**

La Tabella 14 mostra i tassi d'incidenza standardizzati, stratificati per genere e categorizzati per aumenti di  $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$  di benzene.

	Maschi			Femmine		
	CASI	PY	ASR	CASI	PY	ASR
<b>C<sub>6</sub>H<sub>6</sub> (<math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math>)</b>						
< 1	222	54453,1	331,9	242	59346,1	213,7
1-1.99999	497	91156,7	413,2	472	105877,6	209,3
>= 2	150	31883,0	363,6	138	36594,7	198,1

**Tabella 14. Tassi d'incidenza per i maschi standardizzati per 100.000 abitanti (ASR) stratificati per incremento di  $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$  di benzene (coorte fissa)**

## 11.2 EFFETTI PER ESPOSIZIONI A BREVE TERMINE

Per il benzene non è stato possibile effettuare le analisi per l'esposizione a breve termine mediante analisi case-crossover in quanto la normativa di riferimento D.Lgs 155/2010, non prevede delle misure giornaliere per questa tipologia di inquinante ma la stima delle medie annuali. La misura giornaliera è presente solo in alcune stazioni di monitoraggio che non sono state sufficienti per una copertura dati (spazio-tempo) per l'intera area di indagine da inserire nell'algoritmo di interpolazione spaziale per gli anni 2009-2014.

Si ricorda che in un recente lavoro condotto a Strasburgo ([PLoS One](#), 2014 Jun 16;9(6):e100307. doi: 10.1371/journal.pone.0100307. eCollection 2014 Traffic-related air pollution and the onset of myocardial infarction: disclosing benzene as a trigger? A small-area case-crossover study. [Bard D<sup>1</sup>](#), [Kihal W<sup>1</sup>](#), [Schillinger C<sup>2</sup>](#), [Fermanian C<sup>1</sup>](#), [Ségala C<sup>3</sup>](#), [Glorion S<sup>1</sup>](#), [Arveiler D<sup>4</sup>](#), [Weber C<sup>5</sup>](#).) [8] gli autori osservarono che a concentrazioni di benzene paragonabili a quelle misurate a Monfalcone un aumento di  $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$  era fortemente associato con lo scatenamento dell' IMAentro 24-48 ore.

### 11.3 DISCUSSIONE

Le Figure 17 e 18 mostrano come complessivamente le concentrazioni medie di benzene, stimate per l'anno 1998 dall'ARPA del Friuli Venezia Giulia nell'area in studio siano relativamente basse ma che valori maggiori si trovino in corrispondenza di strade con alti flussi di traffico (strade statali ed autostrade) e nei centro abitati densamente abitati come i Comuni di Monfalcone, Ronchi dei Legionari e Staranzano, caratterizzati da un intenso traffico veicolare locale. La distribuzione è confermata sia suddividendo la popolazione per terzili di esposizione, sia per quintili di esposizione. Le analisi degli effetti a lungo termine dell'esposizione a benzene mostrano nei maschi, ma non nelle femmine, che i tassi minimi di infarto miocardico acuto si trovino ai livelli più bassi di concentrazione di benzene, ma questa relazione non è supportata da un chiaro trend di aumento dei tassi d'incidenza all'aumentare dell'esposizione al benzene. A partire da questi risultati, quindi, si può affermare che nell'area in studio le evidenze di un aumento dei casi incidenti di infarto miocardico acuto all'aumentare della concentrazione di benzene nell'aria siano internamente incoerenti e quindi non supportano un'interpretazione causale.

## 12. BLOSSIDI DI AZOTO (NO<sub>2</sub>)

### 12.1 EFFETTI PER ESPOSIZIONE A LUNGO TERMINE

Le figure sottostanti (Figure 20 e 21) mostrano la concentrazione media annuale del biossido di azoto (NO<sub>2</sub>) nell'area in studio per l'anno 1998. Come evidenziato per il benzene, le maggiori concentrazioni si evidenziano in vicinanza delle strade con alto traffico e in corrispondenza dei centri urbani, densamente abitati (Monfalcone e Ronchi dei Legionari).

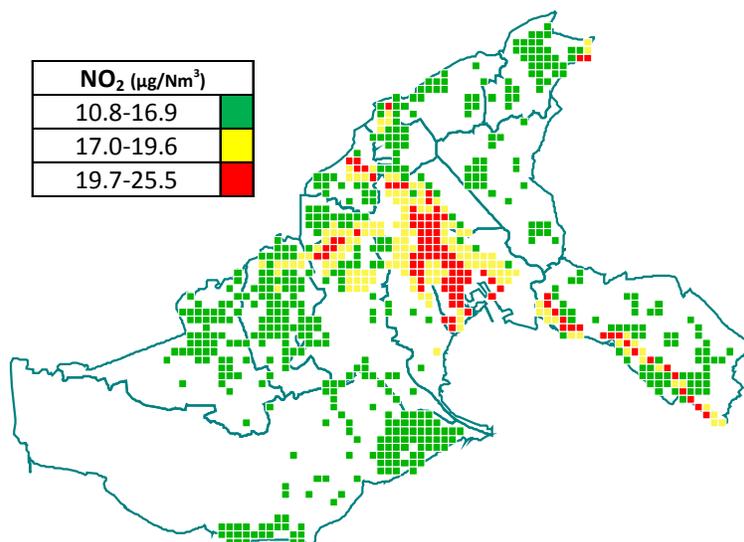


Figura 20. Suddivisione delle aree in studio sui terzili di esposizione al biossido di azoto (NO<sub>2</sub>)  
Il dato è riferito alla corte fissa e all'esposizione ambientale del 1998.

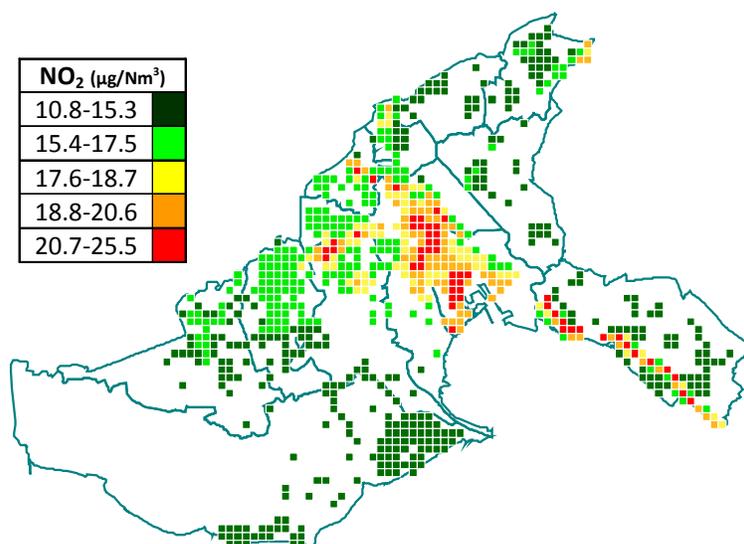


Figura 21. Suddivisione delle aree in studio sui quintili di esposizione al biossido di azoto (NO<sub>2</sub>)  
Il dato è riferito alla corte fissa e all'esposizione ambientale del 1998.

**COORTE FISSA**

Le analisi sono state condotte suddividendo per terzili o quintili di esposizione la popolazione in studio. La Tabella 15 mostra i tassi d'incidenza standardizzati (ASR) e il loro rapporto (IRR), stratificati per genere e terzili di esposizione all'NO<sub>2</sub>, mentre la tabella 16 mostra i medesimi indicatori per quintili di esposizione all'NO<sub>2</sub>.

	Maschi				Femmine			
	CASI	PY	ASR	IRR	CASI	PY	ASR	IRR
<b>NO<sub>2</sub> (µg/m<sup>3</sup>)</b>								
< 17.18	280	65805,4	344,5	1	280	71954,8	206,8	1
17.18-19.63	296	53013,6	421,6	1,22	328	62498,5	230,4	1,11
> 19.63	293	58673,8	380,9	0,90	244	67365,1	188,9	0,91

Tabella 15. Tassi d'incidenza standardizzati per 100.000 abitanti (ASR) e rapporto tra tassi d'incidenza (IRR) stratificati per terzili di esposizione residenziale al biossido d'azoto (coorte fissa)

	Maschi				Femmine			
	CASI	PY	ASR	IRR	CASI	PY	ASR	IRR
<b>NO<sub>2</sub> (µg/m<sup>3</sup>)</b>								
< 15.62	148	39137,8	321,6	1	156	42828,1	195,5	1
15.62-17.92	188	37546,6	391,4	1,22	205	41562,8	236,5	1,21
17.93-18.83	188	30746,1	454,6	1,41	187	37199,2	212,6	1,09
18.84-20.64	177	36271,1	357,7	1,11	185	41786,7	209,2	1,07
> 20.64	168	33791,2	391,8	1,22	119	38441,6	181,2	0,93

Tabella 16. tassi d'incidenza standardizzati per 100.000 abitanti (ASR) e rapporto tra tassi d'incidenza (IRR) stratificati per quintili di esposizione residenziale al biossido d'azoto (coorte fissa)

La Tabella 17 mostra i tassi d'incidenza standardizzati, stratificati per genere e categorizzati per aumenti di 20 µg/m<sup>3</sup> di biossido d'azoto.

	Maschi			Femmine		
	CASI	PY	ASR	CASI	PY	ASR
<b>NO<sub>2</sub>(µg/m<sup>3</sup>)</b>						
< 20	597	122758,8	378,5	629	139492,8	215,3
>= 20	272	54734,1	386,5	223	62325,6	191,4

Tabella 17. Tassi d'incidenza per i maschi standardizzati per 100.000 abitanti (ASR) stratificati per valori al di sopra e al di sotto di 20µg/m<sup>3</sup> di biossido d'azoto (coorte fissa)

## 12.2 EFFETTI PER ESPOSIZIONE A BREVE TERMINE

Per gli ossidi di azoto (NO<sub>2</sub>) sono state condotte due analisi distinte a seconda della misurazione riassuntiva di esposizione al biossido d'azoto. Per il biossido d'azoto, infatti, ARPA-FVG ha fornito sia il valore medio giornaliero di biossido d'azoto, sia il valore massimo orario del biossido d'azoto nel corso della giornata.

### ANALISI PER CONCENTRAZIONE MEDIA GIORNALIERA DI BIOSSIDO DI AZOTO

Per il valore medio giornaliero l'analisi ha tenuto conto dell'incremento di 10 µg/m<sup>3</sup> di biossido d'azoto in quanto non ci sono indicazioni legislative che pongono un limite medio giornaliero di biossido d'azoto. Di seguito sono riportate le analisi case-crossover per incremento di 10 µg/m<sup>3</sup>, considerando sia i lag indipendenti (Tabella 18), a partire dal giorno caso (Lag 0) fino a 5 giorni prima del giorno in cui è avvenuto l'evento di infarto miocardico acuto (Lag 1 – Lag 5), sia i Lag cumulati (Tabella 19), cioè considerando il valore medio di esposizione per giornate congiunte (Lag 0-1, Lag 2-5, Lag 0-5). Il rischio è espresso in termini di Odds Ratio.

Maschi						Femmine			
lag	ETA	Giorno caso - Giorno ctrl > 10 µg/m <sup>3</sup>	Giorno caso - Giorno ctrl < -10 µg/m <sup>3</sup>	p-value	OR	Giorno caso - Giorno ctrl > 10 µg/m <sup>3</sup>	Giorno caso - Giorno ctrl < -10 µg/m <sup>3</sup>	p-value	OR
lag 0	0-85+	273	290	0.652	0.97	233	225	0.992	1.00
	<65	83	75	0.641	1.06	16	16	0.736	0.92
	>=65	190	215	0.410	0.94	217	209	0.823	1.01
lag 1	0-85+	280	298	0.595	0.97	252	246	0.863	0.99
	<65	96	84	0.994	1.00	22	21	0.563	1.14
	>=65	184	214	0.506	0.95	230	225	0.796	0.98
lag 2	0-85+	283	278	0.466	0.96	256	236	0.861	0.99
	<65	70	87	0.019	0.76	13	23	0.463	1.20
	>=65	213	191	0.527	1.04	243	213	0.821	0.98
lag 3	0-85+	291	296	0.851	1.01	242	221	0.929	1.01
	<65	84	82	0.829	0.98	17	10	0.533	1.20
	>=65	207	214	0.641	1.03	225	211	0.994	1.00
lag 4	0-85+	283	271	0.482	0.96	253	225	0.852	1.01
	<65	68	70	0.510	0.92	21	16	0.911	0.97
	>=65	215	201	0.608	0.96	232	209	0.827	1.01
lag 5	0-85+	280	285	0.900	1.01	274	232	0.038	<b>1.14<sup>(a)</sup></b>
	<65	72	74	0.497	0.92	18	17	0.567	1.14
	>=65	208	211	0.642	1.03	256	215	0.048	<b>1.14<sup>(a)</sup></b>

(a): Valore di OR risultato statisticamente significativo, tenendo conto degli intervalli di confidenza (vedi Appendice C).

**Tabella 18. Rischio (OR), stratificato per genere, di avere un infarto miocardico acuto in relazione ad un incremento di 10 µg/m<sup>3</sup> del valore medio giornaliero di NO<sub>2</sub> per periodi temporali (Lag) indipendenti**

Maschi						Femmine			
lag	ETA	Giorno caso - Giorno ctrl > 10 µg/m <sup>3</sup>	Giorno caso - Giorno ctrl < -10 µg/m <sup>3</sup>	p-value	OR	Giorno caso - Giorno ctrl > 10 µg/m <sup>3</sup>	Giorno caso - Giorno ctrl < -10 µg/m <sup>3</sup>	p-value	OR
lag 0-1	0-85+	216	252	0.887	0.99	210	199	0.655	1.03
	<65	63	75	0.933	1.01	14	15	0.880	1.04
	>=65	153	177	0.818	0.98	196	184	0.616	1.04
lag 2-5	0-85+	206	195	0.833	1.02	177	147	0.216	1.11
	<65	56	54	0.238	0.83	17	8	0.855	1.06
	>=65	150	141	0.334	1,10	160	139	0.216	1,12
lag 0-5	0-85+	175	182	0.740	1.03	151	136	0.285	1.11
	<65	53	44	0.423	0.87	12	7	0.701	1.15
	>=65	122	138	0.390	1.09	139	129	0.258	1.12

**Tabella 19. Rischio (OR), stratificato per genere, di avere un infarto miocardico acuto in relazione ad un incremento di 10 µg/m<sup>3</sup> del valore medio giornaliero di NO<sub>2</sub> per periodi temporali (Lag) cumulati**

ANALISI PER CONCENTRAZIONE MASSIMA ORARIA DI BIOSSIDO DI AZOTO

Per il valore massimo orario di biossido d'azoto, misurato nel corso delle 24 ore, l'analisi è stata effettuata sia per incremento di  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , sia considerando il valore limite di  $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , valore che, come da normativa vigente, non deve essere superato per più di 18 ore nel corso dell'intero anno. Considerato che nel disegno di studio case-crossover i giorni caso e i giorni controllo non possono essere maggiori di 6 e che i giorni di controllo sono appaiati per giorno mese e anno di calendario, non è possibile tener conto del limite delle 18 ore di sfioramento nel corso dell'intero anno, e quindi, a titolo cautelativo, come da linee guida dell'Organizzazione Mondiale della Sanità, è stato considerato solo il limite di  $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$  quale valore soglia di massima concentrazione oraria di biossido d'azoto, oltre il quale una persona è definita "esposta" a concentrazioni potenzialmente pericolose per la salute. Dalle analisi è emersa l'assenza di giornate con valori di concentrazione massima oraria superiore a questo valore e quindi non è stato possibile effettuare le analisi per confrontare il rischio di avere un episodio di infarto miocardico acuto per giornate con valori inferiori o superiori a  $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (confronta box plot NO2 Figura 12).

Di seguito sono riportati i risultati delle analisi che stimano il rischio di avere un episodio di infarto miocardico acuto per incremento di  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  del valore massimo orario di biossido d'azoto, stratificato per genere e calcolato sia per periodi temporali indipendenti (Lag da 0 a 5) (Tabella 20), sia per periodi temporali cumulativi (Lag 0-1, Lag 2-5 e Lag 0-5) (Tabella 21).

Maschi						Femmine			
lag	ETA	Giorno caso - Giorno ctrl > $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$	Giorno caso - Giorno ctrl < $-10 \mu\text{g}/\text{m}^3$	p-value	OR	Giorno caso - Giorno ctrl > $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$	Giorno caso - Giorno ctrl < $-10 \mu\text{g}/\text{m}^3$	p-value	OR
lag 0	0-85+	662	685	0.300	0.97	652	600	0.797	1.01
	<65	189	188	0.976	1.00	53	46	0.776	0.97
	>=65	473	497	0.202	0.96	599	554	0.642	1.08
lag 1	0-85+	682	691	0.326	0.97	641	634	0.718	0.99
	<65	189	188	0.965	1.00	48	45	0.562	1.07
	>=65	493	503	0.251	0.96	593	589	0.693	0.99
lag 2	0-85+	649	741	0.106	0.95	669	640	0.563	1.02
	<65	173	213	0.012	0.87	53	50	0.101	1.22
	>=65	476	528	0.817	0.99	613	590	0.734	1.01
lag 3	0-85+	702	714	0.242	0.97	639	595	0.802	1.01
	<65	178	186	0.197	0.93	43	44	0.878	1.02
	>=65	524	528	0.641	0.99	596	551	0.748	1.01
lag 4	0-85+	685	686	0.271	0.97	678	622	0.572	1.02
	<65	170	190	0.105	0.91	49	41	0.760	1.03
	>=65	515	496	0.699	0.99	629	581	0.612	1.02
lag 5	0-85+	669	724	0.739	1.01	717	580	0.017	<b>1.08<sup>(a)</sup></b>
	<65	176	207	0.486	0.96	55	34	0.117	1.20
	>=65	493	517	0.422	1.03	662	546	0.041	<b>1.07<sup>(a)</sup></b>

(a): Valore di OR risultato statisticamente significativo, tenendo conto degli intervalli di confidenza (vedi Appendice C).

**Tabella 20. Rischio (OR), stratificato per genere, di avere un infarto miocardico acuto in relazione ad un incremento di  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  del valore massimo orario di NO2 per periodi temporali (Lag) indipendenti**

Maschi						Femmine			
lag	ETA	Giorno caso - Giorno ctrl > 10 µg/m <sup>3</sup>	Giorno caso - Giorno ctrl < -10 µg/m <sup>3</sup>	p-value	OR	Giorno caso - Giorno ctrl > 10 µg/m <sup>3</sup>	Giorno caso - Giorno ctrl < -10 µg/m <sup>3</sup>	p-value	OR
lag 0-1	0-85+	596	625	0.426	0.97	560	532	0,596	1,02
	<65	188	175	0.953	1.00	45	42	0.898	1.02
	>=65	408	450	0.371	0.96	515	490	0.533	1.03
lag 2-5	0-85+	521	567	0.531	0.97	517	462	0,090	1.08
	<65	115	166	0.057	0.86	40	29	0.424	1.14
	>=65	406	401	0.915	1.02	477	433	0.116	1.08
lag 0-5	0-85+	485	511	0.608	0.98	453	425	0,114	1.08
	<65	119	149	0.188	0.89	38	30	0.421	1.16
	>=65	366	362	0.770	1.02	415	395	0,116	1.08

Tabella 21. Rischio (OR), stratificato per genere, di avere un infarto miocardico acuto in relazione ad un incremento di 10 µg/m<sup>3</sup> del valore massimo orario di NO2 per periodi temporali (Lag) cumulati

### 12.3 DISCUSSIONE

Le analisi per esposizioni a lungo termine al biossido d'azoto non hanno evidenziato associazioni coerenti e significative sia analizzando i terzili e i quintili di esposizione, sia considerando un incremento fisso di 10 µg/m<sup>3</sup>. Nel decennio 2004-2013 sia per i maschi che per le femmine, ed in entrambe le coorti di analisi, gli IRR non mostrano chiari trend di aumento dei tassi d'incidenza nelle aree dove le concentrazioni di biossido d'azoto sono più elevate. Ciò potrebbe essere spiegato dai valori relativamente bassi delle concentrazioni medie nella zona ovvero dalla bassa variabilità dei valori di biossido d'azoto misurati all'interno di questa zona che non consentono di mostrare differenze anche a causa della relativamente scarsa numerosità dei soggetti indagati.

L'analisi mediante case-crossover, il cui scopo era di valutare gli effetti a breve termine dell'esposizione a concentrazioni differenti di biossido d'azoto, non ha evidenziato aumenti significativi del rischio di infarto miocardico acuto, fatta eccezione per il Lag5 nelle femmine. Questo risultato, non essendo confermato anche dalle esposizioni cumulative, ed essendo il giorno di esposizione di riferimento più lontano rispetto al giorno durante il quale è avvenuto l'evento di infarto miocardico acuto, è di difficile interpretazione in termini di plausibilità biologica. Rimane però la necessità di approfondire tale tematica, in particolare per l'aumento, ancorché non statisticamente significativo, dell'insorgenza di infarto miocardico acuto nel terzo, quarto o quinto giorno antecedente l'infarto miocardico acuto ove le concentrazioni di biossido d'azoto fossero aumentate di oltre 10 µg/m<sup>3</sup>.

## 13. POLVERI SOTTILI (PM10)

### 13.1 EFFETTI PER ESPOSIZIONI A LUNGO TERMINE

Le figure sottostanti (Figure 22 e 23) mostrano la concentrazione media annuale PM10 nell'area in studio stimata per l'anno 1998. Le maggiori concentrazioni si evidenziano in vicinanza delle strade con alto traffico e in corrispondenza dei centri urbani, densamente abitati.

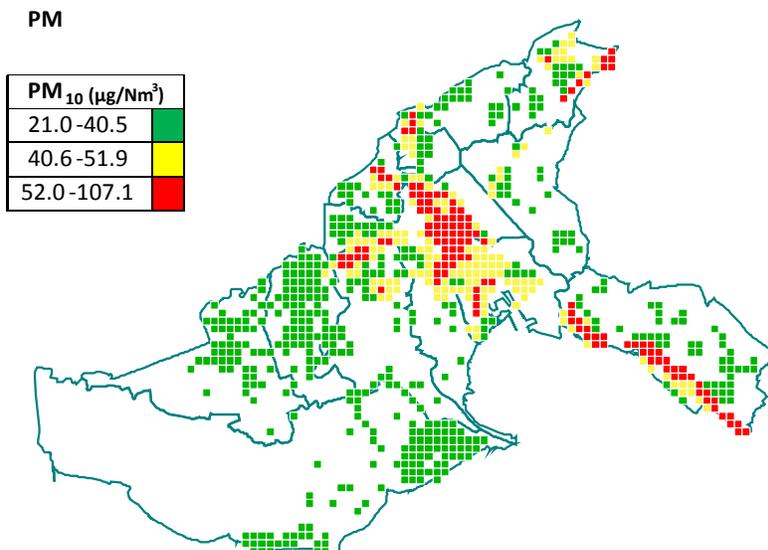


Figura 22. suddivisione delle aree in studio sui terzi di esposizione al particolato (PM10). Il dato è riferito alla corte fissa e all'esposizione ambientale del 1998

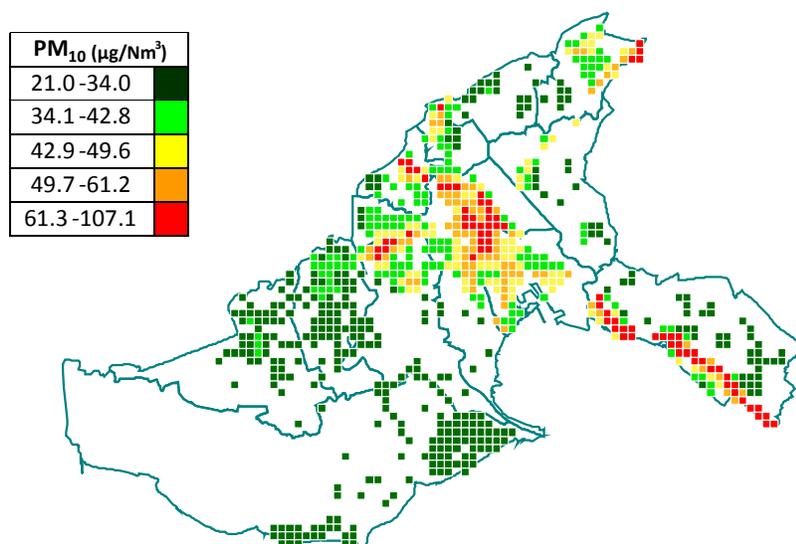


Figura 23. Suddivisione delle aree in studio sui quintili di esposizione al particolato (PM10). Il dato è riferito alla corte fissa e all'esposizione ambientale del 1998

**COORTE FISSA**

La Tabella 22 mostra i tassi d'incidenza standardizzati (ASR) e il loro rapporto (IRR), stratificati per genere e terzili di esposizione al PM10, mentre la tabella 23 mostra i medesimi indicatori per quintili di esposizione al PM10.

	Maschi				Femmine			
	CASI	PY	ASR	IRR	CASI	PY	ASR	IRR
<b>PM<sub>10</sub> (µg/m<sup>3</sup>)</b>								
< 41.53	268	63511,5	340,0	1,00	315	69759,1	225,5	1,00
41.53-51.97	332	58451,1	401,8	1,18	331	69301,7	211,2	0,94
> 51.97	269	55530,3	406,2	1,19	206	62757,7	187,5	0,83

**Tabella 22. Tassi d'incidenza standardizzati per 100.000 abitanti (ASR) e rapporto tra tassi d'incidenza (IRR) stratificati per terzili di esposizione residenziale al PM10 (coorte fissa)**

	Maschi				Femmine			
	CASI	PY	ASR	IRR	CASI	PY	ASR	IRR
<b>PM<sub>10</sub> (µg/m<sup>3</sup>)</b>								
< 35.57	157	38656,2	318,9	1,00	175	42189,2	209,2	1,00
35.57-42.85	189	36812,6	390,5	1,22	206	41857,6	227,4	1,30
42.85-49.72	179	31597,7	408,8	1,28	201	37666,6	227,4	1,30
49.73-61.33	206	39184,6	401,4	1,26	165	45234,6	196,1	1,12
> 61.33	138	31241,7	379,4	1,19	105	34870,4	180,4	1,03

**Tabella 23. Tassi d'incidenza standardizzati per 100.000 abitanti (ASR) e rapporto tra tassi d'incidenza (IRR) stratificati per quintili di esposizione residenziale al PM10 (coorte fissa)**

La Tabella 24 mostra i tassi d'incidenza standardizzati, stratificati per genere e categorizzati per aumenti di 10 µg/m<sup>3</sup> di PM10.

	Maschi			Femmine		
	CASI	PY	ASR	CASI	PY	ASR
<b>PM<sub>10</sub> (µg/m<sup>3</sup>)</b>						
< 30	106	25918,5	340,3	111	27537,1	212,7
30-39.999	133	30437,7	343,3	164	34217,2	223,8
40-49.999	288	51191,1	406,2	309	60431,5	224,5
50-59.999	199	35621,8	411,5	157	41464,0	192,7
60-69.999	95	24239,5	352,9	77	26929,7	184,0
>= 70	48	10084,3	396,2	34	11239,0	180,1

**Tabella 24. Tassi d'incidenza per i maschi standardizzati per 100.000 abitanti (ASR) stratificati per incremento di 10µg/m<sup>3</sup> di PM10 (coorte fissa)**

### 13.2 EFFETTI PER ESPOSIZIONE A BREVE TERMINE

#### ANALISI PER CONCENTRAZIONE MEDIA GIORNALIERA DI PM10

Per valutare l'eventuale relazione tra PM10 ed insorgenza di infarto miocardico acuto è stato utilizzato per la stima del rischio solo il valore medio giornaliero di PM10. Per il valore medio giornaliero di PM10, l'analisi è stata effettuata sia per incremento di 10 µg/m<sup>3</sup>, sia considerando il valore limite di 50 µg/m<sup>3</sup> valore che, come da normativa vigente, non deve essere superato per più di 35 giorni nel corso dell'intero anno. Considerato che nel disegno di studio case-crossover i giorni caso e i giorni controllo non possono essere maggiori di 6 e che i giorni di controllo sono appaiati per giorno, mese e anno di calendario, non è possibile tener conto del limite dei 35 giorni di sfioramento nel corso dell'intero anno, e quindi, a titolo cautelativo come da linee guida dell'Organizzazione Mondiale della Sanità, è stato

considerato solo il limite di  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  quale valore medio giornaliero di PM10, oltre il quale una persona è definita “esposta” a concentrazioni potenzialmente pericolose per la salute.

Il rischio, quindi, è stato stimato utilizzando due misure epidemiologiche:

- il rischio di infarto all’aumentare di  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  di PM10 nel periodo intorno all’evento rispetto ai giorni di controllo;
- il rischio di avere un infarto se il valore nel periodo dell’evento è maggiore a  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  rispetto ai giorni di controllo con valori di PM10 inferiori a  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Di seguito sono riportate le analisi case-crossover per incremento di  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , considerando sia i lag indipendenti (Tabella 25), a partire dal giorno caso (Lag 0) fino a 5 giorni prima del giorno in cui è avvenuto l’evento di infarto miocardico acuto (Lag 1 – Lag 5), sia i Lag cumulati (Tabella 26), cioè considerando il valore medio di esposizione per giornate congiunte (Lag 0-1, Lag 2-5, Lag 0-5). Il rischio è espresso in termini di Odds Ratio.

Maschi						Femmine			
Lag	ETA	Giorno caso - Giorno ctrl > $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$	Giorno caso - Giorno ctrl < $-10 \mu\text{g}/\text{m}^3$	p-value	OR <sup>(a)</sup>	Giorno caso - Giorno ctrl > $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$	Giorno caso - Giorno ctrl < $-10 \mu\text{g}/\text{m}^3$	p-value	OR <sup>(a)</sup>
lag 0	0-85+	619	670	0.609	0.99	582	575	0.966	1.00
	<65	185	172	0.703	1.02	43	38	0.563	1.08
	>=65	434	498	0.382	0.97	539	537	0.923	1.00
lag 1	0-85+	663	640	0.548	1.02	616	609	0.620	1.02
	<65	179	176	0.640	1.03	44	34	0.069	1.26
	>=65	484	464	0.660	1.01	572	575	0.994	1.00
lag 2	0-85+	666	656	0.709	1.01	579	601	0.844	0.99
	<65	190	196	0.452	1.05	46	34	0.102	1.24
	>=65	476	460	0.801	1.00	533	567	0.550	0.98
lag 3	0-85+	692	641	0.047	1.05	589	579	0.662	1.01
	<65	232	170	0.005	<b>1.17(b)</b>	42	44	0.269	0.84
	>=65	460	471	0.723	1.01	547	535	0.479	1.02
lag 4	0-85+	635	640	0.905	1.00	612	613	0.277	1.03
	<65	189	165	0.157	1.09	46	48	0.409	0.88
	>=65	446	475	0.472	0.97	566	565	0.206	1.04
lag 5	0-85+	655	658	0.478	0.98	653	595	0.330	1.03
	<65	220	183	0.134	1.09	39	45	0.541	0.92
	>=65	435	475	0.083	0.93	614	550	0.261	1.04

(a): Odds Ratio (OR) calcolato mediante regressione logistica aggiustata per fattori di confondimento (picco influenzale, festività, decremento estivo di popolazione, ondata di calore, periodi freddi)

**Tabella 25. Rischio (OR), stratificato per genere, di avere un infarto miocardico acuto in relazione ad un incremento di  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  del valore medio**

Maschi						Femmine			
lag	ETA	Giorno caso - Giorno ctrl > 10 µg/m <sup>3</sup>	Giorno caso - Giorno ctrl < -10 µg/m <sup>3</sup>	p-value	OR <sup>(a)</sup>	Giorno caso - Giorno ctrl > 10 µg/m <sup>3</sup>	Giorno caso - Giorno ctrl < -10 µg/m <sup>3</sup>	p-value	OR <sup>(a)</sup>
lag 0-1	0-85+	613	642	0.864	1.01	569	562	0.811	1.01
	<65	180	170	0.684	1.02	42	32	0.224	1.20
	>=65	433	472	0.795	1.00	527	530	0.995	1.00
lag 2-5	0-85+	561	526	0.268	1.05	551	525	0.538	1.03
	<65	178	147	0.060	1.15	37	35	0.741	0.94
	>=65	383	379	0.850	1.01	514	490	0.491	1.03
lag 0-5	0-85+	530	490	0.152	1.07	514	477	0.423	1.04
	<65	179	130	0.054	1.18	29	30	0.758	1.06
	>=65	351	360	0.739	1.03	485	447	0.426	1.04

(a): Odds Ratio (OR) calcolato mediante regressione logistica aggiustata per fattori di confondimento (picco influenzale, festività, decremento estivo di popolazione, ondata di calore, periodi freddi)

**Tabella 26. Rischio (OR), stratificato per genere, di avere un infarto miocardico acuto in relazione ad un incremento di 10 µg/m<sup>3</sup> del valore medio giornaliero di PM10 per periodi temporali (Lag) cumulati**

Di seguito (Tabella 27) sono riportati i valori di stima del rischio di avere un infarto miocardico acuto per concentrazione di PM10 maggiori a 50µg/m<sup>3</sup>, rispetto a concentrazioni inferiori al medesimo valore.

Maschi						Femmine			
lag	ETA	Giorno caso > 50 µg/m <sup>3</sup> e giorno ctrl < 50 µg/m <sup>3</sup>	Giorno caso < 50 µg/m <sup>3</sup> e giorno ctrl > 50 µg/m <sup>3</sup>	p-value	OR <sup>(a)</sup>	Giorno caso > 50 µg/m <sup>3</sup> e giorno ctrl < 50 µg/m <sup>3</sup>	Giorno caso < 50 µg/m <sup>3</sup> e giorno ctrl > 50 µg/m <sup>3</sup>	p-value	OR <sup>(a)</sup>
lag 0-1	0-85+	96	80	0.389	1.21	86	73	0.560	1.15
	<65	32	28	0.647	1.19	3(*)	2(*)	-(*)	-(*)
	>=65	64	52	0.424	1.24	83	71	0.610	1.13
lag 2-5	0-85+	89	60	0.102	1.50	103	51	0.004	<b>1.98<sup>(b)</sup></b>
	<65	30	15	0.074	2.24	4(*)	1(*)	-(*)	-(*)
	>=65	59	45	0.400	1.29	99	50	0.007	<b>1.94<sup>(b)</sup></b>
lag 0-5	0-85+	49	37	0.362	1.34	66	33	0.022	<b>2.03<sup>(b)</sup></b>
	<65	12	12	0.872	1.11	0(*)	1(*)	-(*)	-(*)
	>=65	37	25	0.288	1.49	66	32	0.019	<b>2.07<sup>(b)</sup></b>

(a): Odds Ratio (OR) calcolato mediante regressione logistica aggiustata per fattori di confondimento (picco influenzale, festività, decremento estivo di popolazione, ondata di calore, periodi freddi)

(b): valore di Odds Ratio (OR) statisticamente significativo, tenendo conto degli intervalli di confidenza al 95% (vedi Appendice C).

(\*) numerosità campionaria ridotta non permette al modello statistico il calcolo di stime attendibili.

**Tabella 27. Rischio (OR), stratificato per genere, di avere un infarto miocardico acuto in relazione al valore medio giornaliero di PM10 maggiore a 50 µg/m<sup>3</sup> per periodi temporali (Lag) cumulati**

### 13.3 DISCUSSIONE

Le analisi per valutare l'eventuale effetto a lungo termine di una cronica esposizione a più elevati livelli di PM10 non hanno evidenziato chiare e coerenti evidenze che suggeriscano nei due sessi un effetto diretto tra più elevate concentrazioni di PM10 ed aumento dei tassi di infarto miocardico acuto. Però negli uomini il valore più basso del tasso di incidenza di infarto acuto del miocardio lo si trova sempre nella categoria di residenti esposti al livello medio più basso di PM10. Sembra anche esserci un trend di aumento dei tassi d'incidenza all'aumentare della concentrazione di PM10, misurata mediante i terzili di esposizione; questo trend, però, non è confermato dai quintili

di esposizione. Nelle donne, invece, non sembra esserci alcuna relazione tra aumento dei tassi d'incidenza di infarto miocardico acuto e aumento delle concentrazioni di PM10.

Più evidente è il risultato per gli effetti a breve termine dell'esposizione ai PM10. Nelle donne vi è una chiara evidenza di aumento del rischio di infarto miocardico acuto per concentrazioni maggiori a  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . I risultati stimano che il rischio di infarto miocardico acuto aumenti 2 volte per esposizioni maggiori a  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  rispetto ad esposizioni a valori inferiori. Inoltre, emerge che l'effetto dell'esposizione al PM10 ed insorgenza dell'infarto miocardico acuto non sia immediato, ma che giochino un ruolo cruciale le esposizioni pregresse dei giorni precedenti, in particolare le esposizioni dei tre-cinque giorni prima. Negli uomini invece il rischio di infarto miocardico acuto in giornate con valori di PM10 maggiori di  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  rispetto ad esposizioni a valori inferiori è aumentato di circa il 50% (OR=1.50) per un lag di 2-5 giorni ma questi risultati non sono statisticamente significativi. Le analisi per stimare, invece, il rischio di infarto miocardico acuto all'aumentare lineare di  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  di concentrazione di PM10, non evidenziano particolari criticità, sia negli uomini che nelle donne.

## 14. BLOSSIDI DI ZOLFO (SO<sub>2</sub>)

### 14.1 EFFETTI PER ESPOSIZIONI A LUNGO TERMINE

I modelli di diffusione del biossido di zolfo, di seguito mostrati (Figura 24 e Figura 25), evidenziano alcune differenze rispetto ai modelli di diffusione del benzene, biossido d'azoto e i PM10, a conferma del diverso contributo dato dalle differenti fonti di produzione degli inquinanti atmosferici. Se per il benzene, il biossido d'azoto e i PM10 (nel 1998) il contributo maggiore è dato dal traffico veicolare e quindi le concentrazioni maggiori si trovano in corrispondenza dei centri abitati e delle strade con grandi volumi di traffico, il biossido di zolfo oltre che nelle medesime aree si trova anche nell'area a Nord-Est degli abitati di Monfalcone e Ronchi dei Legionari, a conferma di un differente contributo delle diverse fonti emissive nella produzione del biossido di zolfo.

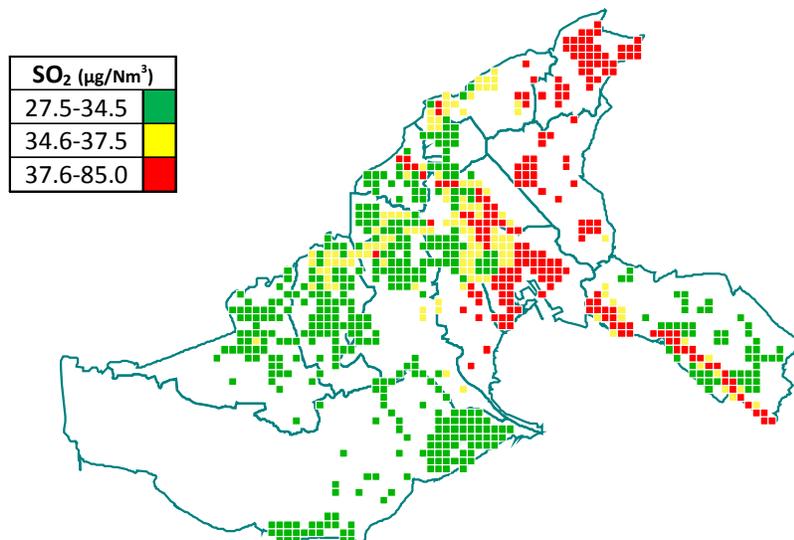


Figura 24. Suddivisione delle aree in studio sui terzi di esposizione agli ossidi di zolfo (SO<sub>2</sub>)  
Il dato è riferito alla corte fissa e all'esposizione ambientale del 1998

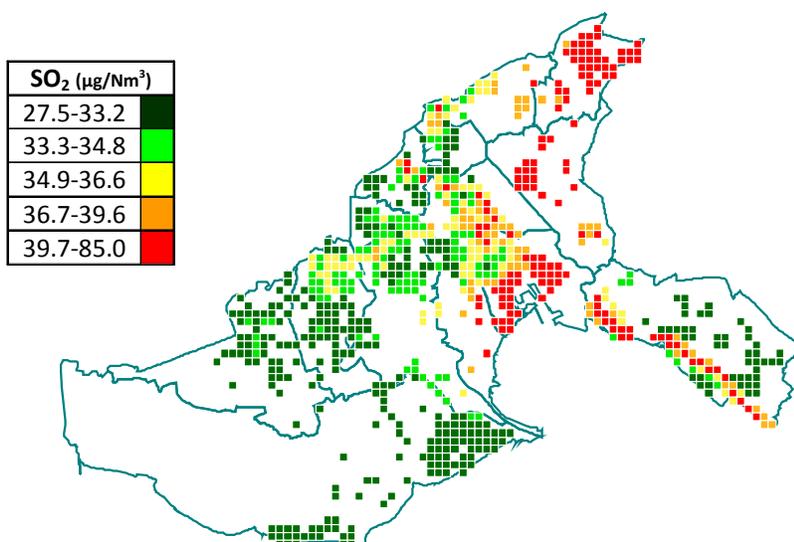


Figura 25. Suddivisione delle aree in studio sui quintili di esposizione agli ossidi di zolfo (SO<sub>2</sub>)  
Il dato è riferito alla corte fissa e all'esposizione ambientale del 1998

**COORTE FISSA**

La tabella 28 mostra i tassi d'incidenza standardizzati (ASR) e il loro rapporto (IRR), stratificati per genere e terzili di esposizione al biossido di zolfo, mentre la tabella 29 mostra i medesimi indicatori per quintili di esposizione al biossido di zolfo.

	CASI	PY	ASR	IRR	CASI	PY	ASR	IRR
<b>SO<sub>2</sub> (ug/m<sup>3</sup>)</b>								
< 34.62	321	65593,4	384,4	1,00	285	73020,0	208,7	1,00
34.62-37.62	267	56102,5	376,1	0,98	272	65030,1	204,5	0,98
> 37.62	281	55797,0	383,4	1,00	295	63768,4	210,5	1,03

**Tabella 28. Tassi d'incidenza standardizzati per 100.000 abitanti (ASR) e rapporto tra tassi d'incidenza (IRR) stratificati per terzili di esposizione residenziale al biossido di zolfo (coorte fissa)**

	Maschi				Femmine			
	CASI	PY	ASR	IRR	CASI	PY	ASR	IRR
<b>SO<sub>2</sub> (ug/m<sup>3</sup>)</b>								
< 33.37	159	38982,8	323,4	1,00	161	42236,2	201,3	1,00
33.37-34.91	220	37113,0	450,9	1,39	201	43369,2	232,3	1,15
34.92-36.69	163	35831,4	365,6	1,13	149	40789,0	188,9	0,94
36.70-39.90	168	33608,6	385,8	1,19	159	38801,6	193,4	0,96
> 39.90	159	31957,1	372,6	1,15	182	36622,5	221,4	1,10

**Tabella 29. Tassi d'incidenza standardizzati per 100.000 abitanti (ASR) e rapporto tra tassi d'incidenza (IRR) stratificati per quintili di esposizione residenziale al biossido di zolfo (coorte fissa)**

La tabella 30 mostra i tassi d'incidenza standardizzati, stratificati per genere e categorizzati per aumenti di 10 µg/m<sup>3</sup> di biossido di zolfo.

	Maschi			Femmine		
	CASI	PY	ASR	CASI	PY	ASR
<b>SO<sub>2</sub> (ug/m<sup>3</sup>)</b>						
< 30	24	7159,9	272,3	20	7499,7	176,9
30-39.999	687	138481,5	388,0	650	157777,2	205,8
>= 40	158	31851,5	371,7	182	36541,6	221,5

**Tabella 30. Tassi d'incidenza per i maschi standardizzati per 100.000 abitanti (ASR) stratificati per incremento di 10µg/m<sup>3</sup> di biossido di zolfo (coorte fissa)**

## 14.2 EFFETTI PER ESPOSIZIONE A BREVE TERMINE

Per valutare l'eventuale relazione tra biossido di zolfo ed insorgenza di infarto miocardico acuto è stato utilizzato sia il valore medio giornaliero che il valore massimo orario di biossido di zolfo nelle 24 ore. Il rischio è stato stimato utilizzando due misure epidemiologiche:

- il rischio di infarto all'aumentare di 10 µg/m<sup>3</sup> di SO<sub>2</sub> del valore medio giornaliero o del valore massimo orario nel periodo intorno all'evento rispetto ai giorni di controllo;
- il rischio di avere un infarto se il valore di SO<sub>2</sub> nel periodo dell'evento è maggiore a 20 µg/m<sup>3</sup> rispetto ai giorni di controllo inferiori a 20 µg/m<sup>3</sup>.

Di seguito sono riportate le analisi case-crossover per incremento di 10 µg/m<sup>3</sup>, considerando sia i lag indipendenti, a partire dal giorno caso (Lag 0) fino a 5 giorni prima del giorno in cui è avvenuto l'evento di infarto miocardico acuto (Lag 1 – Lag 5), sia i Lag cumulati, cioè considerando il valore medio di esposizione per giornate congiunte (Lag 0-1, Lag 2-5, Lag 0-5). Il rischio è espresso in termini di Odds Ratio.

**ANALISI PER CONCENTRAZIONE MEDIA GIORNALIERA DI BISSIDO DI ZOLFO**

Il valore medio giornaliero è stato utilizzato sia per stimare il rischio all'aumentare del medesimo valore di 10 µg/m<sup>3</sup>, sia utilizzando un valore soglia, oltre il quale una persona è ritenuta esposta a concentrazioni di biossido di zolfo potenzialmente pericolose per la salute umana. Come valore limite della concentrazione media giornaliera di biossido di zolfo si è assunto un valore pari a 20 µg/m<sup>3</sup>, cioè il valore raccomandato dall'Organizzazione Mondiale della Sanità, e non riferendoci a quello disposto dalla normativa vigente pari a 125 µg/m<sup>3</sup>, in quanto in nessuno dei giorni in cui si sono verificati gli eventi di infarto miocardico acuto e nei rispettivi giorni di controllo non sono stati misurati valori superiori al limite di legge. La Tabella 31 e 32 mostrano la stima dei rischi all'incremento di 10 µg/m<sup>3</sup> del valore medio giornaliero di biossido di zolfo sia per periodi temporali vincolati (Lag indipendenti) sia considerando la media per periodi temporali cumulati (Lag 0-1, Lag 2-5 e Lag 0-5).

Maschi						Femmine			
lag	ETA	Giorno caso - Giorno ctrl > 10 µg/m <sup>3</sup>	Giorno caso - Giorno ctrl < -10 µg/m <sup>3</sup>	p-value	OR <sup>(a)</sup>	Giorno caso - Giorno ctrl > 10 µg/m <sup>3</sup>	Giorno caso - Giorno ctrl < -10 µg/m <sup>3</sup>	p-value	OR <sup>(a)</sup>
lag 0	0-85+	9	9	0.396	0.79	17	5	0.366	1.30
	<65	3 <sup>(*)</sup>	4 <sup>(*)</sup>	._ <sup>(*)</sup>	._ <sup>(*)</sup>	0 <sup>(*)</sup>	0 <sup>(*)</sup>	._ <sup>(*)</sup>	._ <sup>(*)</sup>
	>=65	6	5	0.184	0.61	17	5	0.434	1.26
lag 1	0-85+	8	15	0.760	1.09	13	8	0,617	0.86
	<65	0 <sup>(*)</sup>	7 <sup>(*)</sup>	._ <sup>(*)</sup>	._ <sup>(*)</sup>	2 <sup>(*)</sup>	0 <sup>(*)</sup>	._ <sup>(*)</sup>	._ <sup>(*)</sup>
	>=65	8	8	0.921	1.03	11	8	0.332	0.73
lag 2	0-85+	8	11	0.961	0.99	11	6	0.903	1.04
	<65	8	2	0.702	1.23	0 <sup>(*)</sup>	0 <sup>(*)</sup>	._ <sup>(*)</sup>	._ <sup>(*)</sup>
	>=65	0 <sup>(*)</sup>	9 <sup>(*)</sup>	._ <sup>(*)</sup>	._ <sup>(*)</sup>	11	6	0.997	1.00
lag 3	0-85+	14	18	0.884	1,04	6	9	0.645	0.88
	<65	6	5	0.724	1.14	0 <sup>(*)</sup>	1 <sup>(*)</sup>	._ <sup>(*)</sup>	._ <sup>(*)</sup>
	>=65	8	13	0.960	0.98	6	8	0.785	0.92
lag 4	0-85+	12	16	0.257	1.37	7	12	0.317	0.75
	<65	7	3	0.259	1.73	0 <sup>(*)</sup>	0 <sup>(*)</sup>	._ <sup>(*)</sup>	._ <sup>(*)</sup>
	>=65	5	13	0.531	1.24	7	12	0.334	0.75
lag 5	0-85+	3 <sup>(*)</sup>	20 <sup>(*)</sup>	._ <sup>(*)</sup>	._ <sup>(*)</sup>	3 <sup>(*)</sup>	9 <sup>(*)</sup>	._ <sup>(*)</sup>	._ <sup>(*)</sup>
	<65	3 <sup>(*)</sup>	3 <sup>(*)</sup>	._ <sup>(*)</sup>	._ <sup>(*)</sup>	3 <sup>(*)</sup>	0 <sup>(*)</sup>	._ <sup>(*)</sup>	._ <sup>(*)</sup>
	>=65	0 <sup>(*)</sup>	17 <sup>(*)</sup>	._ <sup>(*)</sup>	._ <sup>(*)</sup>	0 <sup>(*)</sup>	9 <sup>(*)</sup>	._ <sup>(*)</sup>	._ <sup>(*)</sup>

(a): Odds Ratio (OR) calcolato mediante regressione logistica aggiustata per fattori di confondimento (picco influenzale, festività, decremento estivo di popolazione, ondata di calore, periodi freddi)

(\*) la numerosità campionaria ridotta non permette al modello statistico il calcolo di stime attendibili.

**Tabella 31. Rischio (OR), stratificato per genere, di avere un infarto miocardico acuto in relazione ad un incremento di 10 µg/m<sup>3</sup> del valore medio giornaliero di SO<sub>2</sub> per periodi temporali (Lag) indipendenti**

## Maschi

lag	ETA	Giorno caso - Giorno ctrl > 10 µg/m <sup>3</sup>	Giorno caso - Giorno ctrl < -10 µg/m <sup>3</sup>	p-value	OR <sup>(a)</sup>
lag 0-1	0-85+	4 <sup>(*)</sup>	6 <sup>(*)</sup>	_ <sup>(*)</sup>	_ <sup>(*)</sup>
	<65	4 <sup>(*)</sup>	3 <sup>(*)</sup>	_ <sup>(*)</sup>	_ <sup>(*)</sup>
	>=65	0 <sup>(*)</sup>	3 <sup>(*)</sup>	_ <sup>(*)</sup>	_ <sup>(*)</sup>
lag 2-5	0-85+	8	9	0.223	1.60
	<65	8	3	0.159	2.32
	>=65	0 <sup>(*)</sup>	6 <sup>(*)</sup>	_ <sup>(*)</sup>	_ <sup>(*)</sup>
lag 0-5	0-85+	2 <sup>(*)</sup>	1 <sup>(*)</sup>	_ <sup>(*)</sup>	_ <sup>(*)</sup>
	<65	2 <sup>(*)</sup>	0 <sup>(*)</sup>	_ <sup>(*)</sup>	_ <sup>(*)</sup>
	>=65	0 <sup>(*)</sup>	1 <sup>(*)</sup>	_ <sup>(*)</sup>	_ <sup>(*)</sup>

## Femmine

Giorno caso - Giorno ctrl > 10 µg/m <sup>3</sup>	Giorno caso - Giorno ctrl < -10 µg/m <sup>3</sup>	p-value	OR <sup>(a)</sup>
7	4	0.633	1.18
0 <sup>(*)</sup>	0 <sup>(*)</sup>	_ <sup>(*)</sup>	_ <sup>(*)</sup>
7	4	0.893	1.05
4 <sup>(*)</sup>	8 <sup>(*)</sup>	_ <sup>(*)</sup>	_ <sup>(*)</sup>
0 <sup>(*)</sup>	0 <sup>(*)</sup>	_ <sup>(*)</sup>	_ <sup>(*)</sup>
4 <sup>(*)</sup>	8 <sup>(*)</sup>	_ <sup>(*)</sup>	_ <sup>(*)</sup>
0 <sup>(*)</sup>	5 <sup>(*)</sup>	_ <sup>(*)</sup>	_ <sup>(*)</sup>
0 <sup>(*)</sup>	0 <sup>(*)</sup>	_ <sup>(*)</sup>	_ <sup>(*)</sup>
0 <sup>(*)</sup>	5 <sup>(*)</sup>	_ <sup>(*)</sup>	_ <sup>(*)</sup>

(a): Odds Ratio (OR) calcolato mediante regressione logistica aggiustata per fattori di confondimento (picco influenzale, festività, decremento estivo di popolazione, ondata di calore, periodi freddi)

(\*) l'assenza di numerosità o numerosità campionaria ridotta non permette al modello statistico il calcolo di stime attendibili.

**Tabella 32. Rischio (OR), stratificato per genere, di avere un infarto miocardico acuto in relazione ad un incremento di 10 µg/m<sup>3</sup> del valore medio giornaliero di SO<sub>2</sub> per periodi temporali (Lag) cumulati**

In merito al rischio di avere un infarto miocardico acuto per concentrazione di biossido di zolfo maggiori a 20µg/m<sup>3</sup>, rispetto a concentrazioni inferiori al medesimo valore non vengono riportati i valori di stima in quanto, sia per i maschi che per le femmine, la numerosità di casi con infarto miocardico acuto è insufficiente per poter calcolare stime di rischio. Nei maschi non ci sono stati giorni con evento di infarto e valore superiore a 20 µg/m<sup>3</sup> e giorni di controllo con valore inferiore; nelle femmine ci sono stati solo 3 eventi con concentrazione maggiore a 20 µg/m<sup>3</sup> e giorni di controllo con valore inferiore, esclusivamente per la media del periodo temporale cumulato lag 0-1.

ANALISI PER CONCENTRAZIONE MASSIMA ORARIA DI BISSIDO DI ZOLFO

Per il valore massimo orario di biossido di zolfo, misurato nel corso delle 24 ore, l'analisi è stata effettuata solo per incremento di 10 µg/m<sup>3</sup>. Di seguito sono riportati i risultati delle analisi che stimano il rischio di avere un episodio di infarto miocardico acuto per incremento di 10 µg/m<sup>3</sup> del valore massimo orario di biossido di zolfo, stratificato per genere e calcolato sia per periodi temporali indipendenti (Lag da 0 a 5) (Tabella 33), sia per periodi temporali cumulativi (Lag 0-1, Lag 2-5 e Lag 0-5) (Tab 45).

## Maschi

lag	ETA	Giorno caso - Giorno ctrl > 10 µg/m <sup>3</sup>	Giorno caso - Giorno ctrl < -10 µg/m <sup>3</sup>	p-value	OR <sup>(a)</sup>
lag 0	0-85+	73	95	0.082	0.87
	<65	14	25	0.991	1.01
	>=65	59	70	0.031	0.80
lag 1	0-85+	97	72	0.902	1.01
	<65	34	21	0.040	<b>1.29<sup>(b)</sup></b>
	>=65	63	51	0.170	0.86
lag 2	0-85+	76	84	0.690	0.97
	<65	16	25	0.380	0.84
	>=65	60	59	0.956	0.99
lag 3	0-85+	65	81	0.688	1.02

## Femmine

Giorno caso - Giorno ctrl > 10 µg/m <sup>3</sup>	Giorno caso - Giorno ctrl < -10 µg/m <sup>3</sup>	p-value	OR <sup>(a)</sup>
72	64	0.679	0.97
6	6	0.442	0.72
66	58	0.933	0.99
55	75	0.136	0.86
1 <sup>(*)</sup>	3 <sup>(*)</sup>	_ <sup>(*)</sup>	_ <sup>(*)</sup>
54	72	0.133	0.86
58	63	0.820	0.99
4 <sup>(*)</sup>	0 <sup>(*)</sup>	_ <sup>(*)</sup>	_ <sup>(*)</sup>
54	63	0.663	0.97
73	66	0.832	1.02

	<65	22	22	0.803	1.02	0 <sup>(*)</sup>	3 <sup>(*)</sup>	_ <sup>(*)</sup>	_ <sup>(*)</sup>
	>=65	43	59	0.58	1.06	73	63	0.743	1.03
lag 4	0-85+	100	83	0.198	1,09	80	73	0.309	1.08
	<65	30	26	0.631	1.06	0 <sup>(*)</sup>	6 <sup>(*)</sup>	_ <sup>(*)</sup>	_ <sup>(*)</sup>
	>=65	70	57	0.203	1.11	80	67	0.289	1.09
lag 5	0-85+	92	77	0.078	1.12 <sup>(b)</sup>	77	78	0.525	0.95
	<65	15	20	0.661	1.04	9	3	0.971	1.00
	>=65	77	57	0.026	1.20 <sup>(b)</sup>	68	75	0.430	0.92

(a): Odds Ratio (OR) calcolato mediante regressione logistica aggiustata per fattori di confondimento (picco influenzale, festività, decremento estivo di popolazione, ondata di calore, periodi freddi)

(b): Valore di OR risultato statisticamente significativo, tenendo conto degli intervalli di confidenza (vedi Appendice C).

(\*)l'assenza di numerosità o numerosità campionaria ridotta non permette al modello statistico il calcolo di stime attendibili.

**Tabella 33. Rischio (OR), stratificato per genere, di avere un infarto miocardico acuto in relazione ad un incremento di 10 µg/m<sup>3</sup> del valore massimo orario di SO2 per periodi temporali (Lag) indipendenti**

## Maschi

## Femmine

lag	ETA	Giorno caso - Giorno ctrl > 10 µg/m <sup>3</sup>	Giorno caso - Giorno ctrl < -10 µg/m <sup>3</sup>	p-value	OR <sup>(a)</sup>	Giorno caso - Giorno ctrl > 10 µg/m <sup>3</sup>	Giorno caso - Giorno ctrl < -10 µg/m <sup>3</sup>	p-value	OR <sup>(a)</sup>
lag 0-1	0-85+	55	62	0.861	0.95	51	52	0.757	0.94
	<65	23	20	0.316	1.16	2 <sup>(*)</sup>	2 <sup>(*)</sup>	_ <sup>(*)</sup>	_ <sup>(*)</sup>
	>=65	32	42	0.161	0.82	49	50	0.675	0.95
lag 2-5	0-85+	62	38	0.182	1.24 <sup>(b)</sup>	43	32	0.771	1.09
	<65	16	14	0.647	1.08	0 <sup>(*)</sup>	1 <sup>(*)</sup>	_ <sup>(*)</sup>	_ <sup>(*)</sup>
	>=65	46	24	0.022	1.41 <sup>(b)</sup>	43	31	0.566	1.08
lag 0-5	0-85+	48	39	0.099	1.24	40	31	0.474	1.11
	<65	18	17	0.269	1.25	0 <sup>(*)</sup>	2 <sup>(*)</sup>	_ <sup>(*)</sup>	_ <sup>(*)</sup>
	>=65	30	22	0.187	1.26	40	29	0.440	1.13

(a): Odds Ratio (OR) calcolato mediante regressione logistica aggiustata per fattori di confondimento (picco influenzale, festività, decremento estivo di popolazione, ondata di calore, periodi freddi)

(b): Unico valore di OR risultato statisticamente significativo, tenendo conto degli intervalli di confidenza (vedi Appendice C).

(\*)l'assenza di numerosità o numerosità campionaria ridotta non permette al modello statistico il calcolo di stime attendibili.

**Tabella 34. Rischio (OR), stratificato per genere, di avere un infarto miocardico acuto in relazione ad un incremento di 10 µg/m<sup>3</sup> del valore massimo orario di SO2 per periodi temporali (Lag) cumulati**

## 14.3 DISCUSSIONE

I valori di biossido di zolfo si sono sensibilmente ridotti nell'area in studio nel corso degli anni; questo decremento è giustificato dall'introduzione di tecnologie in grado di ridurre, da un lato il contenuto di zolfo nel gasolio da autotrazione e riscaldamento, dall'altro dall'introduzione di tecnologie in grado di ridurre la concentrazione di biossido di zolfo nei fumi di emissione della centrale termoelettrica. In ogni caso la maggior parte delle stime di rischio di avere un infarto in relazione alle concentrazioni medie giornaliere di biossido di zolfo (vedi tabelle sopraesposte) è inadeguata in quanto la numerosità degli eventi è molto piccola e quindi insufficiente per fare inferenza statistica. L'unico dato rilevante riguarda l'aumento del rischio per i maschi all'aumentare di 10 µg/m<sup>3</sup> della concentrazione massima oraria di SO2. Questo risultato, anche considerando che il dato è molto meno evidente nelle femmine e che la numerosità dei soggetti esposti a rilevanti differenze di concentrazione nel periodo caso rispetto al periodo di controllo è bassa, non ci permette di chiarire l'eventuale nesso di causalità tra infarto miocardico acuto ed esposizioni di biossido di zolfo.

## 15. OZONO (O<sub>3</sub>)

### 15.1 EFFETTI PER ESPOSIZIONI A LUNGO TERMINE

Gli effetti dell'esposizione all'ozono (O<sub>3</sub>) per lunghi periodi non è stata indagata in quanto l'ozono è un inquinante caratteristico del periodo estivo. L'ozono della troposfera, infatti, si forma per una reazione fotochimica dovuta alla contestuale presenza di forte irraggiamento solare (tipico del periodo estivo) e inquinanti nei bassi strati dell'atmosfera (tipico dei periodi di alta pressione). Quindi la popolazione è esposta solo nel periodo estivo a concentrazioni potenzialmente dannose per l'uomo, mentre nei restanti periodi dell'anno l'ozono si trova nei bassi strati dell'atmosfera solo in concentrazioni trascurabili (confronta box plot ozono Figura 12). Per questo motivo si è ritenuto opportuno non effettuare l'analisi delle esposizioni a lungo termine in quanto l'esposizione è di tipo intermittente nel corso dell'anno e quindi sarebbe difficile valutare un'eventuale relazione tra insorgenza di infarti miocardici acuti ed esposizione a lungo termine all'ozono.

### 15.2 EFFETTI PER ESPOSIZIONI A BREVE TERMINE

Normalmente l'ozono si trova solo nella stratosfera, ma in particolari condizioni atmosferiche (forte irraggiamento solare e presenza di inquinamenti atmosferici) si può formare, mediante reazione fotochimica, anche nei bassi strati dell'atmosfera e quindi essere inalato dall'uomo. Se nella stratosfera l'ozono ha un importante effetto protettivo per l'uomo, in quanto ci protegge dai raggi ultravioletti (UV) prodotti dal sole, nella troposfera è dannoso per l'uomo, in quanto l'ozono è una sostanza con un'alta capacità ossidante e quindi pro-infiammatoria. I principali effetti sono a carico dell'apparato respiratorio, ma non sono esenti da un potenziale danno anche altri organi, ad esempio l'apparato cardiovascolare.

#### ANALISI PER CONCENTRAZIONE MEDIA NELLE 8 ORE DELL'OZONO

La media oraria nelle 8 ore dell'ozono è stata utilizzata sia per stimare il rischio di infarto miocardico acuto all'aumentare di 10 µg/m<sup>3</sup> di concentrazione sia adottando un valore limite, oltre il quale considerare una persona come esposta a concentrazione potenzialmente pericolose per la salute umana. Come valore limite della concentrazione media nelle 8 ore di ozono si è assunto un valore pari a 100 µg/m<sup>3</sup>, cioè il valore raccomandato dall'Organizzazione Mondiale della Sanità, e non riferendoci a quello disposto dalla normativa vigente pari a 120 µg/m<sup>3</sup> con un numero di sforamenti consentito pari a 25 giornate per anno, mediato su 3 anni. È stata fatta questa scelta anche per coerenza con i criteri adottati anche per gli altri inquinanti, per i quali sono stati assunti i limiti consigliati dall'Organizzazione Mondiale della Sanità.

Il rischio di infarto miocardico acuto all'aumentare di 10 µg/m<sup>3</sup> del valore di concentrazione media nelle 8 ore di ozono, è riportato in tabella 35 per i lag indipendenti, mentre nella tabella 36 sono riportati i medesimi valori per i lag cumulati.

In merito al rischio di avere un infarto miocardico acuto per concentrazione di ozono maggiori a  $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , rispetto a concentrazioni inferiori al medesimo valore, nella tabelle 37 sono riportati i valori di stima del rischio per lag cumulati.

Maschi						Femmine			
lag	ETA	Giorno caso - Giorno ctrl > $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$	Giorno caso - Giorno ctrl < $-10 \mu\text{g}/\text{m}^3$	p-value	OR <sup>(a)</sup>	Giorno caso - Giorno ctrl > $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$	Giorno caso - Giorno ctrl < $-10 \mu\text{g}/\text{m}^3$	p-value	OR <sup>(a)</sup>
lag 0	0-85+	992	1003	0.859	1.00	974	908	0.491	1.01
	0-64	275	299	0.891	1.00	51	79	0.040	0.83
	65+	717	704	0.795	0.99	923	829	0.218	1.03
lag 1	0-85+	1002	1042	0.519	0.99	919	952	0.139	0.97
	0-64	294	300	0.641	1.02	71	66	0.346	0.99
	65+	708	742	0.318	0.98	848	886	0.204	0.97
lag 2	0-85+	1028	993	0.329	1.02	923	923	0.916	1.00
	0-64	293	266	0.546	1.02	56	82	0.118	0.86
	65+	735	727	0.478	1.02	867	841	0.584	1.01
lag 3	0-85+	1033	1019	0.884	1.00	951	898	0.817	1.00
	0-64	288	265	0.858	1.00	59	85	0.075	0.84
	65+	745	754	0.756	0.99	892	813	0.487	1.01
lag 4	0-85+	1001	998	0.673	1.01	901	931	0.321	0.98
	0-64	312	270	0.086	1.07	56	65	0.606	0.95
	65+	689	728	0.547	0.98	845	866	0.357	0.98
lag 5	0-85+	1038	1026	0.704	1.01	921	1003	0.045	0.96
	0-64	301	262	0.077	1.07	72	78	0.470	0.94
	65+	737	764	0.502	0.98	849	925	0.050	0.96

(a): Odds Ratio (OR) calcolato mediante regressione logistica aggiustata per fattori di confondimento (picco influenzale, festività, decremento estivo di popolazione, ondata di calore, periodi freddi)

**Tabella 35. Rischio (OR), stratificato per genere, di avere un infarto miocardico acuto in relazione ad un incremento di  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  del valore medio nelle 8 ore di O3 per periodi temporali (Lag) indipendenti**

Maschi						Femmine			
lag	ETA	Giorno caso - Giorno ctrl > $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$	Giorno caso - Giorno ctrl < $-10 \mu\text{g}/\text{m}^3$	p-value	OR <sup>(a)</sup>	Giorno caso - Giorno ctrl > $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$	Giorno caso - Giorno ctrl < $-10 \mu\text{g}/\text{m}^3$	p-value	OR <sup>(a)</sup>
lag 0-1	0-85+	1003	1012	0.795	0.99	932	945	0.540	0.98
	<65	284	292	0.988	1.01	56	73	0.086	0.84
	>=65	719	720	0.774	0.99	876	872	0.839	0.99
lag 2-5	0-85+	990	958	0.467	1.02	906	936	0.743	0.98
	<65	302	266	0.106	1.09	51	68	0.493	0.98
	>=65	688	692	0.975	1.00	855	868	0.548	0.98
lag 0-5	0-85+	967	934	0.425	1.02	881	889	0.671	0.99
	<65	272	268	0.119	1.10	54	67	0.234	0.86
	>=65	695	666	0.954	1.00	827	822	0.916	1.00

(a): Odds Ratio (OR) calcolato mediante regressione logistica aggiustata per fattori di confondimento (picco influenzale, festività, decremento estivo di popolazione, ondata di calore, periodi freddi)

**Tabella 36. Rischio (OR), stratificato per genere, di avere un infarto miocardico acuto in relazione ad un incremento di  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  del valore medio nelle 8 ore di O3 per periodi temporali (Lag) cumulati**

Maschi						Femmine			
lag	ETA	Giorno caso > 100 µg/m <sup>3</sup> e giorno ctrl < 100 µg/m <sup>3</sup>	Giorno caso < 100 µg/m <sup>3</sup> e giorno ctrl > 100 µg/m <sup>3</sup>	p-value	OR <sup>(a)</sup>	Giorno caso > 100 µg/m <sup>3</sup> e giorno ctrl < 100 µg/m <sup>3</sup>	Giorno caso < 100 µg/m <sup>3</sup> e giorno ctrl > 100 µg/m <sup>3</sup>	p-value	OR <sup>(a)</sup>
lag 0-1	0-85+	314	362	0.292	0.88	318	325	0.922	0.99
	<65	91	82	0.653	1.11	13	29	0.061	0.40
	>=65	223	280	0.136	0.81	305	296	0.692	1.05
lag 2-5	0-85+	329	289	0.411	1.14	314	327	0.791	0.94
	<65	84	74	0.630	1.13	19	25	0.381	0.65
	>=65	245	215	0.382	1.14	295	302	0.740	0.96
lag 0-5	0-85+	290	298	0.960	0.99	309	306	0.934	0.99
	<65	79	68	0.552	1.16	15	25	0.145	0.45
	>=65	211	230	0.751	0.94	294	281	0.778	1.04

(a): Odds Ratio (OR) calcolato mediante regressione logistica aggiustata per fattori di confondimento (picco influenzale, festività, decremento estivo di popolazione, ondata di calore, periodi freddi)

**Tabella 37. Rischio (OR), stratificato per genere, di avere un infarto miocardico acuto in relazione al valore medio nelle 8 ore di O3 maggiore a 100 µg/m<sup>3</sup> per periodi temporali (Lag) cumulati**

#### ANALISI PER CONCENTRAZIONE MASSIMA ORARIA DI OZONO

Per il valore massimo orario di ozono, misurato nel corso delle 24 ore, l'analisi è stata effettuata solo per incremento di 10 µg/m<sup>3</sup>. Di seguito sono riportati i risultati delle analisi che stimano il rischio di avere un episodio di infarto miocardico acuto per incremento di 10 µg/m<sup>3</sup> del valore massimo orario di ozono, stratificato per genere e calcolato sia per periodi temporali indipendenti (Lag da 0 a 5) (Tab 38), sia per periodi temporali cumulativi (Lag 0-1, Lag 2-5 e Lag 0-5) (Tab 39).

Maschi						Femmine			
lag	ETA	Giorno caso - Giorno ctrl > 10 µg/m <sup>3</sup>	Giorno caso - Giorno ctrl < -10 µg/m <sup>3</sup>	p-value	OR <sup>(a)</sup>	Giorno caso - Giorno ctrl > 10 µg/m <sup>3</sup>	Giorno caso - Giorno ctrl < -10 µg/m <sup>3</sup>	p-value	OR <sup>(a)</sup>
lag 0	0-85+	1015	1040	0.745	0.99	1006	939	0.298	1.02
	<65	290	295	0.523	1.02	55	83	0.076	0.87
	>=65	725	745	0.453	0.98	951	856	0.124	1.03
lag 1	0-85+	1025	1049	0.575	0.99	904	969	0.261	0.98
	<65	300	288	0.216	1.05	62	69	0.220	0.91
	>=65	725	761	0.169	0.97	842	900	0.422	0.98
lag 2	0-85+	1068	1005	0.231	1.02	968	910	0.394	1.02
	<65	300	275	0.574	1.02	51	81	0.159	0.88
	>=65	768	730	0.316	1.02	917	829	0.190	1.03
lag 3	0-85+	1042	1027	0.644	1.01	1024	892	0.107	1.03
	<65	296	281	0.899	1.00	59	86	0.076	0.85
	>=65	746	746	0.632	1.01	965	806	0.033	<b>1.05<sup>(b)</sup></b>
lag 4	0-85+	1026	1035	0.981	1.00	919	946	0.202	0.97
	<65	302	295	0.469	1.03	57	72	0.243	0.91
	>=65	724	740	0.656	0.99	862	874	0.293	0.98
lag 5	0-85+	1064	1031	0.223	1.02	963	991	0.111	0.97
	<65	316	261	0.042	<b>1.07<sup>(b)</sup></b>	77	78	0.293	0.92
	>=65	748	770	0.899	1.00	886	913	0.151	0.97

(a): Odds Ratio (OR) calcolato mediante regressione logistica aggiustata per fattori di confondimento (picco influenzale, festività, decremento estivo di popolazione, ondata di calore, periodi freddi)

(b): Valore di OR risultato statisticamente significativo, tenendo conto degli intervalli di confidenza (vedi Appendice C).

**Tabella 38. Rischio (OR), stratificato per genere, di avere un infarto miocardico acuto in relazione ad un incremento di  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  del valore massimo orario di O<sub>3</sub> per periodi temporali (Lag) indipendenti**

lag	ETA	Maschi			Femmine				
		Giorno caso - Giorno ctrl > $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$	Giorno caso - Giorno ctrl < $-10 \mu\text{g}/\text{m}^3$	p-value	OR <sup>(a)</sup>	Giorno caso - Giorno ctrl > $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$	Giorno caso - Giorno ctrl < $-10 \mu\text{g}/\text{m}^3$	p-value	OR
lag 0-1	0-85+	994	1022	0.719	0.99	951	938	0.808	0.99
	<65	291	274	0.602	1.02	64	76	0.082	0.85
	>=65	703	748	0.466	0.98	887	862	0.835	1.00
lag 2-5	0-85+	1017	956	0.248	1.03	941	921	0.900	1.00
	<65	299	269	0.135	1.08	51	69	0.261	0.88
	>=65	718	687	0.634	1.02	890	852	0.859	1.00
lag 0-5	0-85+	1004	944	0.329	1.03	931	900	0.932	1.00
	<65	290	261	0.092	1.10	50	76	0.152	0.84
	>=65	714	683	0.774	1.01	881	824	0.586	1.02

(a): Odds Ratio (OR) calcolato mediante regressione logistica aggiustata per fattori di confondimento (picco influenzale, festività, decremento estivo di popolazione, ondata di calore, periodi freddi)

**Tabella 39. Rischio (OR), stratificato per genere, di avere un infarto miocardico acuto in relazione ad un incremento di  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  del valore massimo orario di O<sub>3</sub> per periodi temporali (Lag) cumulati**

### 15.3 DISCUSSIONE

Nonostante per alcuni giorni dell'anno vengano superati i valori consigliati dall'Organizzazione Mondiale della Sanità, e quindi anche quelli regolamentati per legge, meno cautelativi, non è emerso alcun aumento del rischio di sviluppare un infarto miocardico acuto per particolari concentrazioni di ozono.

## 16. VALUTAZIONE DEL RISCHIO DI INFARTO PER ESPOSIZIONI A BREVE TERMINE ENTRO 3000 METRI DALLA CENTRALE TERMOELETTRICA

### 16.1 EFFETTI PER ESPOSIZIONI A BREVE TERMINE

#### ANALISI PER CONCENTRAZIONE MEDIA GIORNALIERA DI PM10

Alla luce dell'ipotesi iniziale e dei risultati esposti nei capitoli precedenti che hanno evidenziato principalmente un'associazione diretta tra livelli di PM10 > 50 µg/m<sup>3</sup> e effetti a breve termine, ulteriori indagini si sono focalizzate sull'area in prossimità della centrale. In considerazione delle precedente indagine sulle neoplasie maligne, svolta dall'Osservatorio Ambiente e Salute nella medesima area di studio, e in considerazione del numero di casi di infarto miocardico acuto, intercorsi nell'area circostante la centrale termoelettrica, si è deciso di considerare quale distanza limite, 3000 metri dal camino della centrale termoelettrica. L'analisi mediante studio case-crossover è stata condotta separatamente per l'area entro i 3000 m, e per la restante area di studio oltre i 3000 m dalla centrale termoelettrica (Figura 26).

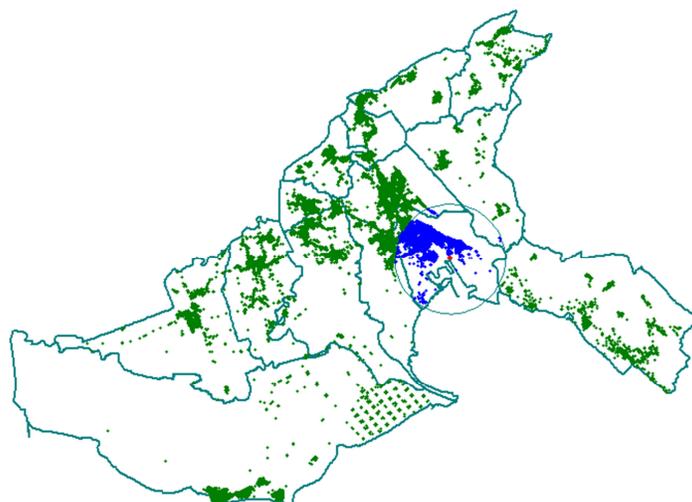


Figura 26. Area entro 3000 metri dal camino della centrale termoelettrica di Monfalcone (in blu i residenti entro 300 metri)

La Tabella 40 mostra il rischio, in termini di Odds Ratio (OR), di avere un episodio di infarto miocardico acuto entro alcuni giorni da un'esposizione superiore al valore limite di 50 µg/m<sup>3</sup> nella popolazione residente nell'area entro 3000 metri dal camino della centrale termoelettrica di Monfalcone.

		Maschi				Femmine			
lag	ETA	Giorno caso > 50 µg/m <sup>3</sup> e giorno ctrl < 50 µg/m <sup>3</sup>	Giorno caso < 50 µg/m <sup>3</sup> e giorno ctrl > 50 µg/m <sup>3</sup>	p-value	OR <sup>(a)</sup>	Giorno caso > 50 µg/m <sup>3</sup> e giorno ctrl < 50 µg/m <sup>3</sup>	Giorno caso < 50 µg/m <sup>3</sup> e giorno ctrl > 50 µg/m <sup>3</sup>	p-value	OR <sup>(a)</sup>
lag 0-1	0-85+	41	29	0.256	1.50	29	19	0.270	1.59
	<65	13	12	0.723	1.26	0(*)	0(*)	-(*)	-(*)
	>=65	28	17	0.197	1.76	29	19	0.270	1.59
lag 2-5	0-85+	24	23	0.942	0.97	50	18	0.004	<b>2.85<sup>(b)</sup></b>
	<65	12	5	0.149	3.12	0(*)	0(*)	-(*)	-(*)
	>=65	12	18	0.328	0.53	50	18	0.004	<b>2.85<sup>(b)</sup></b>
lag 0-5	0-85+	16	12	0.747	1.21	20	6	0.033	<b>3.79<sup>(b)</sup></b>
	<65	8	4	0.238	3.07	0(*)	0(*)	-(*)	-(*)
	>=65	8	8	0.726	0.76	20	6	0.033	<b>3.79<sup>(b)</sup></b>

(a): Odds Ratio (OR) calcolato mediante regressione logistica aggiustata per fattori di confondimento (picco influenzale, festività, decremento estivo di popolazione, ondata di calore, periodi freddi)

(b): valore di Odds Ratio (OR) statisticamente significativo, tenendo conto degli intervalli di confidenza al 95% (vedi Appendice C).

(\*) la numerosità campionaria ridotta non permette al modello statistico il calcolo di stime attendibili.

Tabella 40. Rischio (OR), stratificato per genere, di avere un infarto miocardico acuto in relazione al valore medio giornaliero di PM10 maggiore a 50 µg/m<sup>3</sup> per periodi temporali (Lag) cumulati (area entro 3000 metri dal camino della centrale termoelettrica)

La tabella 41, mostra, invece, il rischio, in termini di Odds Ratio (OR), di avere un episodio di infarto miocardico acuto entro alcuni giorni da un'esposizione superiore al valore limite di 50 µg/m<sup>3</sup> nella popolazione residente nell'area oltre 3000 metri dal camino della centrale termoelettrica di Monfalcone.

lag	ETA	Maschi				Femmine			
		Giorno caso > 50 µg/m <sup>3</sup> e giorno ctrl < 50 µg/m <sup>3</sup>	Giorno caso < 50 µg/m <sup>3</sup> e giorno ctrl > 50 µg/m <sup>3</sup>	p-value	OR <sup>(a)</sup>	Giorno caso > 50 µg/m <sup>3</sup> e giorno ctrl < 50 µg/m <sup>3</sup>	Giorno caso < 50 µg/m <sup>3</sup> e giorno ctrl > 50 µg/m <sup>3</sup>	p-value	OR <sup>(a)</sup>
lag 0-1	0-85+	55	51	0.838	1.06	57	54	0.999	1.00
	<65	19	16	0.938	1.04	3(*)	2(*)	-(*)	-(*)
	>=65	36	35	0.930	1.03	54	52	0.941	0.98
lag 2-5	0-85+	65	37	0.044	<b>1.80<sup>(b)</sup></b>	53	33	0.213	1.50
	<65	18	10	0.233	1.97	4(*)	1(*)	-(*)	-(*)
	>=65	47	27	0.104	1.75	49	32	0.283	1.44
lag 0-5	0-85+	33	25	0.407	1.38	46	27	0.145	1.69
	<65	4(*)	8(*)	-(*)	-(*)	0(*)	1(*)	-(*)	-(*)
	>=65	29	17	0.167	1.82	46	26	0.123	1.75

(a): Odds Ratio (OR) calcolato mediante regressione logistica aggiustata per fattori di confondimento (picco influenzale, festività, decremento estivo di popolazione, ondata di calore, periodi freddi)

(b): valore di Odds Ratio (OR) statisticamente significativo, tenendo conto degli intervalli di confidenza al 95% (vedi Appendice C).

(\*) la numerosità campionaria ridotta non permette al modello statistico il calcolo di stime attendibili.

Tabella 41. Rischio (OR), stratificato per genere, di avere un infarto miocardico acuto in relazione al valore medio giornaliero di PM10 maggiore a 50 µg/m<sup>3</sup> per periodi temporali (Lag) cumulati (area oltre 3000 metri dal camino della centrale termoelettrica)

## 16.2 DISCUSSIONE

L'analisi dei dati per il PM10 nell'area entro i 3000 metri dal camino della centrale termoelettrica di Monfalcone, mostra come per le femmine, il rischio di infarto miocardico acuto per valori di PM10 superiori a 50 µg/m<sup>3</sup> sia maggiore di un valore compreso tra 2 e 4 volte rispetto a valori di esposizione inferiori a 50 µg/m<sup>3</sup>. Anche nell'area oltre i 3000 metri dal camino della centrale termoelettrica sono stati registrati alcuni aumenti di rischio per esposizioni a valori di PM10 maggiori a 50 µg/m<sup>3</sup>, ancorché non statisticamente significativi.

La differenza di rischio stimata per l'intera area di studio e per l'area entro i 3000 metri dalla centrale può essere spiegata dalla concomitanza di diversi fattori: in primo luogo possono esserci altri fattori di rischio, non indagati nella presente indagine, che possono essere maggiormente presenti nell'area entro i 3000 metri, rispetto alla restante area di studio e che agiscono come modificatori di effetto e cioè in sinergia con l'inquinante PM10; potrebbero giocare un ruolo importante esposizioni occupazionali e l'abitudine al fumo. Invece, vista la metodologia di analisi scelta del case-crossover nel quale lo stesso soggetto viene confrontato con se stesso, si può escludere che eventuali cause di infarto acuto del miocardio agiscano come fattore di confondimento degli effetti del PM10.

Come per le analisi condotte per l'intera area di studio, si evidenzia come le esposizioni subite tra 2 a 5 giorni precedentemente all'evento di infarto giochino un ruolo cruciale nell'insorgenza dell'infarto, mentre sembra che le esposizioni nel giorno dell'evento o nel giorno precedente, non sembrano avere un ruolo determinante nell'insorgenza dell'infarto miocardico acuto.

Dato di interesse è anche il riscontro di un aumento del rischio di infarto, per gli uomini oltre i 3000 metri dal camino della centrale, esposti a concentrazioni maggiori a 50 µg/m<sup>3</sup>, mentre tale rischio non è evidente nell'area entro i 3000 metri dalla centrale termoelettrica. Questa differenza potrebbe essere spiegata da altri fattori che potrebbero mascherare l'effetto nei maschi nell'area entro i 3000 metri; in particolare potrebbero giocare un ruolo rilevante di tipo sinergico (ma non confondente) la storia occupazionale e l'abitudine al fumo. Infatti l'area entro i 3000 metri dalla centrale termoelettrica corrisponde ad aree abitate, in particolare modo, da persone che svolgono, o che hanno svolto, attività lavorative collegate a processi produttivi potenzialmente pericolosi per la salute umana (industria, cantieristica navale, etc.) e che potrebbero aver reso più suscettibili questi soggetti rispetto ad altri.



## 17. CONCLUSIONI

La prima parte dell'analisi di questo studio epidemiologico "Effetti a lungo e a breve termine degli inquinanti atmosferici sull'infarto del miocardio nel monfalconese" si è concretizzata in un confronto geografico dei tassi di incidenza e di mortalità per infarto acuto del miocardio nella zona in studio rispetto a una popolazione regionale di confronto. Rispetto alle popolazioni regionali residenti nelle province di Udine, Pordenone e Gorizia (con l'esclusione dei Comuni in studio), nel periodo 1/1/2004 – 31/12/2013 la popolazione residente nell'area in studio presenta un notevole aumento statisticamente significativo dei tassi di incidenza e mortalità di infarto acuto del miocardio standardizzati per età sia nei maschi, sia nelle femmine, ma con particolare riguardo a queste ultime. Questo aumento complessivo non può essere attribuito al momento a una singola causa ma richiede un approfondimento anche al di là delle attività e delle competenze proprie di questo Osservatorio ambiente salute. Particolare cautela va posta nell'interpretare questi risultati perché basati su dati di recente produzione regionale, non provenienti, a differenza del caso precedente dello studio sui tumori, da un Registro di Malattia validato di decennale utilizzo, né certificati da istituzioni esterne accreditate.

La seconda parte dell'analisi ha riguardato invece i confronti interni all'area in studio ed era rivolta a identificare eventuali aumenti del rischio di infarto acuto del miocardio in funzione di aumenti dei livelli di esposizione a inquinanti atmosferici. I valori degli inquinanti sono stati trattati sia come variabili continue espresse per  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  sia come variabili ordinali ovvero in terzili o quintili delle concentrazioni relative degli inquinanti. Complessivamente queste analisi non mostrano un chiaro aumento di rischio di infarto miocardico all'aumentare della concentrazione o della categoria di terzili o quintili di esposizione del singolo inquinante.

Sono state osservate però alcune situazioni di aumento del rischio di infarto acuto del miocardio per specifici agenti e per sottogruppi di popolazione, anche se tra di loro questi risultati non sembrano coerenti o generalizzabili.

(a) Per gli effetti a lungo termine (entro 10 anni)

- nei maschi, ma non nelle femmine, i tassi più bassi di infarto miocardico acuto si trovano ai livelli più bassi di concentrazione di benzene
- sia nei maschi, sia nelle femmine, i tassi d'incidenza standardizzati per 100.000 abitanti (ASR) sono più bassi per concentrazioni di biossido di zolfo inferiore ai  $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$  e aumentano anche se non in modo significativo per ogni  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  di  $\text{SO}_2$

(b) Per gli effetti a breve termine (entro 5 giorni)

- nelle femmine, ma non nei maschi, è presente un aumento significativo del rischio di infarto miocardico acuto a 5 giorni nel caso di un aumento del livello di  $\text{NO}_2$  di almeno  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$
- nelle femmine il rischio di infarto miocardico acuto entro 5 giorni è raddoppiato per esposizioni a concentrazioni di  $\text{PM}_{10}$  maggiori di  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  rispetto ad esposizioni a valori inferiori; nei maschi il corrispondente aumento è invece del 50%.

Relazioni causali tra inquinanti atmosferici e alcuni effetti sulla salute dell'inquinamento atmosferico sono state dimostrate da tempo [1]. Tra questi effetti sono incluse associazioni tra  $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_2$  e  $\text{PM}$  e effetti cardiovascolari tra cui in particolare l'IMA. Una recente sintesi italiana dell'evidenza ambientale, tossicologica ed epidemiologica legata a queste associazioni si rivela utile anche ad interpretare da un punto di vista biologico risultati come quelli presentati in questo documento sull'IMA [9]. In breve, per effetti di particelle molto fini, gas o metalli di transizione che attraversano l'epitelio polmonare e raggiungono il circolo ematico, si potrebbe determinare instabilità della placca vascolare o l'insorgere di disturbi aritmici del cuore. Questi effetti diretti dell'inquinamento atmosferico rappresentano una spiegazione plausibile della rapida (entro poche ore) risposta cardiovascolare. Un meccanismo indiretto mediato dallo stress ossidativo può provocare anche a lungo termine un indebolimento delle difese antiossidanti e un conseguente aumento dell'infiammazione in varie sedi dell'organismo miocardio compreso.

In pratica, vi è evidenza che le motivazioni scientifiche per questa indagine epidemiologica condotta sulla relazione tra parametri di qualità dell'aria misurati da un decennio nel monfalconese e effetti sull'IMA erano a priori valide.

Tra i risultati sopra descritti quello riguardante il raddoppio del rischio di IMA nelle femmine entro 5 giorni da un picco di concentrazione di PM10 > 50 µg/m<sup>3</sup> appare particolarmente rilevante. Ciò non esclude la presenza di effetti anche a più bassi livelli di PM10 o per altri inquinanti, dipendendo l'assenza di significatività statistica principalmente dalla numerosità campionaria non allargabile all'interno della realtà monfalconese. Eventuali approfondimenti sulle cause ambientali dell'IMA in FVG andrebbero estesi a popolazioni di numerosità decisamente maggiore.

Rispetto all'origine nell'area in studio delle polveri sottili espresse come PM10, le analisi di ARIANET identificano tra le componenti emmissive la principale causa il traffico stradale. Un successivo lavoro di analisi ambientale delle polveri eseguito dal Consiglio Nazionale delle Ricerche, evidenzia la tracciabilità nelle PM del contributo di sorgenti tipiche quali il traffico veicolare, il riscaldamento domestico, il risollevarimento di polveri terrigene e le attività industriali limitrofe alla zona campionata. Il contributo delle immissioni direttamente imputabili all'impianto termoelettrico ha un'influenza molto ridotta sulle concentrazioni tipiche della zona.

In ogni caso nella realtà specifica qui considerata, conoscendo la possibile eterogeneità della qualità delle polveri sottili e riconoscendo l'eziologia multifattoriale dell'infarto al miocardio, appare particolarmente opportuno

- (a) affiancare alla stima di esposizione alle polveri di PM10 anche la stima di esposizione a particolato con dimensioni inferiori a 2.5
- (b) avviare la speciazione chimica delle polveri in termini di concentrazione di specifici agenti atmosferici inquinanti come metalli e sostanze ossidanti che a livello sperimentale; dal punto di vista epidemiologico sono risultate associate all'aumento del rischio di infarto acuto del miocardio
- (c) provvedere al monitoraggio contemporaneo dei valori degli inquinanti atmosferici ambientali con la raccolta di campioni biologici nella popolazione
- (d) ricavare informazioni relative a fattori sociali e stili di vita individuali.

## 18. BIBLIOGRAFIA

- [1] WHO Air quality guidelines for particulate matter ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide  
[http://www.who.int/phe/health\\_topics/outdoorair/outdoorair\\_aqg/en/](http://www.who.int/phe/health_topics/outdoorair/outdoorair_aqg/en/)
- [2] World Health Organization 2013 - Review of evidence on health aspects of air pollution – REVIHAAP Project Technical Report/EEA Report No 28/2016. Air quality in Europe — 2016 report -
- [3] Progetto di zonizzazione del territorio regionale ai sensi del D.lgs 155/2010  
[http://cmsarpa.regione.fvg.it/cms/tema/aria/utilita/Documenti\\_e\\_presentazioni/tecnico\\_scientifiche\\_docs/zonizz\\_fvg\\_dlgs155.pdf](http://cmsarpa.regione.fvg.it/cms/tema/aria/utilita/Documenti_e_presentazioni/tecnico_scientifiche_docs/zonizz_fvg_dlgs155.pdf)
- [4] Piano regionale di miglioramento della qualità dell'aria in  
<http://www.regione.fvg.it/rafvfg/cms/RAFVG/ambiente-territorio/pianificazione-gestione-territorio/FOGLIA201/>
- [5] Revisione pubblica dell'inventario emissivo regionale (INEMAR), anno 2010  
[http://cmsarpa.regione.fvg.it/cms/tema/aria/notizie/2014/news/notizia0015\\_2014.html](http://cmsarpa.regione.fvg.it/cms/tema/aria/notizie/2014/news/notizia0015_2014.html)
- [6][http://www.a2aenergiefuture.eu/gruppo/export/sites/default/ene/impianti/documenti\\_impianti/ARIANET-R2014.23-MONFALCONE.pdf](http://www.a2aenergiefuture.eu/gruppo/export/sites/default/ene/impianti/documenti_impianti/ARIANET-R2014.23-MONFALCONE.pdf)
- [7] Baccarelli A, Benjamin EJ. Triggers of MI for the individual and in the community. *Lancet*, 2011;377: 694 - 696
- [8] Bard D1, Kihal W1, Schillinger C2, Fermanian C1, Ségala C3, Glorion S1, Arveiler D4, Weber C5 Traffic-related air pollution and the onset of myocardial infarction: disclosing benzene as a trigger? A small-area case-crossover study *PLoS One*. 2014 Jun 16;9(6):e100307. doi: 10.1371/journal.pone.0100307. eCollection 2014.
- [9] Sarno G, Maio S, Simoni M, Baldacci S, Cerrai S, Viegi G e il Gruppo Collaborativo EPIAIR2 Inquinamento atmosferico e salute umana. Ovvero come orientarsi nella lettura e interpretazione di studi ambientali, tossicologici ed epidemiologici. *Epidemiol Prev* 2013; 37 (4-5),

## 19.APPENDICI

# A

## Andamento degli inquinanti atmosferici Superamenti e misure

---

Nel sito di ARPA FVG sono in visione e a disposizione i dati ambientali e relativi valori ricavati dalla misura di stazione di monitoraggio appartenente alla Rete Qualità dell' Aria Regionale

In questa appendice sono presentati i valori utili per la discussione della presente relazione, scaricati dal sito dell'agenzia per l'ambiente del Friuli Venezia Giulia:

[http://cmsarpa.regione.fvg.it/cms/tema/aria/stato/dati\\_storici.html](http://cmsarpa.regione.fvg.it/cms/tema/aria/stato/dati_storici.html)

I dati fanno riferimento alla Zona di Pianura.

Per una corretta lettura sono state evidenziate le stazioni di monitoraggio che rappresentano l'area di calcolo del dominio monfalconese.

Il set di dati fa riferimento all'arco temporale 2009-2015.

La dicitura NA indica "not available", dato non disponibile.

**PM10: numero di superamenti dei 50 µg/m<sup>3</sup> per la media giornaliera (in colore rosso le stazioni con superamento del limite di 35 volte/anno)**

	Nome	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Zona di Pianura - Monfalconese	via Duca D'Aosta - Gorizia	11	15	21	13	12	18	23
	Doberdò A2A	NA	NA	NA	NA	NA	5	9
	Fiumicello A2A	NA	NA	NA	NA	NA	17	23
	Grado A2A	NA	NA	NA	NA	NA	10	17
	Monfalcone A2A	NA	NA	NA	NA	NA	13	14
	Monfalcone	1	0	12	9	3	9	12
	Ronchi A2A	NA	NA	NA	NA	NA	13	18
	Sant'Osvaldo - Udine	NA	NA	32	18	13	16	26
	San Giovanni al Natisone	NA	NA	NA	NA	NA	NA	25
Zona di Pianura	Brugnera	NA	NA	66	49	42	28	77
	Castions delle Mura - Bagnaria Arsa	29	27	28	20	21	23	38
	via Cairoli - Udine	NA	NA	30	17	15	22	28
	Edison (via Marconi) - Torviscosa	27	25	21	22	33	26	37
	Malisana - Torviscosa	29	26	42	21	27	29	39
	viale Marconi - Pordenone	37	NA	49	43	22	NA	NA
	Morsano al Tagliamento	NA	NA	NA	NA	NA	14	36
	Pordenone Centro	NA	NA	NA	NA	NA	NA	45
	Porcia	47	41	61	52	34	33	58
	Sacile	57	42	57	52	38	NA	NA
	Sacile1	NA	NA	NA	NA	NA	NA	60
	via San Daniele - Udine	NA	NA	NA	NA	NA	NA	39

**PM10 - Media annuale:90,4 percentile delle media giornaliera su base annuale (Il 90.4° percentile su base annuale della media giornaliera del PM10 è un modo per rappresentare il limite previsto per la frequenza annuale di 35 giorni con valore superiore a 50 µg/m3. Se il valore in tabella è inferiore ai 50 µg/m3 significa che il valore limite di 35 giorni non è stato superato.). Valori in µg/m3**

	Nome	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Zona di Pianura- Monfalconese	via Duca D'Aosta - Gorizia	36.43	39.61	45.89	37.04	36.47	34.57	45.06
	Doberdò A2A	NA	NA	NA	NA	NA	25.94	32.22
	Fiumicello A2A	NA	NA	NA	NA	NA	32.54	45.96
	Grado A2A	NA	NA	NA	NA	NA	28.53	38.91
	Monfalcone A2A	NA	NA	NA	NA	NA	32.18	36.99
	Monfalcone	27.01	26.18	37.05	32.02	25.78	26.89	32.69
	Ronchi A2A	NA	NA	NA	NA	NA	29.19	39.01
	Sant'Oswaldo - Udine	NA	NA	47.16	43.3	39.66	32.37	46.85
	San Giovanni al Natisone	NA	NA	NA	NA	NA	35.96	44.2
Zona di Pianura	Brugnera	NA	NA	66.3	55.54	56.64	44.27	65.35
	Castions delle Mura - Bagnaria Arsa	46.37	49.29	47.52	43.75	43.39	39.36	51.93
	via Cairoli - Udine	NA	35.14	49.71	41.22	41.8	39.22	46.72
	Edison (via Marconi) - Torviscosa	47.22	45.01	45	43.89	48.63	42.1	51.08
	Malisana - Torviscosa	47.68	42.63	54.28	46.25	47.07	45.53	53.72
	viale Marconi - Pordenone	NA	51.7	NA	51.46	41.92	NA	NA
	Morsano al Tagliamento	NA	NA	NA	NA	NA	34.7	51.85
	Pordenone Centro	NA	NA	NA	NA	NA	NA	53.1
	Porcia	59.03	53.52	61.49	56.27	49.08	49.76	63.68
	Sacile	NA	NA	NA	53.78	52.4	32.34	NA
	Sacile1	NA	NA	NA	NA	NA	NA	65.82
	via San Daniele - Udine	NA	NA	NA	NA	NA	38.46	52.5

**NO2 Media annuale e andamento - NO2 Valori in µg/m3**

		2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Zona di Pianura- Monfalconese	via Duca D'Aosta - Gorizia	40.81	29.39	25.01	27.41	33.04	24.89	26.93
	Doberdò A2A	NA	NA	NA	NA	NA	9.142	11.8
	Fiumicello A2A	NA	NA	NA	NA	NA	14.43	17.96
	Grado A2A	NA	NA	NA	NA	NA	12.46	15.47
	Monfalcone A2A	NA	NA	NA	NA	NA	20.3	25.35
	Monfalcone	20.64	22.33	20.56	19.99	NA	21.18	22.22
	Ronchi A2A	NA	NA	NA	NA	NA	15.48	23.06
	Sant'Oswaldo - Udine	29.88	23.51	21.05	22.07	21.5	17.23	NA
	San Giovanni al Natisone	15.3	19.18	16.8	19.69	16.25	13.28	13.87
Zona di Pianura	Brugnera	30.28	31.6	30.44	26.16	23.85	23.49	26.41
	Castions delle Mura - Bagnaria Arsa	20.41	12.14	11.87	11.08	9.105	7.335	7.245
	via Cairoli - Udine	27.15	21.47	21.26	20.05	18.81	19.36	21.12
	Edison (via Marconi) - Torviscosa	14.95	13.23	19.07	19.97	12.49	12.61	11.06
	Malisana - Torviscosa	14.06	12.05	18.11	13.32	NA	NA	11.99
	viale Marconi - Pordenone	46.99	39.98	41.66	36.61	34.42	NA	NA
	Morsano al Tagliamento	NA	NA	NA	NA	NA	17.08	17.84
	Pordenone Centro	NA	NA	NA	NA	NA	NA	32.72
	Sacile	NA	23.51	27.54	23.94	22.44	NA	NA
	Sacile1	NA	NA	NA	NA	NA	NA	30.72
	via San Daniele - Udine	NA	NA	NA	NA	NA	23.44	28.19

**NO2: superamenti dei 200 µg/m<sup>3</sup> per la media oraria (limite: 18 volte)**

		2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Zona di Pianura- Monfalconese	via Duca D'Aosta - Gorizia	0	0	0	0	1	0	0
	Doberdò A2A	NA	NA	NA	NA	NA	0	0
	Fiumicello A2A	NA	NA	NA	NA	NA	0	0
	Grado A2A	NA	NA	NA	NA	NA	0	0
	Monfalcone A2A	NA	NA	NA	NA	NA	0	0
	Monfalcone	0	0	0	0	NA	0	0
	Ronchi A2A	NA	NA	NA	NA	NA	0	0
	Sant'Oswaldo - Udine	0	0	0	0	0	0	NA
	San Giovanni al Natisone	0	0	0	0	0	0	0
Zona di Pianura	Brugnera	0	0	0	0	0	0	0
	Castions delle Mura - Bagnaria Arsa	0	0	0	0	0	0	0
	via Cairoli - Udine	0	0	0	0	0	0	0
	Edison (via Marconi) - Torviscosa	0	0	0	0	0	0	0
	Malisana - Torviscosa	0	0	0	0	NA	NA	0
	viale Marconi - Pordenone	0	0	1	0	0	NA	NA
	Morsano al Tagliamento	NA	NA	NA	NA	NA	0	0
	Pordenone Centro	NA	NA	NA	NA	NA	NA	0
	Sacile	NA	0	0	0	0	NA	NA
	Sacile1	NA	NA	NA	NA	NA	NA	0
	via San Daniele - Udine	NA	NA	NA	NA	NA	0	0

**SO2: superamenti dei 350 µg/m<sup>3</sup> (limite: 24 volte)**

		2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Zona di Pianura-Monfalconese	Doberdò A2A	NA	NA	NA	NA	NA	0	0
	Doberdò del Lago	0	NA	0	0	0	0	0
	Fiumicello A2A	NA	NA	NA	NA	NA	0	0
	Grado A2A	NA	NA	NA	NA	NA	0	0
	Monfalcone A2A	NA	NA	NA	NA	NA	0	0
	Ronchi A2A	NA	NA	NA	NA	NA	0	0
Zona di Pianura	Castions delle Mura - Bagnaria Arsa	0	0	0	0	0	0	0
	Edison (via Marconi) - Torviscosa	0	0	0	0	NA	0	0
	Malisana - Torviscosa	NA	0	0	0	NA	0	0
	Pordenone Centro	NA						

**SO2: superamenti dei 50 µg/m<sup>3</sup> per la media giornaliera (Soglia di Valutazione Inferiore: 3 volte)**

		2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Zona di Pianura-Monfalconese	Doberdò A2A	NA	NA	NA	NA	NA	0	0
	Doberdò del Lago	0	NA	0	0	0	0	0
	Fiumicello A2A	NA	NA	NA	NA	NA	0	0
	Grado A2A	NA	NA	NA	NA	NA	0	0
	Monfalcone A2A	NA	NA	NA	NA	NA	0	0
	Ronchi A2A	NA	NA	NA	NA	NA	0	0
Zona di Pianura	Castions delle Mura - Bagnaria Arsa	0	0	0	0	0	0	0
	Edison (via Marconi) - Torviscosa	0	0	0	0	NA	0	0
	Malisana - Torviscosa	NA	0	0	0	NA	0	0
	Pordenone Centro	NA						

**SO2: superamenti dei 125 µg/m<sup>3</sup> per la media giornaliera (limite: 3 volte)**

		2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Zona di Pianura-Monfalconese	Doberdò A2A	NA	NA	NA	NA	NA	0	0
	Doberdò del Lago	0	NA	0	0	0	0	0
	Fiumicello A2A	NA	NA	NA	NA	NA	0	0
	Grado A2A	NA	NA	NA	NA	NA	0	0
	Monfalcone A2A	NA	NA	NA	NA	NA	0	0
	Ronchi A2A	NA	NA	NA	NA	NA	0	0
Zona di Pianura	Castions delle Mura - Bagnaria Arsa	0	0	0	0	0	0	0
	Edison (via Marconi) - Torviscosa	0	0	0	0	NA	0	0
	Malisana - Torviscosa	NA	0	0	0	NA	0	0
	Pordenone Centro	NA						

## B

### Andamento degli inquinanti atmosferici

---

In questa appendice vengono presentati i grafici 2009 e 2014 relativi agli andamenti degli inquinanti oggetto di indagine per “giorni tipo” e “settimana tipo” con distinzione tra periodo invernale e periodo estivo.

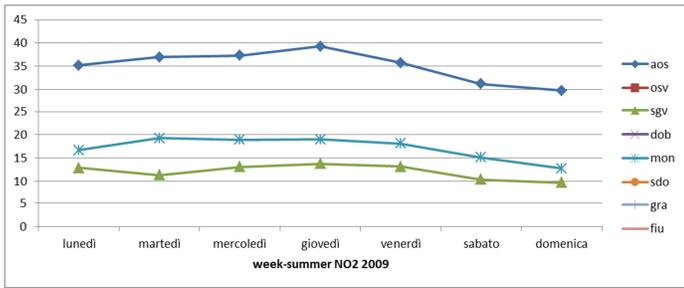
I grafici sono popolati con i dati di misura strumentale di stazione di monitoraggio. I valori sono espressi in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ \*valore orario (dalle 0 alle 23) per i grafici corrispondenti ai “giorni tipo”; in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ \*valore giornaliero (dalle lunedì alla domenica) per i grafici corrispondenti alla “settimana tipo”.

Per popolare i grafici sono state considerate le misure delle stazioni di monitoraggio che rappresentano l’area di pianura, anche della zona monfalconese. In tabella l’elenco delle stazioni.

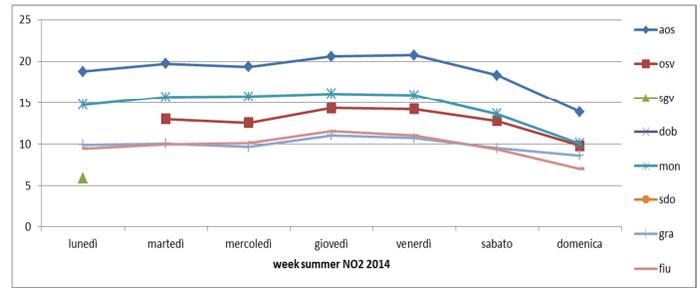
Vengono utilizzate le media a pettine per l’elaborazione delle settimane / giorni medi, in cui ogni valore è calcolato come media in un periodo dei valori in uno stesso giorno della settimana / ora del giorno.

CODICE EUROPEO	CODICE NAZ.	Tipologia	NOME	RETE	ATTIVA DA	Simbolo in grafico
IT1587A	603105	Urban Traffic	GORIZIA AOS	RETE DI RILEVAMENTO QA DELLA ZONA DI PIANURA	16/07/2003	 aos
IT1170A	603005	Suburban Background	S.OSVALDO OSV	RETE DI RILEVAMENTO QA DELLA ZONA DI PIANURA	01/02/1998	 osv
IT1168A	603010	Suburban Background	S.GIOVANNI AL NATISONE SGV	RETE DI RILEVAMENTO QA DELLA ZONA DI PIANURA	29/01/1998	 sgv
IT1474A	603103	Rural Background	DOBERDO DEL LAGO DOB	RETE DI RILEVAMENTO QA DELLA ZONA DI PIANURA	17/11/2002	 dob
IT1538A	603104	Urban Background	MONFALCONE MON	RETE DI RILEVAMENTO QA DELLA ZONA DI PIANURA	28/11/2002	 mon
IT2181A	603110	Rural Background	PUNTA SDOBBA SDO	RETE DI RILEVAMENTO QA DELLA ZONA DI PIANURA	09/06/2014	 sdo
IT2131A	603108		FOSSALON DI GRADO A2A GRA	A2A	01/01/1982	 gra
IT2133A	603020		FIUMICELLO A2A FIU	A2A	01/01/1982	 fiu

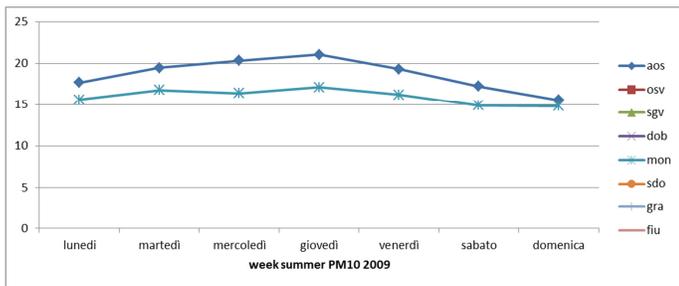
Andamento settimanale tipo rappresentativo dell'area di interesse periodo estivo



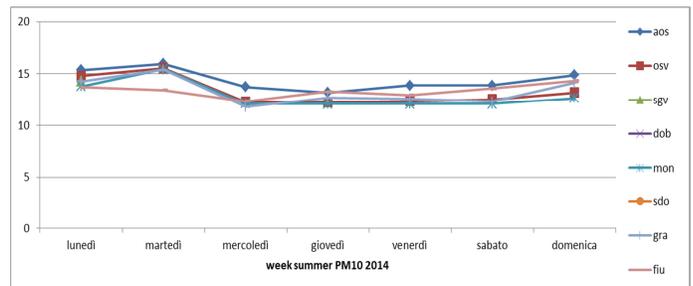
NO2 estate 2009



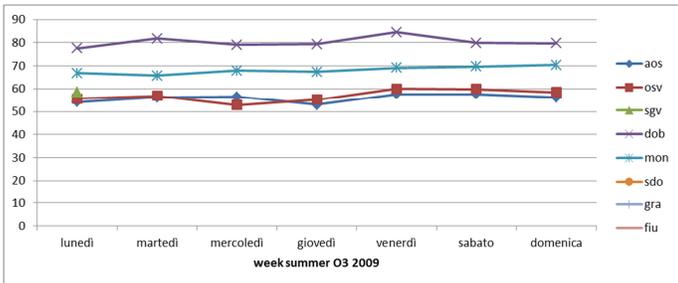
NO2 estate 2014



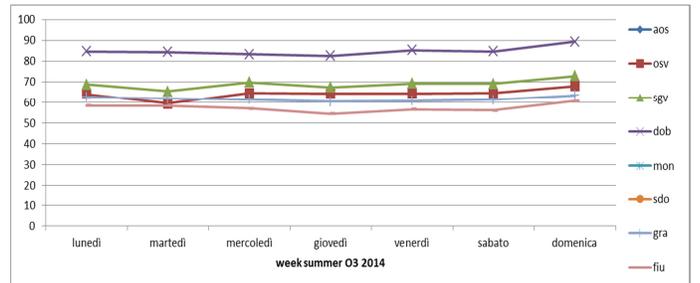
PM10 estate 2009



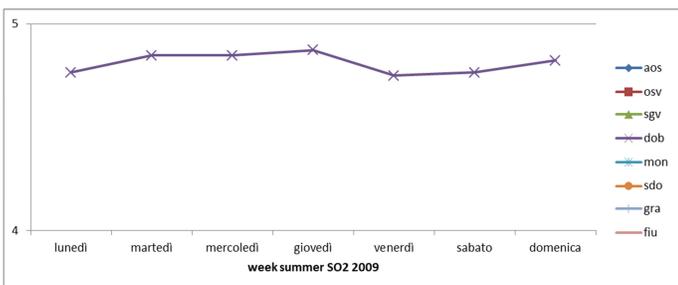
PM10 estate 2014



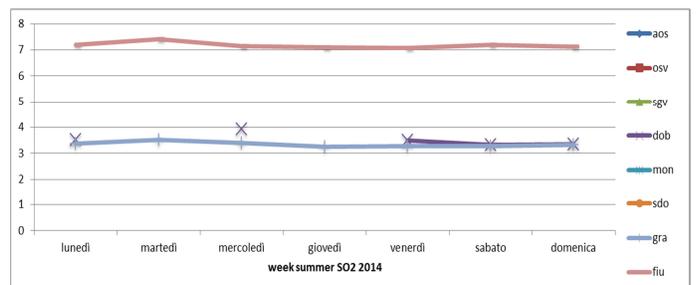
O3 estate 2009



O3 estate 2014

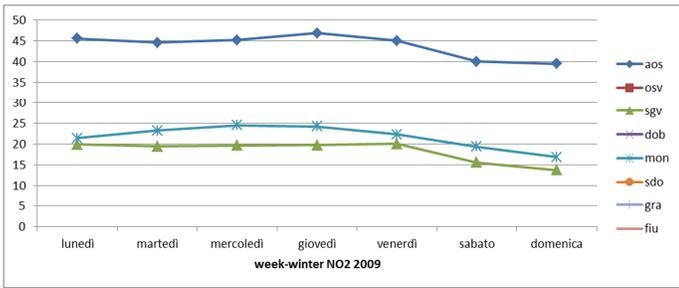


SO2 estate 2009

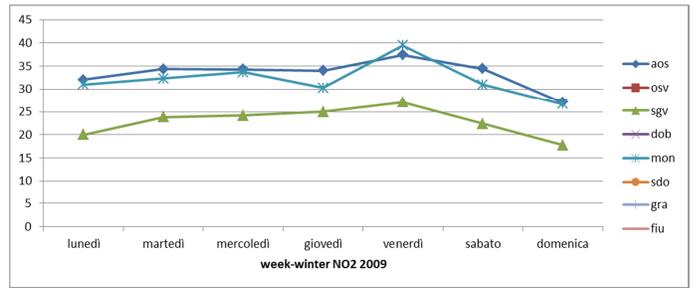


SO2 estate 2014

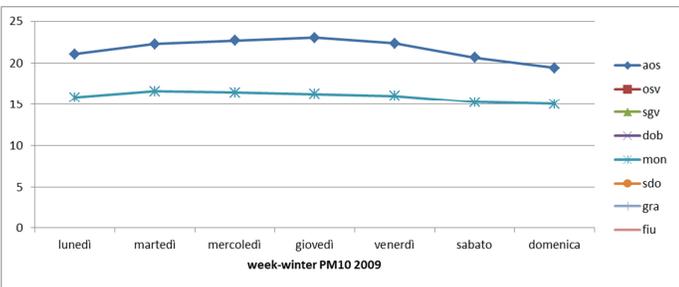
Andamento settimanale tipo rappresentativo dell'area di interesse  
periodo invernale



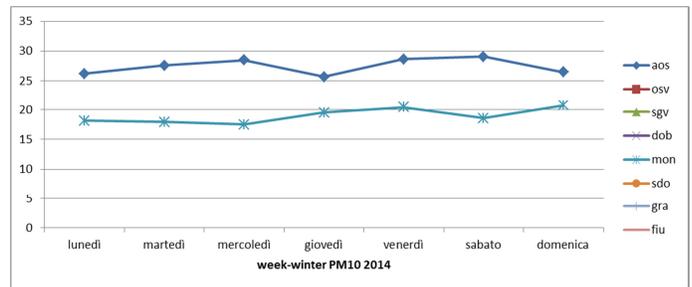
NO2 inverno 2009



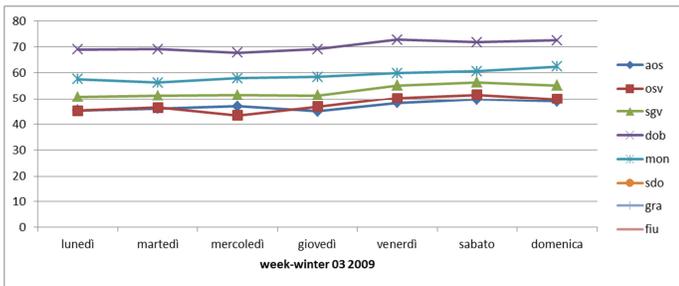
NO2 inverno 2014



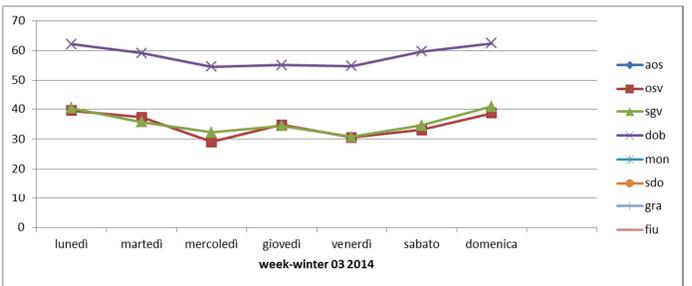
PM10 inverno 2009



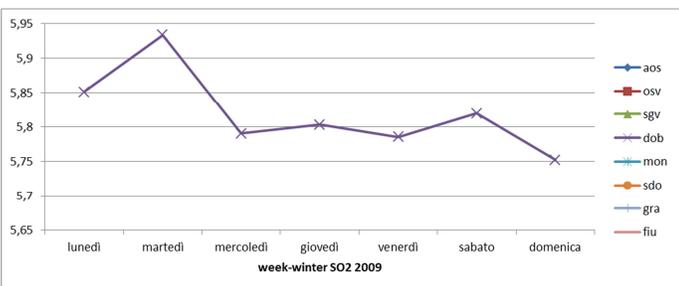
PM10 inverno 2014



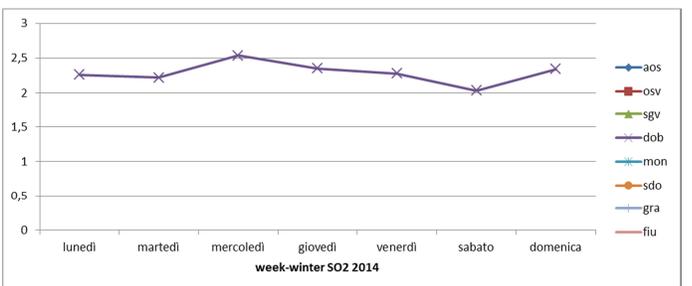
O3 inverno 2009



O3 inverno 2014

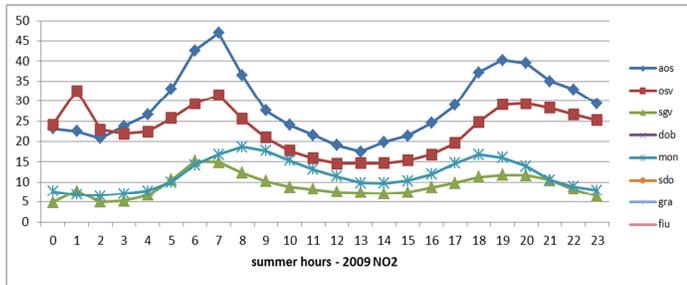


SO2 estate 2009

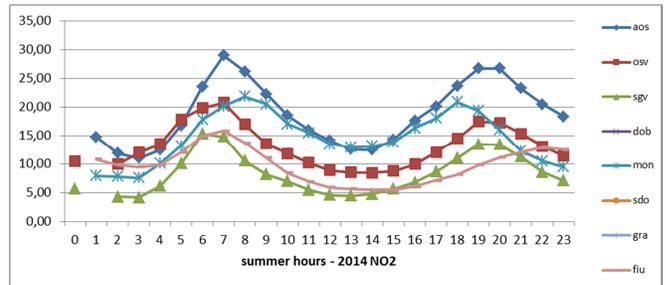


SO2 estate 2014

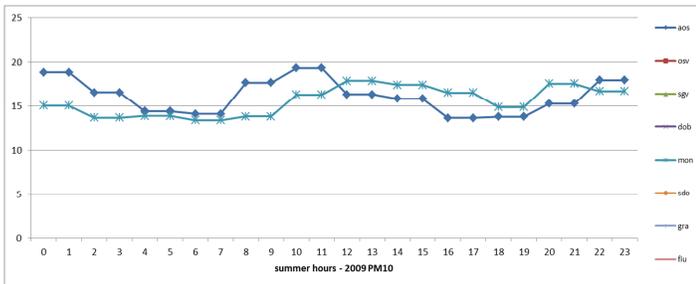
Andamento giornaliero tipo rappresentativo dell'area di interesse periodo estivo



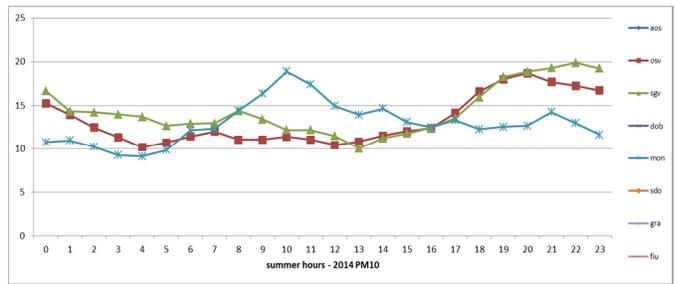
NO2 estate 2009



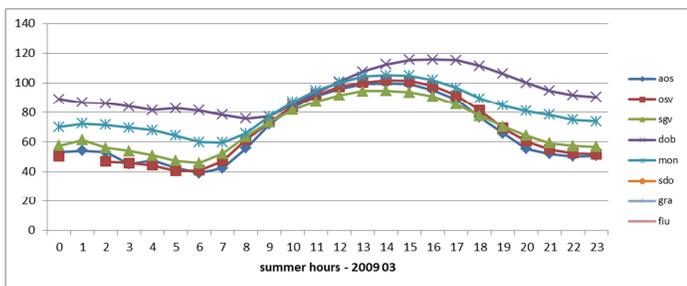
NO2 estate 2014



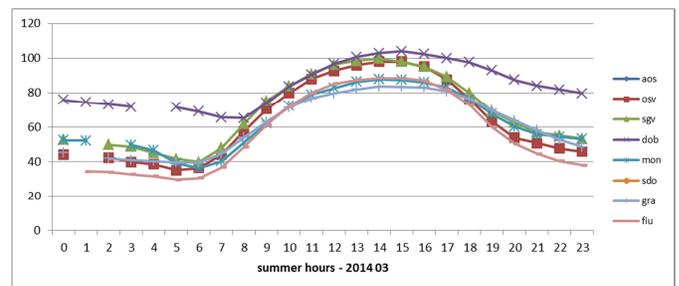
PM10 estate 2009



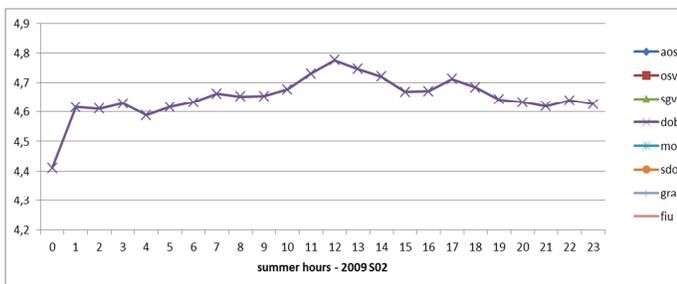
PM10 estate 2014



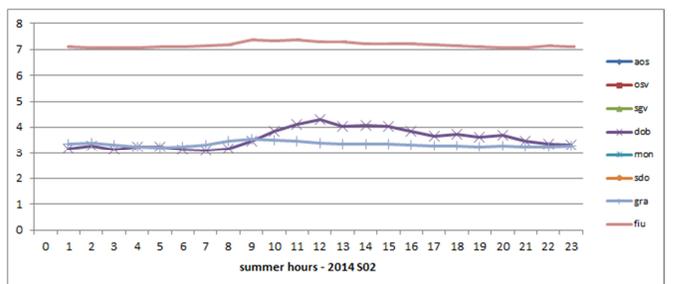
O3 estate 2009



O3 estate 2014

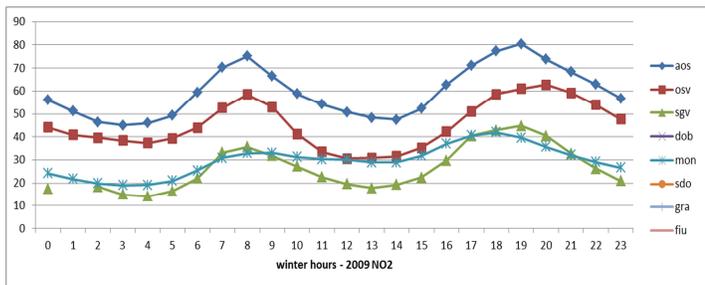


SO2 estate 2009

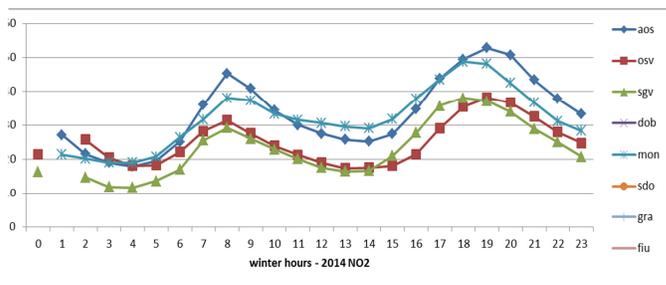


SO2 estate 2014

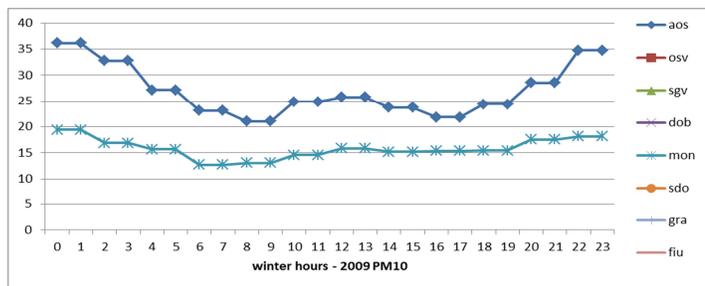
Andamento giornaliero tipo rappresentativo dell'area di interesse periodo invernale



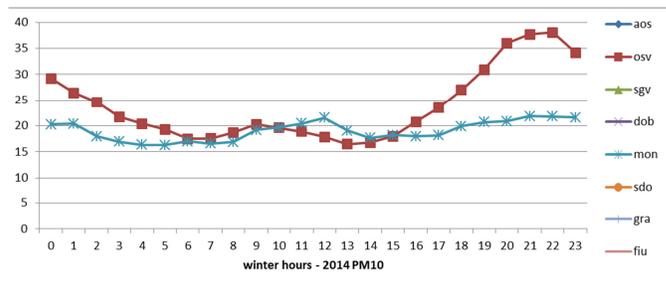
NO2 inverno 2009



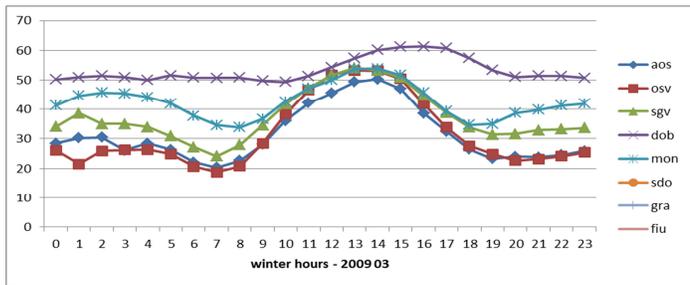
NO2 inverno 2014



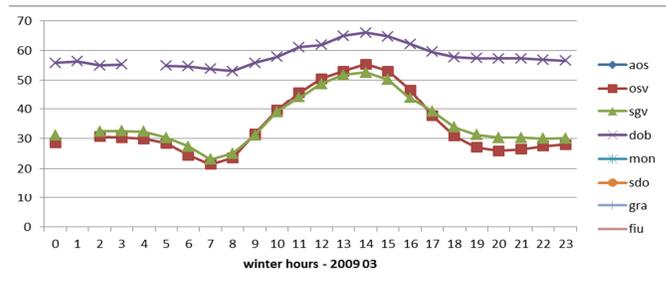
PM10 inverno 2009



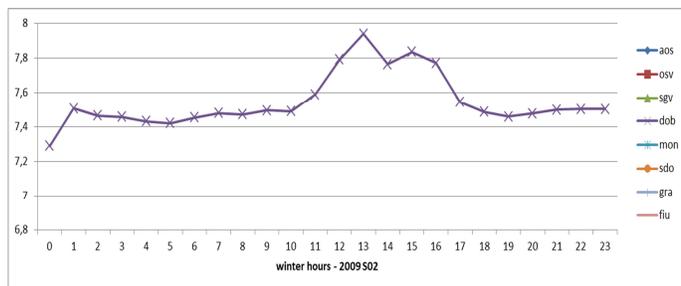
PM10 inverno 2014



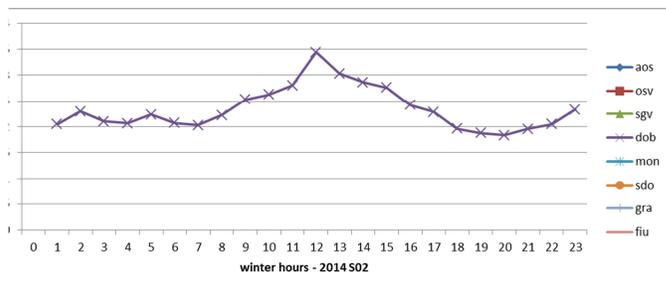
O3 inverno 2009



O3 inverno 2014



SO2 estate 2009



SO2 estate 2014



C

Case Crossover

Odd Ratio e intervalli di confidenza

---

		NO2 avgday Multivariate – incremento 10 di 10 µg/m3 (S)					
lag	ETA	Maschi			Femmine		
		OR	CI 95%		OR	CI 95%	
lag 0	ALL	0,974	0,867	1,094	1,001	0,883	1,134
	<65	1,056	0,839	1,33	0,92	0,568	1,49
	>=65	0,944	0,824	1,082	1,015	0,891	1,157
lag 1	ALL	0,969	0,864	1,088	0,989	0,876	1,117
	<65	0,999	0,801	1,246	1,145	0,723	1,815
	>=65	0,955	0,833	1,094	0,983	0,867	1,116
lag 2	ALL	0,958	0,853	1,076	0,989	0,875	1,118
	<65	0,765	0,611	0,958	1,204	0,733	1,977
	>=65	1,045	0,912	1,198	0,985	0,867	1,12
lag 3	ALL	1,011	0,903	1,132	1,006	0,889	1,137
	<65	0,977	0,79	1,208	1,18	0,701	1,987
	>=65	1,032	0,903	1,181	1	0,881	1,137
lag 4	ALL	0,958	0,850	1,080	1,012	0,893	1,147
	<65	0,922	0,726	1,173	0,973	0,601	1,575
	>=65	0,964	0,839	1,108	1,015	0,891	1,156
lag 5	ALL	1,007	0,898	1,130	1,143	1,007	1,297
	<65	0,925	0,738	1,159	1,137	0,734	1,76
	>=65	1,032	0,903	1,18	1,143	1,001	1,305
lag 0-1	ALL	0,990	0,863	1,136	1,033	0,895	1,192
	<65	1,011	0,775	1,320	1,044	0,594	1,837
	>=65	0,981	0,836	1,153	1,039	0,895	1,205
lag 2-5	ALL	1,017	0,868	1,191	1,113	0,939	1,319
	<65	0,829	0,607	1,132	1,061	0,560	2,012
	>=65	1,095	0,911	1,315	1,118	0,937	1,334
lag 0-5	ALL	1,03	0,865	1,226	1,107	0,919	1,332
	<65	0,867	0,6112	1,229	1,151	0,562	2,358
	>=65	1,092	0,893	1,335	1,118	0,922	1,355

Intervalli di Confidenza (CI) ed OR maschi e Femmine per NO2 medio giornaliero considerando incremento di 10 µg/m3

		NO2 maxhour Multivariate– incremento 10 µg/m3 (S)					
lag	ETA	Maschi			Femmine		
		OR	CI 95%		OR	CI 95%	
lag 0	ALL	0,970	0,917	1,027	1,008	0,947	1,073
	<65	0,998	0,894	1,114	0,969	0,779	1,205
	>=65	0,958	0,896	1,023	1,016	0,952	1,084
lag 1	ALL	0,972	0,919	1,028	0,989	0,933	1,049
	<65	1,002	0,9	1,117	1,072	0,847	1,356
	>=65	0,962	0,9	1,028	0,988	0,929	1,05
lag 2	ALL	0,954	0,902	1,010	1,017	0,960	1,078
	<65	0,873	0,786	0,971	1,224	0,961	1,557
	>=65	0,992	0,928	1,061	1,011	0,951	1,074
lag 3	ALL	0,968	0,915	1,023	1,008	0,949	1,070
	<65	0,93	0,832	1,039	1,019	0,801	1,296
	>=65	0,985	0,924	1,05	1,01	0,95	1,075
lag 4	ALL	0,969	0,915	1,025	1,017	0,959	1,079
	<65	0,911	0,814	1,02	1,035	0,831	1,289
	>=65	0,987	0,924	1,054	1,016	0,955	1,081
lag 5	ALL	1,009	0,955	1,067	1,077	1,013	1,145
	<65	0,962	0,862	1,073	1,208	0,954	1,529
	>=65	1,027	0,962	1,096	1,068	1,003	1,138
lag 0-1	ALL	0,972	0,905	1,043	1,020	0,947	1,099
	<65	0,996	0,871	1,139	1,019	0,767	1,353
	>=65	0,962	0,885	1,047	1,025	0,949	1,107
lag 2-5	ALL	0,974	0,898	1,057	1,078	0,988	1,177
	<65	0,855	0,728	1,005	1,144	0,823	1,589
	>=65	1,024	0,931	1,126	1,076	0,982	1,178
lag 0-5	ALL	0,977	0,893	1,069	1,081	0,982	1,190
	<65	0,888	0,744	1,060	1,164	0,804	1,687
	>=65	1,016	0,915	1,128	1,084	0,980	1,198

Intervalli di Confidenza (CI) ed OR maschi e Femmine per NO2 valore massimo orario considerando incremento di 10 µg/m3

lag	ETA	inquinante	O3 8hour avg Multivariate (§)					
			Maschi			Femmine		
			OR	CI 95%		OR	CI 95%	
lag 0	ALL	incremento di 10microgr/m3	0.996	0.956	1.039	1.015	0.973	1.059
		valore dicotomizzato*	0,858	0,695	1,058	1,121	0,9	1,394
	<65	incremento di 10microgr/m3	1.006	0.928	1.089	0.838	0.707	0.992
		valore dicotomizzato*	1.000	0.657	1.521	1.205	0.536	2.712
	>=65	incremento di 10microgr/m3	0.994	0.946	1.044	1.028	0.984	1.074
		valore dicotomizzato*	0.829	0.650	1.056	1.113	0.887	1.397
lag 1	ALL	incremento di 10microgr/m3	0.986	0.946	1.028	0.968	0.927	1.011
		valore dicotomizzato*	0,831	0,674	1,024	0,83	0,669	1,029
	<65	incremento di 10microgr/m3	1.019	0.942	1.102	0.922	0.779	1.092
		valore dicotomizzato*	0.962	0.634	1.459	0.517	0.224	1.194
	>=65	incremento di 10microgr/m3	0.975	0.928	1.024	0.971	0.929	1.016
		valore dicotomizzato*	0.790	0.620	1.006	0.857	0.685	1.072
lag 2	ALL	incremento di 10microgr/m3	1.021	0.980	1.063	1.002	0.959	1.048
		valore dicotomizzato*	1,034	0,837	1,279	0,986	0,79	1,231
	<65	incremento di 10microgr/m3	1.024	0.948	1.106	0.862	0.715	1.039
		valore dicotomizzato*	0.925	0.619	1.383	0.386	0.156	0.952
	>=65	incremento di 10microgr/m3	1.018	0.970	1.068	1.013	0.968	1.060
		valore dicotomizzato*	1.083	0.843	1.392	1.056	0.839	1.329
lag 3	ALL	incremento di 10microgr/m3	0.997	0.956	1.039	1.005	0.961	1.051
		valore dicotomizzato*	0,988	0,793	1,232	0,909	0,725	1,139
	<65	incremento di 10microgr/m3	1.007	0.930	1.092	0.838	0.689	1.018
		valore dicotomizzato*	0.748	0.494	1.131	0.636	0.256	1.582
	>=65	incremento di 10microgr/m3	0.992	0.945	1.042	1.016	0.971	1.064
		valore dicotomizzato*	1.095	0.842	1.423	0.923	0.731	1.167
lag 4	ALL	incremento di 10microgr/m3	1.009	0.967	1.053	0.978	0.936	1.022
		valore dicotomizzato*	1,022	0,821	1,272	0,983	0,786	1,229
	<65	incremento di 10microgr/m3	1.073	0.990	1.163	0.954	0.799	1.140
		valore dicotomizzato*	1.178	0.760	1.824	0.477	0.184	1.235
	>=65	incremento di 10microgr/m3	0.985	0.937	1.035	0.979	0.935	1.024
		valore dicotomizzato*	0.971	0.754	1.252	1.026	0.815	1.292
lag 5	ALL	incremento di 10microgr/m3	1.008	0.967	1.051	0.958	0.918	0.999
		valore dicotomizzato*	0,94	0,76	1,163	0,864	0,696	1,071
	<65	incremento di 10microgr/m3	1.070	0.993	1.154	0.939	0.790	1.115
		valore dicotomizzato*	0.800	0.534	1.200	0.589	0.247	1.409
	>=65	incremento di 10microgr/m3	0.983	0.935	1.033	0.958	0.917	1.000
		valore dicotomizzato*	0.993	0.773	1.275	0.875	0.700	1.094
lag 0-1	ALL	valore dicotomizzato*	0.882	0.698	1.114	0.988	0.778	1.255
		incremento di 10microgr/m3	0.993	0.945	1.044	0.984	0.935	1.036
	<65	valore dicotomizzato*	1,114	0,697	1,78	0,406	0,158	1,043
		incremento di 10microgr/m3	1,001	0,912	1,098	0,843	0,693	1,025
	>=65	valore dicotomizzato*	0.814	0.621	1.067	1.051	0.820	1.348
		incremento di 10microgr/m3	0.991	0.935	1.051	0.995	0.943	1.049
lag 2-5	ALL	valore dicotomizzato*	1.143	0.889	1.470	0.936	0.728	1.204
		incremento di 10microgr/m3	1.024	0.967	1.083	0.977	0.920	1.037
	<65	valore dicotomizzato*	1,13	0,688	1,855	0,651	0,248	1,705
		incremento di 10microgr/m3	1,092	0,981	1,215	0,918	0,719	1,172
	>=65	valore dicotomizzato*	1.139	0.850	1.527	0.957	0.737	1.242
		incremento di 10microgr/m3	0.999	0.934	1.068	0.981	0.923	1.044
lag 0-5	ALL	valore dicotomizzato*	0.994	0.769	1.283	0.989	0.764	1.281
		incremento di 10microgr/m3	1.025	0.964	1.090	0.986	0.925	1.051
	<65	valore dicotomizzato*	1,166	0,702	1,935	0,454	0,157	1,315
		incremento di 10microgr/m3	1,097	0,976	1,233	0,861	0,672	1,102
	>=65	valore dicotomizzato*	0.937	0.696	1.260	1.039	0.795	1.358
		incremento di 10microgr/m3	1.002	0.932	1.077	0.996	0.933	1.065

Intervalli di Confidenza (CI) ed OR maschi e Femmine per O3 valore mediato nelle 8h considerando incremento di 10 µg/m3 e il valore dicotomizzato.

lag	ETA	O3 maxhour Multivariate- incremento 10 µg/m3 (§)					
		Maschi			Femmine		
		OR	CI 95%		OR	CI 95%	
lag 0	ALL	0.993	0.955	1.033	1.021	0.982	1.062
	<65	1,025	0,951	1,104	0,866	0,739	1,015
	>=65	0,982	0,938	1,029	1,032	0,991	1,075
lag 1	ALL	0.989	0.952	1.028	0.977	0.939	1.017
	<65	1,048	0,973	1,128	0,909	0,78	1,059
	>=65	0,969	0,926	1,014	0,983	0,943	1,025
lag 2	ALL	1.024	0.985	1.064	1.018	0.977	1.061
	<65	1,021	0,95	1,097	0,885	0,747	1,049
	>=65	1,023	0,978	1,071	1,029	0,986	1,074
lag 3	ALL	1.009	0.971	1.049	1.035	0.993	1.078
	<65	1,005	0,932	1,083	0,852	0,714	1,017
	>=65	1,011	0,966	1,058	1,048	1,004	1,094
lag 4	ALL	1.000	0.962	1.041	0.974	0.934	1.015
	<65	1,028	0,954	1,108	0,908	0,772	1,068
	>=65	0,989	0,944	1,037	0,977	0,937	1,02
lag 5	ALL	1.024	0.986	1.064	0.968	0.931	1.007
	<65	1,074	1,003	1,151	0,922	0,793	1,073
	>=65	1,003	0,957	1,051	0,97	0,931	1,011
lag 0-1	ALL	0.991	0.946	1.039	0.994	0.947	1.043
	<65	1,024	0,937	1,119	0,848	0,703	1,022
	>=65	0,979	0,926	1,036	1,005	0,956	1,057
lag 2-5	ALL	1.033	0.978	1.091	0.996	0.940	1.056
	<65	1.005	0.947	1.068	0.874	0.690	1.106
	>=65	1.016	0.952	1.084	1.005	0.947	1.068
lag 0-5	ALL	1.030	0.970	1.093	1.003	0.942	1.068
	<65	1.103	0.984	1.236	0.841	0.663	1.066
	>=65	1.007	0.938	1.081	1.018	0.954	1.087

Intervalli di Confidenza (CI) ed OR maschi e Femmine per O3 valore massimo orario considerando incremento di 10 µg/m3.

lag	ETA	inquinante	PM10 avgday Multivariate (§)					
			Maschi			Femmine		
			OR	CI 95%		OR	CI 95%	
lag 0	ALL	incremento di 10microgr/m3	0.984	0.925	1.047	0.999	0.937	1.064
		valore dicotomizzato*	0,841	0,56	1,263	1,094	0,727	1,648
	<65	incremento di 10microgr/m3	1,022	0,913	1,145	1,083	0,826	1,42
		valore dicotomizzato*	0,967	0,478	1,956	1,307	0,126	13,573
	>=65	incremento di 10microgr/m3	0,967	0,898	1,042	0,997	0,934	1,064
		valore dicotomizzato*	0,785	0,475	1,297	1,119	0,738	1,697
lag 1	ALL	incremento di 10microgr/m3	1.018	0.959	1.081	1.016	0.955	1.080
		valore dicotomizzato*	1,153	0,786	1,69	1,353	0,911	2,008
	<65	incremento di 10microgr/m3	1,027	0,918	1,15	1,261	0,982	1,62
		valore dicotomizzato*	0,869	0,407	1,855	7,612	1,121	51,692
	>=65	incremento di 10microgr/m3	1,016	0,946	1,091	1	0,938	1,067
		valore dicotomizzato*	1,334	0,848	2,097	1,234	0,817	1,863
lag 2	ALL	incremento di 10microgr/m3	1.011	0.954	1.072	0.994	0.933	1.058
		valore dicotomizzato*	1,076	0,744	1,556	0,974	0,634	1,496
	<65	incremento di 10microgr/m3	1,045	0,931	1,174	1,24	0,958	1,606
		valore dicotomizzato*	1,381	0,668	2,853	2,003	0,296	13,534
	>=65	incremento di 10microgr/m3	1,009	0,942	1,08	0,98	0,918	1,046
		valore dicotomizzato*	1,034	0,671	1,593	0,931	0,597	1,451
lag 3	ALL	incremento di 10microgr/m3	1.054	0.994	1.118	1.014	0.953	1.079
		valore dicotomizzato*	1,438	0,995	2,076	0,954	0,638	1,426
	<65	incremento di 10microgr/m3	1,169	1,048	1,305	0,841	0,618	1,144
		valore dicotomizzato*	2,488	1,223	5,061	0,861	0,096	7,697
	>=65	incremento di 10microgr/m3	1,013	0,944	1,087	1,023	0,96	1,09
		valore dicotomizzato*	1,188	0,764	1,846	0,971	0,644	1,464
lag 4	ALL	incremento di 10microgr/m3	1.004	0.942	1.070	1.034	0.974	1.098
		valore dicotomizzato*	0,96	0,642	1,435	1,414	0,965	2,074
	<65	incremento di 10microgr/m3	1,086	0,969	1,217	0,887	0,667	1,179
		valore dicotomizzato*	1,003	0,496	2,03	0,619	0,074	5,208
	>=65	incremento di 10microgr/m3	0,972	0,9	1,05	1,041	0,978	1,107
		valore dicotomizzato*	0,95	0,581	1,555	1,466	0,992	2,169
lag 5	ALL	incremento di 10microgr/m3	0.978	0.919	1.041	1.030	0.970	1.094
		valore dicotomizzato*	0,658	0,42	1,031	1,349	0,926	1,964

	<65	incremento di 10microgr/m3	1,089	0,974	1,218	0,928	0,73	1,18
		valore dicotomizzato*	1,251	0,623	2,511	1,508	0,357	6,379
	>=65	incremento di 10microgr/m3	0,934	0,866	1,009	1,036	0,974	1,103
		valore dicotomizzato*	0,466	0,255	0,852	1,344	0,91	1,986
lag 0-1	ALL	valore dicotomizzato*	1.213	0.781	1.885	1.148	0.721	1.830
		incremento di 10microgr/m3	1.006	0.935	1.083	1.009	0.936	1.089
	<65	valore dicotomizzato*	1.199	0.550	2.615	2.761	0.205	37.216
		incremento di 10microgr/m3	1.028	0.899	1.176	1.203	0.882	1.641
	>=65	valore dicotomizzato*	1.243	0.728	2.123	1.132	0.704	1.820
		incremento di 10microgr/m3	0.998	0.915	1.090	1.000	0.924	1.082
lag 2-5	ALL	valore dicotomizzato*	1.497	0.922	2.430	1.978	1.231	3.181
		incremento di 10microgr/m3	1.048	0.964	1.140	1.028	0.942	1.120
	<65	valore dicotomizzato*	2.247	0.923	5.472	12.399	0.491	313.251
		incremento di 10microgr/m3	1.155	0.994	1.342	0.941	0.657	1.349
	>=65	valore dicotomizzato*	1.286	0.715	2.312	1.936	1.195	3.135
		incremento di 10microgr/m3	1.010	0.912	1.118	1.032	0.944	1.128
lag 0-5	ALL	valore dicotomizzato*	1.344	0.711	2.539	2.032	1.108	3.726
		incremento di 10microgr/m3	1.070	0.975	1.173	1.040	0.945	1.145
	<65	valore dicotomizzato*	1.112	0.305	4.061	(**)	(**)	(**)
		incremento di 10microgr/m3	1.181	0.997	1.399	1.064	0.717	1.579
	>=65	valore dicotomizzato*	1.492	0.713	3.124	2.070	1.125	3.808
		incremento di 10microgr/m3	1.030	0.922	1.150	1.041	0.943	1.150

Intervalli di Confidenza (CI) ed OR maschi e Femmine per Pm10 valore mediato nelle 24 ore considerando incremento di 10 µg/m3 e il valore dicotomizzato.

lag	ETA	So2 maxhour Multivariate- incremento 10 µg/m3 (S)					
		Maschi			Femmine		
		OR	CI 95%		OR	CI 95%	
lag 0	ALL	0,868	0,74	1,018	0,967	0,825	1,133
	<65	1,001	0,801	1,251	0,721	0,313	1,66
	>=65	0,797	0,648	0,98	0,993	0,844	1,168
lag 1	ALL	1,009	0,873	1,166	0,864	0,714	1,047
	<65	1,287	1,011	1,638	0,982	0,543	1,777
	>=65	0,859	0,691	1,068	0,857	0,701	1,048
lag 2	ALL	0,97	0,834	1,127	0,985	0,862	1,124
	<65	0,847	0,586	1,227	3	1,033	8,71
	>=65	0,995	0,847	1,17	0,968	0,838	1,119
lag 3	ALL	1,022	0,92	1,135	1,017	0,871	1,187
	<65	1,017	0,892	1,159	0,544	0,142	2,086
	>=65	1,058	0,866	1,293	1,026	0,879	1,197
lag 4	ALL	1,09	0,956	1,242	1,084	0,928	1,266
	<65	1,058	0,84	1,331	0,947	0,37	2,423
	>=65	1,109	0,946	1,301	1,089	0,93	1,274
lag 5	ALL	1,116	0,988	1,261	0,946	0,799	1,122
	<65	1,038	0,878	1,227	0,996	0,81	1,226
	>=65	1,206	1,023	1,423	0,92	0,749	1,131
lag 0-1	ALL	0,946	0,776	1,153	0,94	0,761	1,161
	<65	1,157	0,870	1,539	0,820	0,369	1,824
	>=65	0,822	0,624	1,082	0,954	0,767	1,188
lag 2-5	ALL	1,244	1	1,549	1,085	0,847	1,388
	<65	1,085	0,764	1,541	1,154	0,612	2,175
	>=65	1,412	1,049	1,9	1,082	0,827	1,416
lag 0-5	ALL	1,243	0,96	1,609	1,108	0,836	1,468
	<65	1,248	0,842	1,851	1,085	0,459	2,569
	>=65	1,261	0,894	1,781	1,127	0,832	1,527

Intervalli di Confidenza (CI) ed OR maschi e Femmine per SO2 valore massimo orario considerando incremento di 10 µg/m3.

lag	ETA	inquinante	SO2 avgday Multivariate (§)					
			Maschi			Femmine		
			OR	CI 95%		OR	CI 95%	
lag 0	ALL	incremento di 10microgr/m3	0,786	0,451	1,371	1,298	0,737	2,288
		valore dicotomizzato*	0,75	0,084	6,71	2,002	0,334	11,984
	<65	incremento di 10microgr/m3	1,205	0,527	2,754	3,089	0,248	38,412
		valore dicotomizzato*	1,5	0,136	16,542	0,596	0,282	1,258
	>=65	incremento di 10microgr/m3	0,614	0,299	1,262	1,262	0,704	2,262
		valore dicotomizzato*	(**)	(**)	(**)	1,995	0,333	11,941
lag 1	ALL	incremento di 10microgr/m3	1,091	0,621	1,917	0,857	0,468	1,569
		valore dicotomizzato*	(**)	(**)	(**)	0,75	0,084	6,71
	<65	incremento di 10microgr/m3	1,182	0,478	2,924	13,236	0,939	186,523
		valore dicotomizzato*	(**)	(**)	(**)	2,042	0,965	4,324
	>=65	incremento di 10microgr/m3	1,205	0,527	2,754	0,727	0,382	1,385
		valore dicotomizzato*	(**)	(**)	(**)	0,75	0,084	6,71
lag 2	ALL	incremento di 10microgr/m3	0,985	0,538	1,805	1,035	0,598	1,792
		valore dicotomizzato*	(**)	(**)	(**)	0,591	0,069	5,062
	<65	incremento di 10microgr/m3	1,23	0,425	3,557	2,749	0,146	51,786
		valore dicotomizzato*	(**)	(**)	(**)	2,581	1,164	5,726
	>=65	incremento di 10microgr/m3	0,897	0,43	1,87	1,001	0,57	1,757
		valore dicotomizzato*	0,844	0,676	1,054	0,589	0,069	5,043
lag 3	ALL	incremento di 10microgr/m3	1,038	0,625	1,726	0,876	0,498	1,541
		valore dicotomizzato*	1,049	0,211	5,204	0,6	0,07	5,136
	<65	incremento di 10microgr/m3	1,139	0,553	2,346	0,427	0,024	7,618
		valore dicotomizzato*	1,618	0,294	8,895	1,918	0,913	4,029
	>=65	incremento di 10microgr/m3	0,982	0,485	1,99	0,923	0,52	1,64
		valore dicotomizzato*	(**)	(**)	(**)	0,6	0,07	5,136
lag 4	ALL	incremento di 10microgr/m3	1,371	0,794	2,368	0,745	0,419	1,326
		valore dicotomizzato*	1,07	0,111	10,321	(**)	(**)	(**)
	<65	incremento di 10microgr/m3	1,735	0,666	4,521	0,78	0,035	17,592
		valore dicotomizzato*	3	0,188	47,963	1,261	0,613	2,593
	>=65	incremento di 10microgr/m3	1,238	0,635	2,412	0,749	0,417	1,347
		valore dicotomizzato*	(**)	(**)	(**)	(**)	(**)	(**)
lag 5	ALL	incremento di 10microgr/m3	1,011	0,561	1,822	0,479	0,237	0,968
		valore dicotomizzato*	(**)	(**)	(**)	(**)	(**)	(**)
	<65	incremento di 10microgr/m3	2,152	0,774	5,984	1,524	0,188	12,342
		valore dicotomizzato*	(**)	(**)	(**)	1,482	0,688	3,196
	>=65	incremento di 10microgr/m3	0,74	0,352	1,554	0,426	0,201	0,905
		valore dicotomizzato*	(**)	(**)	(**)	(**)	(**)	(**)
lag 0-1	ALL	valore dicotomizzato*	0,61	0,073	5,081	2,115	0,352	12,694
		incremento di 10microgr/m3	1,036	0,54	1,989	1,18	0,598	2,331
	<65	valore dicotomizzato*	1.236	0.128	11.925	(**)	(**)	(**)
		incremento di 10microgr/m3	1.291	0.471	3.539	15.885	0.620	407.021
	>=65	valore dicotomizzato*	(**)	(**)	(**)	2,115	0,352	12,694
		incremento di 10microgr/m3	0,928	0,399	2,158	1,05	0,517	2,133
lag 2-5	ALL	valore dicotomizzato*	(**)	(**)	(**)	(**)	(**)	(**)
		incremento di 10microgr/m3	1,597	0,752	3,394	0,716	0,325	1,575
	<65	valore dicotomizzato*	(**)	(**)	(**)	(**)	(**)	(**)
		incremento di 10microgr/m3	2.317	0.719	7.467	2.616	0.077	88.445
	>=65	valore dicotomizzato*	(**)	(**)	(**)	(**)	(**)	(**)
		incremento di 10microgr/m3	1,311	0,487	3,531	0,679	0,3	1,538
lag 0-5	ALL	valore dicotomizzato*	(**)	(**)	(**)	(**)	(**)	(**)
		incremento di 10microgr/m3	1,761	0,754	4,115	1,015	0,433	2,377
	<65	valore dicotomizzato*	(**)	(**)	(**)	(**)	(**)	(**)
		incremento di 10microgr/m3	2.783	0.740	10467	14.761	0.220	990.379
	>=65	valore dicotomizzato*	(**)	(**)	(**)	(**)	(**)	(**)
		incremento di 10microgr/m3	1,403	0,459	4,283	0,92	0,381	2,222

Intervalli di Confidenza (CI) ed OR maschi e Femmine per So2 valore mediato nelle 24 ore considerando incremento di 10 µg/m3 e il valore dicotomizzato.

(§) Regressione logistica aggiustata per fattori di confondimento (picco influenzale, festività, decremento estivo di popolazione, ondata di calore, periodi freddi).

Nota: nell'analisi multivariata per i lag cumulati i valori delle variabili di confondimento sono calcolati come media pesata

(\*\*) l'assenza di numerosità o numerosità campionaria ridotta non permette al modello statistico il calcolo di stime attendibili

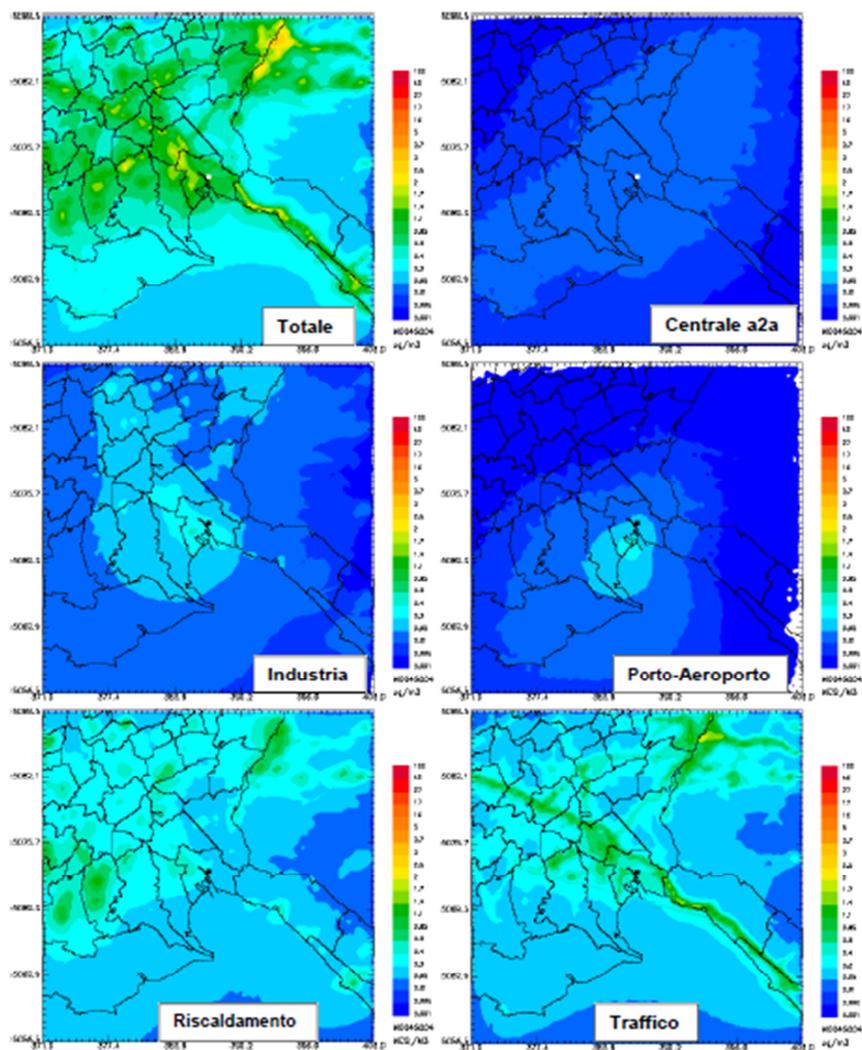
## D

# Approfondimenti

Nell'anno 2014 è stato elaborato lo studio "analisi complessiva della qualità dell'aria nel sito di monfalcone con valutazione del contributo delle diverse sorgenti emissive". La relazione si pone come obiettivo la valutazione quantitativa delle attribuzioni dei livelli di inquinamento atmosferico dovuto alle sorgenti emittenti presenti sul sito di Monfalcone e afferenti a diversi comparti (industria, traffico stradale, riscaldamento domestico, attività portuale, ecc. oltre che la centrale) ottenendo, relativamente ad ognuna delle specie inquinanti considerate, il cosiddetto 'source apportionment'. Lo studio è stato svolto da Arianet anche con il contributo delle fonti dati ARPA FVG.

Lo studio ha come obiettivo principale di rispondere alla domanda "quali sono le sorgenti emittenti presenti sul territorio che più contribuiscono ai livelli di inquinamento atmosferico locale?"

Per quanto riguarda in particolare il PM10, in figura vengono rappresentate le concentrazioni al suolo del PM10 totale e contributi separati di tutti i comparti emissivi considerati.



Concentrazioni al suolo medie annuali di PM10, totale e contributi separati di tutti i comparti emissivi considerati. Valori in µg/m3

Ricordando le finalità dello studio che riguarda il **contributo delle diverse sorgenti emissive** i valori massimi delle medie annuali di concentrazione totali mostrano valori di poco inferiori a 4 µg/m3. Tali valori risultano decisamente

inferiori rispetto ai valori tipici misurati nella zona (cfr. tabelle appendice superamenti e misure). Tale differenza è da attribuire alla concomitanza di due cause:

1. Assenza, nelle simulazioni, di particolato secondario che si forma per reazione chimica a partire dai precursori gassosi (es. solfati, nitrati, ammonio secondario organico, a partire da ossidi di zolfo, ossidi di azoto, ammoniaca ed idrocarburi);
2. Assenza, nelle simulazioni, di particolato di background emesso all'esterno e importato all'interno del dominio di calcolo.

Per ottenere una stima completa delle concentrazioni di particolato, da potersi confrontare con i valori effettivamente misurati, è quindi necessario il ricorso ad un modello Euleriano reattivo, integrante un codice di calcolo che tenga conto degli effetti delle reazioni chimiche, in grado di simulare la formazione delle componenti secondarie del particolato a partire dalle emissioni di composti primari, tenendo altresì conto, attraverso le "condizioni al contorno", dell'apporto al background da parte delle sorgenti situate al di fuori del dominio di calcolo. In tal modo è dunque possibile sia separare il contributo delle diverse componenti alle concentrazioni complessive di PM, sia ottenere una stima del ruolo delle diverse sorgenti, locali e remote, al particolato primario e secondario.

Successivo al lavoro ARIANET si aggiunge, lo studio dell'Istituto sull'Inquinamento Atmosferico del Consiglio Nazionale delle Ricerche ha svolto su commissione **uno studio ambientale finalizzato a valutare il contributo fornito dalle emissioni della Centrale Termoelettrica di Monfalcone alla concentrazione delle polveri atmosferiche nelle aree circostanti l'impianto**, ed a distinguerlo dai contributi forniti da sorgenti diverse (erosione del suolo, aerosol marino, emissioni da traffico veicolare e navale, reazioni secondarie in atmosfera, risospensione di materiale depositato a terra, ecc.). La relazione conoscitiva conclusiva è stata inviata formalmente agli enti di competenza.

L'obiettivo dello studio è stato perseguito effettuando, sia a terra, sia in emissione al camino, misure della concentrazione di massa e composizione chimica delle polveri atmosferiche di diametro aerodinamico inferiore a 10 micrometri (PM10). Le misure a terra sono state effettuate in sette postazioni, cinque delle quali appartenenti alla rete A2A-ARPA, una posta all'interno del Rione ENEL ed una posizionata lungo la direttrice della massima ricaduta (NE-SW). Sono state eseguite quattro campagne di misura, ciascuna della durata di 14 giorni, nei mesi di luglio 2014, febbraio 2015, febbraio 2016, settembre 2016. Le misure in emissione sono state effettuate durante una delle due settimane di misura di ciascuna campagna. Per la determinazione degli elementi, lo studio è stato effettuato in collaborazione con il Dipartimento di Chimica della Sapienza Università di Roma.

Le conclusioni dello studio evidenziano che nell'insieme, l'attribuzione delle polveri atmosferiche alle cinque macro-sorgenti principali mostra un quadro compatibile con un'area a modesta urbanizzazione durante periodi caratterizzati da bassa intensità dei venti. E' da sottolineare che nell'analisi non sono state considerate individualmente alcune sorgenti stagionali (ad es. riscaldamento) o locali (ad es. porti, aeroporti) che possono contribuire a determinare la concentrazione e composizione delle polveri atmosferiche nell'area considerata. E' risultato tracciabile il contributo di sorgenti tipiche del PM quali il traffico veicolare, il riscaldamento domestico, il risollevarimento di polveri terrigene, le attività industriali limitrofe. Il contributo delle immissioni direttamente imputabili all'impianto ha un'influenza molto ridotta sulle concentrazioni tipiche della zona ed è difficilmente distinguibile dal fondo; è ipotizzabile un contributo non trascurabile solo per il solfato.

E  
Risultati coorte dinamica  
discussione

---

## INCIDENZA DEGLI INFARTI MIOCARDICI ACUTI SULL'INTERA AREA DI STUDIO

### COORTE DINAMICA

La valutazione dell'impatto dell'infarto miocardico acuto nell'intera area di studio permette di avere una prima valutazione complessiva dello stato di salute dell'intera popolazione, evidenziando eventuali differenze tra maschi e femmine (mediante i tassi standardizzati d'incidenza) od eventuali differenze tra l'area in studio ed altre aree della Regione Friuli Venezia Giulia (mediante il rapporto standardizzato d'incidenza). Queste prime analisi hanno calcolato in primo luogo i diversi tassi d'incidenza standardizzati, cioè i casi di IMA avvenuti nel periodo in studio (2004-2013) ogni 100.000 abitanti, stratificati per genere (maschi, femmine) e standardizzati per età; i tassi d'incidenza standardizzati (ASR) sono calcolati sia per l'area in studio (tabella 1a) sia per un'altra area della Regione FVG, utilizzata come area di riferimento, costituita dalle Province di Pordenone, Udine e Gorizia con l'esclusione dei Comuni in studio (tabella 2a).

**Tabella 1a: tassi d'incidenza standardizzati per 100.000 abitanti (ASR) calcolati per l'intera area di studio per il periodo 2004-2013 (coorte dinamica)**

SESSO	CASI	PY	ASR	95% CI	
F	1359	451835,4	204,7	193,6	215,8
M	1368	430631,8	359,5	339,1	379,9

**Tabella 2a: tassi d'incidenza standardizzati per 100.000 abitanti (ASR) calcolati per l'area della regione FVG per il periodo 2004-2013 (coorte dinamica)**

SESSO	CASI	PY	ASR	95% CI	
F	10229	4605370,2	161,1	157,9	164,3
M	12336	4326376,1	327,5	321,5	333,5

Una seconda analisi (tabella 3a) ha voluto confrontare l'area di studio rispetto ad un'altra area del Friuli Venezia Giulia, nello specifico l'insieme delle Province di Pordenone, Udine e Gorizia con l'esclusione dei Comuni in studio, per verificare se ci fossero delle differenze in termini di casi incidenti di IMA, calcolando il rapporto tra il numero di casi osservati di IMA e il numero di casi attesi di IMA (SIR).

**Tabella 3a: Rapporto tra il numero di IMA osservati e numero di IMA attesi (SIR) nell'area in studio (coorte dinamica)**

SESSO	OSSERVATI	PY	SIR	95% CI	
F	1359	1050.6	129,4	122,5	136,2
M	1368	1303.0	105,0	99,4	110,6

## BENZENE

### COORTE DINAMICA

Le analisi sono state condotte suddividendo per terzili o quintili di esposizione la popolazione in studio. La tabella 4a mostra i tassi d'incidenza standardizzati per genere e il rapporto tra tassi d'incidenza, stratificati per i terzili dei diversi inquinanti. Nel rapporto dei tassi d'incidenza per terzili di esposizione differenti, il tasso d'incidenza di riferimento è il terzile con la più bassa esposizione, e viene confrontato con gli altri tassi d'incidenza con esposizioni crescenti, al fine di verificare se ci sono delle differenze tra le diverse aree di esposizione. La tabella 5a mostrano i tassi d'incidenza standardizzati, stratificati per genere e quintili di esposizione e il rapporto tra tassi d'incidenza, stratificati per i quintili dei diversi inquinanti.

**Tabella 4a: tassi d'incidenza standardizzati per 100.000 abitanti (ASR) e rapporto tra tassi d'incidenza (IRR) stratificati per terzili di esposizione residenziale al benzene (coorte dinamica)**

	Maschi				Femmine			
	CASI	PY	ASR	IRR	CASI	PY	ASR	IRR
<b>C<sub>6</sub>H<sub>6</sub> (µg/m<sup>3</sup>)</b>								
< 1.189	425	140520,6	322,1	1	447	148336,2	212,0	1
1.189-1.811	501	146632,0	400,4	1,36	535	152204,5	220,2	1,13
> 1.811	442	143471,9	356,4	1,22	377	151291,5	179,0	0,93

**Tabella 5a: tassi d'incidenza standardizzati per 100.000 abitanti (ASR) e rapporto tra tassi d'incidenza (IRR) stratificati per quintili di esposizione residenziale al benzene (coorte dinamica)**

	Maschi				Femmine			
	CASI	PY	ASR	IRR	CASI	PY	ASR	IRR
<b>C<sub>6</sub>H<sub>6</sub> (µg/m<sup>3</sup>)</b>								
< 0.75	252	83489,1	313,1	1	292	88778,2	218,0	1
0.75-1.42	268	87059,8	344,7	1,24	230	90312,9	195,8	1,02
1.43-1.64	296	88557,0	393,6	1,41	324	91739,7	214,4	1,09
1.65-1.97	303	89006,0	416,1	1,49	275	92692,7	202,9	1,04
> 1.97	249	82512,5	337,7	1,22	238	88308,7	189,2	0,98

Oltre all'analisi per terzili e quintili, una categorizzazione che è influenzata dalla numerosità dei casi osservati e dalla loro distribuzione, è stata condotta anche un'analisi che categorizzasse i casi esclusivamente tenendo conto di un incremento fisso di esposizione; per il benzene si è assunto come criterio un aumento di 1 µg/m<sup>3</sup>. La tabella 6a mostra i tassi d'incidenza standardizzati, stratificati per genere e categorizzati per aumenti di 1 µg/m<sup>3</sup> di benzene.

**Tabella 6a: tassi d'incidenza per i maschi standardizzati per 100.000 abitanti (ASR) stratificati per incremento di 1µg/m3 di benzene (coorte dinamica)**

	Maschi			Femmine		
	CASI	PY	ASR	CASI	PY	ASR
<b>C6H6(µg/m3)</b>						
< 1	425	140520,6	322,1	447	148336,2	212,0
1-1.99999	501	146632,0	400,4	535	152204,5	220,2
>= 2	442	143471,9	356,4	377	151291,5	179,0

## BIOSSIDI DI AZOTO (NO2)

### COORTE DINAMICA

Le analisi epidemiologiche sono state condotte suddividendo per terzili o quintili di esposizione la popolazione in studio. La tabella 7a mostra i tassi d'incidenza standardizzati (ASR), stratificati per genere i terzili di concentrazione del biossido d'azoto. La tabella 7a mostra anche il rapporto tra tassi d'incidenza (IRR), stratificati per genere, dove il tasso d'incidenza di riferimento è quello riferito alla più bassa concentrazione di biossido d'azoto. La tabella 8a mostra i tassi d'incidenza standardizzati (ASR), stratificati per genere e quintili di esposizione al biossido d'azoto, oltre che il rapporto tra tassi d'incidenza (IRR).

**Tabella 7a: tassi d'incidenza standardizzati per 100.000 abitanti (ASR) e rapporto tra tassi d'incidenza (IRR) stratificati per terzili di esposizione residenziale al biossido d'azoto (coorte dinamica)**

	Maschi				Femmine			
	CASI	PY	ASR	IRR	CASI	PY	ASR	IRR
<b>NO<sub>2</sub> (µg/m3)</b>								
< 17.18	422	139983,1	319,3	1	433	147635,8	203,8	1
17.18-19.63	498	147974,4	396,3	1,36	539	152853,8	222,7	1,19
> 19.63	448	142667,0	363,6	1,25	387	151342,6	183,9	0,99

**Tabella 8a: tassi d'incidenza standardizzati per 100.000 abitanti (ASR) e rapporto tra tassi d'incidenza (IRR) stratificati per quintili di esposizione residenziale al biossido d'azoto (coorte dinamica)**

	Maschi				Femmine			
	CASI	PY	ASR	IRR	CASI	PY	ASR	IRR
<b>NO<sub>2</sub> (µg/m3)</b>								
< 15.62	244	83611,2	313,5	1	261	88321,6	203,2	1
15.62-17.92	267	85335,6	340,1	1,22	275	90030,1	213,4	1,18
17.93-18.83	318	89583,8	421,4	1,50	328	92026,8	215,5	1,18
18.84-20.64	285	86838,2	368,3	1,32	303	91395,2	209,1	1,15

> 20.64            254      85255,7      351,1      1,27      192      90058,5      172,2      0,97

Considerati i valori assoluti e la variabilità geografica relativamente bassi per l'NO<sub>2</sub> è stata effettuata un'ulteriore analisi, stratificando la coorte in soggetti mediamente esposti a concentrazioni di NO<sub>2</sub> inferiori o superiori a 20 µg/m<sup>3</sup> (tabella 9a).

**Tabella 9a: tassi d'incidenza per i maschi standardizzati per 100.000 abitanti (ASR) stratificati per incremento di 20µg/m<sup>3</sup> di biossido d'azoto (coorte dinamica)**

	Maschi			Femmine		
	CASI	PY	ASR	CASI	PY	ASR
<b>NO<sub>2</sub> (µg/m<sup>3</sup>)</b>						
< 20	954	297791,5	357,7	1000	311098,4	213,0
>= 20	414	132833,0	364,2	359	140733,8	185,1

## POLVERI SOTTILI (PM10)

### COORTE DINAMICA

Le analisi sono state condotte suddividendo per terzili o quintili di esposizione la popolazione in studio. La tabella 10a mostra i tassi d'incidenza standardizzati (ASR), stratificati per genere i terzili di concentrazione di PM10. La tabella 10a mostra anche il rapporto tra tassi d'incidenza (IRR), stratificati per genere, dove il tasso d'incidenza di riferimento è quello riferito alla più bassa concentrazione di PM10. La tabella 11a mostra i tassi d'incidenza standardizzati (ASR), stratificati per genere e quintili di esposizione al PM10, oltre che il rapporto tra tassi d'incidenza (IRR).

**Tabella 10a: tassi d'incidenza standardizzati per 100.000 abitanti (ASR) e rapporto tra tassi d'incidenza (IRR) stratificati per terzili di esposizione residenziale al PM10 (coorte dinamica)**

	Maschi				Femmine			
	CASI	PY	ASR	IRR	CASI	PY	ASR	IRR
<b>PM<sub>10</sub> (µg/m<sup>3</sup>)</b>								
< 41.53	413	140776,3	318,6	1	484	148089,3	223,4	1
41.53-51.97	516	149301,8	383,7	1,31	495	154693,4	201,9	0,99
> 51.97	439	140546,4	380,6	1,32	380	149049,4	188,3	0,93

**Tabella 11a: tassi d'incidenza standardizzati per 100.000 abitanti (ASR) e rapporto tra tassi d'incidenza (IRR) stratificati per quintili di esposizione residenziale al PM10 (coorte dinamica)**

	Maschi				Femmine			
	CASI	PY	ASR	IRR	CASI	PY	ASR	IRR
<b>PM10 (µg/m<sup>3</sup>)</b>								
< 35.57	251	82904,7	315,5	1	289	87940,6	218,9	1
35.57-42.85	306	94836,2	362,6	1,29	303	97902,1	213,6	1,09

42.85-49.72	263	80899,5	379,3	1,36	276	83628,8	203,4	1,04
49.73-61.33	297	87956,7	369,2	1,31	283	93153,1	209,0	1,07
> 61.33	251	84027,4	384,6	1,39	208	89207,7	174,9	0,91

Anche per il PM10 è stata effettuata un'ulteriore analisi, assumendo come criterio un aumento di 10 µg/m3. La tabella 12a mostra i tassi d'incidenza standardizzati, stratificati per genere e categorizzati per aumenti di 10 µg/m3 per il PM10.

**Tabella 29: tassi d'incidenza per i maschi standardizzati per 100.000 abitanti (ASR) stratificati per incremento di 10µg/m3 di PM10 (coorte dinamica)**

	Maschi			Femmine		
	CASI	PY	ASR	CASI	PY	ASR
<b>PM<sub>10</sub> (µg/m<sup>3</sup>)</b>						
< 30	183	59543,9	324,6	205	62444,7	225,9
30-39.999	214	73450,3	317,9	251	77823,1	215,9
40-49.999	428	126742,2	386,7	414	130273,7	202,8
50-59.999	283	80697,7	376,4	272	85981,3	209,2
60-69.999	168	58474,5	410,2	147	61135,4	185,5
>= 70	92	31715,8	327,0	70	34174,1	158,2

## BIOSSIDI DI ZOLFO (SO<sub>2</sub>)

### COORTE DINAMICA

Le analisi sono state condotte suddividendo per terzili o quintili di esposizione la popolazione in studio. La tabella 13a mostra i tassi d'incidenza standardizzati (ASR), stratificati per genere i terzili di concentrazione di biossido di zolfo. La tabella 13a mostra anche il rapporto tra tassi d'incidenza (IRR), stratificati per genere, dove il tasso d'incidenza di riferimento è quello riferito alla più bassa concentrazione di biossido di zolfo. La tabella 14a mostra i tassi d'incidenza standardizzati (ASR), stratificati per genere e quintili di esposizione al biossido di zolfo, oltre che il rapporto tra tassi d'incidenza (IRR).

**Tabella 13a: tassi d'incidenza standardizzati per 100.000 abitanti (ASR) e rapporto tra tassi d'incidenza (IRR) stratificati per terzili di esposizione residenziale al biossido di zolfo (coorte dinamica)**

	Maschi				Femmine			
	CASI	PY	ASR	IRR	CASI	PY	ASR	IRR
<b>SO<sub>2</sub> (µg/m<sup>3</sup>)</b>								
< 34.62	457	142028,7	344,3	1	447	150406,0	209,5	1
34.62-37.62	455	145255,5	368,0	1,17	469	153500,4	206,1	1,07
> 37.62	456	143340,2	366,9	1,17	443	147925,8	197,2	1,03

**Tabella 14a: tassi d'incidenza standardizzati per 100.000 abitanti (ASR) e rapporto tra tassi d'incidenza (IRR) stratificati per quintili di esposizione residenziale al biossido di zolfo (coorte dinamica)**

	Maschi				Femmine			
	CASI	PY	ASR	IRR	CASI	PY	ASR	IRR
<b>SO<sub>2</sub> (ug/m<sup>3</sup>)</b>								
< 33.37	252	83921,5	313,2	1	269	89491,8	204,1	1
33.37-34.91	317	92949,4	378,1	1,35	277	97123,7	206,3	1,13
34.92-36.69	274	87852,0	369,7	1,33	290	92523,7	207,8	1,14
36.70-39.90	266	80491,0	405,2	1,47	258	84648,9	202,0	1,11
> 39.90	259	85410,5	338,9	1,22	265	88044,0	199,2	1,10

Anche per il biossido di zolfo è stata effettuata un'ulteriore analisi, assumendo come criterio un aumento di 10 µgr/m<sup>3</sup>. La tabella 15a mostra i tassi d'incidenza standardizzati, stratificati per genere e categorizzati per aumenti di 10 µgr/m<sup>3</sup> per il biossido di zolfo.

**Tabella 15a: tassi d'incidenza per i maschi standardizzati per 100.000 abitanti (ASR) stratificati per incremento di 10µgr/m<sup>3</sup> di biossido di zolfo (coorte dinamica)**

	Maschi			Femmine		
	CASI	PY	ASR	CASI	PY	ASR
<b>SO<sub>2</sub> (ug/m<sup>3</sup>)</b>						
< 30	42	18514,0	242,5	39	18642,2	200,2
30-39.999	1070	328736,5	371,8	1058	347058,3	206,5
>= 40	256	83373,9	338,4	262	86131,7	199,2