



REGIONE PUGLIA

Studio di coorte sugli effetti delle esposizioni ambientali sulla mortalità e morbosità della popolazione residente a Brindisi e nei comuni limitrofi



**CENTRO
SALUTE
AMBIENTE
PUGLIA**

MACROAREA 3 - LINEA DI INTERVENTO 3.4

Gruppo di lavoro per la conduzione di studi di epidemiologia analitica nelle aree di Taranto e Brindisi

Maggio 2017



A cura di:

Lisa Bauleo¹, Carla Ancona¹, Angela Morabito², Alessandra Nocioni², Roberto Giua², Giuseppe Spagnolo³, Susi Epifani³, Antonino Ardizzone³, Stefano Spagnolo², Francesca Intini², Tiziano Pastore², Ilenia Schipa², Maria Serinelli², Annalisa Tanzarella², Vito Petrarolo⁴, Giorgio Assennato², Lucia Bisceglia⁴ e Francesco Forastiere¹

¹ **Dipartimento di Epidemiologia, Servizio Sanitario Regionale del Lazio, ASL**

Roma 1, Roma

² **ARPA Puglia**

³ **ASL Brindisi**

⁴ **AReS Puglia, Bari**

Lo studio epidemiologico è stato condotto dal Dipartimento di Epidemiologia del Servizio Sanitario Regionale del Lazio, ASL di Brindisi, ARPA Puglia ed ARES Puglia nel quadro delle attività del Centro Salute ed Ambiente Puglia.

Si ringraziano il Dr. Alessandro Marinaccio e la Dr.ssa Stefania Massari dell'INAIL di Roma, Dipartimento di medicina, epidemiologia e igiene del lavoro e ambientale, Laboratorio di epidemiologia occupazionale e ambientale per il recupero delle informazioni sulle attività lavorative dei membri della coorte attraverso le banche dati INPS.

Cosa si sapeva già

- Studi epidemiologici descrittivi condotti nell'area di Brindisi, anche nel quadro dello studio nazionale SENTIERI, hanno evidenziato un eccesso di mortalità dei residenti per alcune forme tumorali e per le malattie cardiovascolari e respiratorie.
- E' stata suggerita un'associazione tra emissioni dall'impianto petrolchimico e frequenza di malformazioni congenite.

Cosa si aggiunge di nuovo

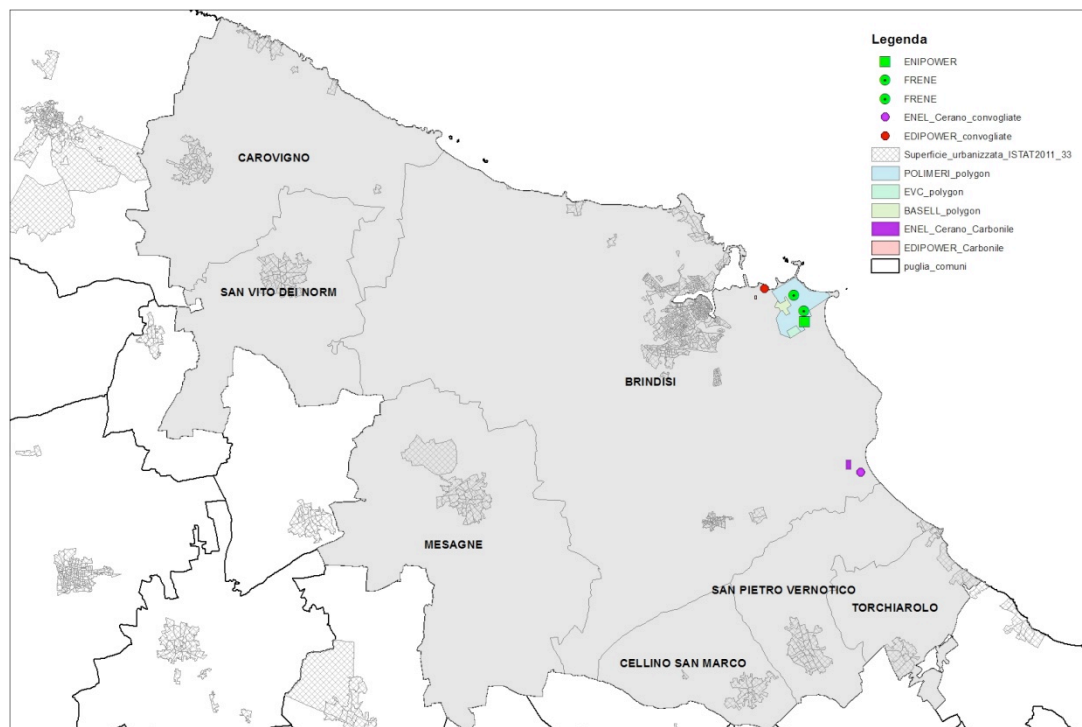
- Il quadro emissivo dagli impianti si è modificato profondamente nel periodo 1991-2014: si registrano valori molto elevati negli anni '90 e una diminuzione costante nelle decadi successive anche a seguito del fermo delle attività della centrale Edipower nel 2012
- Lo studio di coorte analitico ha esaminato, nel territorio di sette comuni brindisini, la associazione tra l'inquinamento prodotto dalle emissioni industriali degli impianti energetici e del petrolchimico e la mortalità, i ricoveri ospedalieri e l'incidenza dei tumori.
- Le emissioni industriali risultano associate ad un aumento della morbosità e della mortalità nell'area in studio: è stata riscontrata una relazione tra i livelli espositivi del passato (stimate al 1997) a PM10 ed SO2 di origine industriale (centrali termoelettriche) e COV (petrolchimico) e mortalità per cause specifiche (tumori, malattie cardiovascolari e respiratorie) ed incidenza di alcune forme tumorali (polmone). L'esame dei ricoveri ospedalieri in rapporto con le esposizioni ambientali stimate per ogni anno dello studio mostra un'associazione tra inquinanti e malattie cardiovascolari, respiratorie (centrali elettriche) e le malformazioni congenite (petrolchimico).
- L'associazione tra emissioni da centrali termoelettriche e ricoveri ospedalieri per malattie cardiovascolari e respiratorie è stata esaminata per tre periodi dello studio; 2000-2004, 2005-2009 e 2010-2013. Al diminuire delle esposizioni ambientali (e del contrasto tra i livelli di esposizione in ogni periodo) si è osservata una diminuzione della forza della associazione, pur rimanendo presente una relazione statisticamente significativa per il periodo più recente tra le emissioni da centrali elettriche e le malattie cardiovascolari e respiratorie. Dati la riduzione dei livelli di esposizione ambientale nell'ultimo periodo, è presumibile che le persone che vivono nelle stesse aree che hanno avuto una esposizione più alta nel passato continuino a manifestare effetti sanitari in rapporto alle esposizioni pregresse.

-
- I risultati dello studio suggeriscono la necessità di proseguire l'osservazione epidemiologica e l'attuazione di tutte le misure preventive atte a tutelare la salute della popolazione, compresa l'adozione delle migliori tecniche disponibili per il contenimento delle emissioni industriali

RIASSUNTO

L'area di Brindisi (comuni di Brindisi, Carovigno, Cellino San Marco, Mesagne, San Pietro Vernotico, San Vito dei Normanni e Torchiariolo, popolazione complessiva di 177,359 abitanti; dati ISTAT 2016) è da anni oggetto di attenzione per le possibili ripercussioni sulla salute della popolazione delle emissioni ambientali derivanti dagli impianti industriali presenti nell'area: lo stabilimento Petrolchimico, la Centrale Termoelettrica a servizio del Petrolchimico (ora ENIPOWER Brindisi) e le centrali termoelettriche ENEL Nord (ora EDIPOWER, non in esercizio da dicembre 2012) ed ENEL Sud (ora ENEL Produzione SpA, sita in Località Cerano – BR) (Figura 1).

Figura 1: Area in studio e localizzazione degli impianti industriali



Questo rapporto illustra i risultati dell'indagine epidemiologica condotta per valutare l'effetto cronico delle esposizioni agli inquinanti emessi dalle centrali termoelettriche e dal polo petrolchimico sulla mortalità/morbosità e l'incidenza tumorale della popolazione residente. Gli effetti delle esposizioni ambientali (dopo aver tenuto conto delle esposizioni occupazionali e del livello socio-economico) sono stati studiati utilizzando un approccio di coorte residenziale che, nell'ambito degli studi osservazionali, è quello che consente di valutare al meglio l'associazione tra una esposizione (in questo caso l'esposizione agli inquinanti industriali) e il suo effetto (mortalità/morbosità) sulla salute di una popolazione residente nei pressi di impianti industriali.

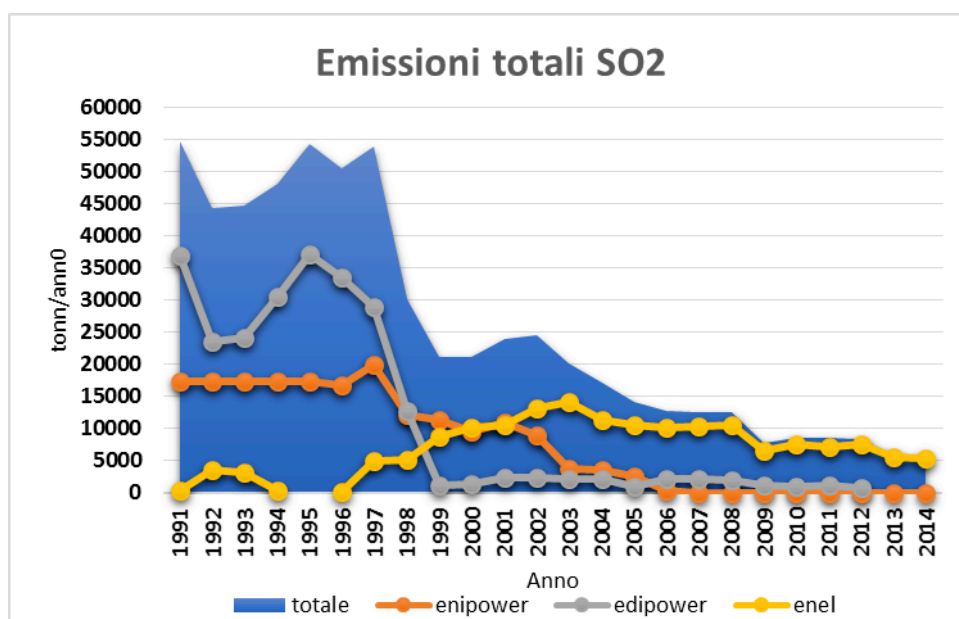
La coorte in studio è costituita da tutte le 223,934 persone residenti tra il 1 Gennaio 2000 (primo anno per il quale erano disponibili dati su supporto elettronico di tutti i comuni considerati) ed il 31 Dicembre 2013 nei comuni di Brindisi, Carovigno, Cellino San Marco, Mesagne, San Pietro Vernotico, San Vito dei Normanni e Torchiarolo i cui indirizzi di residenza, acquisiti dai registri delle anagrafi comunali, sono stati georeferenziati e inseriti in un sistema informativo geografico (GIS).

Ad ogni individuo della coorte, sulla base dell'indirizzo di residenza, sono stati attribuiti gli indicatori della esposizione alle fonti di inquinamento presenti nell'area, stimati mediante modelli di dispersione in atmosfera. Sono stati considerati come inquinanti traccianti: Particolato (PM_{10}) e Anidride Solforosa (SO_2) per le centrali termoelettriche e i Composti Organici Volatili (COV) per il complesso petrolchimico. Per ciascun residente è stata dunque ricostruita l'esposizione analizzando le emissioni degli impianti industriali relative al periodo 1991 – 2014. Per la ricostruzione degli scenari emissivi è stata condotta una complessa attività di ricerca ed analisi documentale attraverso il reperimento e la consultazione della documentazione disponibile presso il Dipartimento di Brindisi di Arpa Puglia (studi di impatto ambientale, domande di autorizzazione ai sensi del DPR 203/88, documentazione per AIA, rapporti di impatto d'area, ecc). Sono stati acquisiti, inoltre, i riscontri alle specifiche richieste di informazione e di dati storici trasmesse alle società che attualmente gestiscono il polo petrolchimico e le centrali termoelettriche, anche svolgendo sopralluoghi presso gli impianti, mirati ad acquisire ulteriori informazioni e documentazioni utili. Per ciascun anno del periodo in studio è stato dunque ricostruito lo scenario emissivo di ciascun impianto.

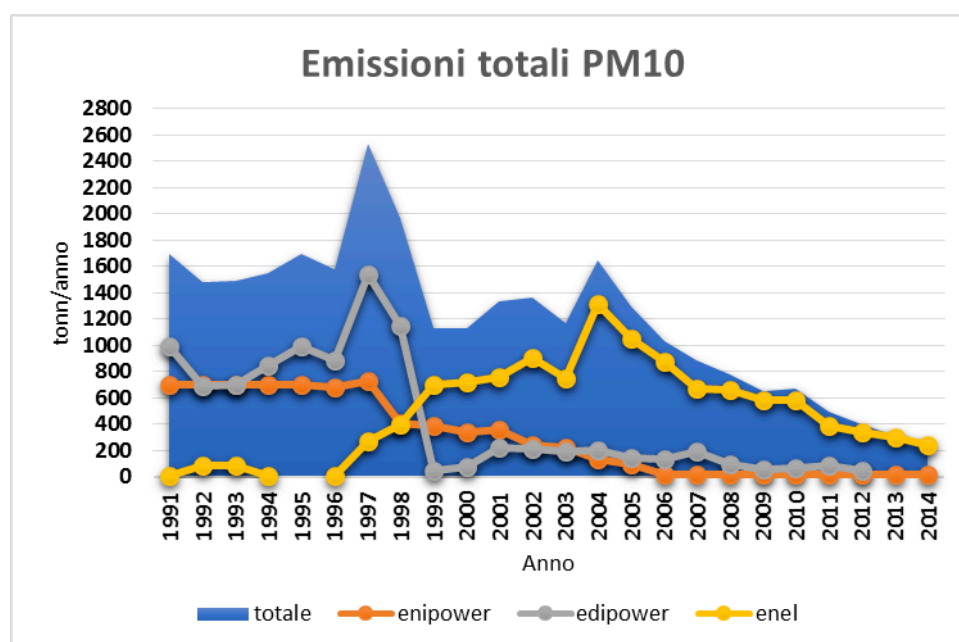
Le emissioni annuali di SO_2 (a) e PM_{10} (b) prodotte dalle centrali termoelettriche e dei COV (c) emessi dal petrolchimico sono riportate nella seguente figura (figura 2).

Figura 2 - Andamento delle emissioni di SO₂ (a) e PM₁₀ (b) prodotte dalle centrali termoelettriche e dei COV (c) da petrolchimico nel periodo 1991- 2014

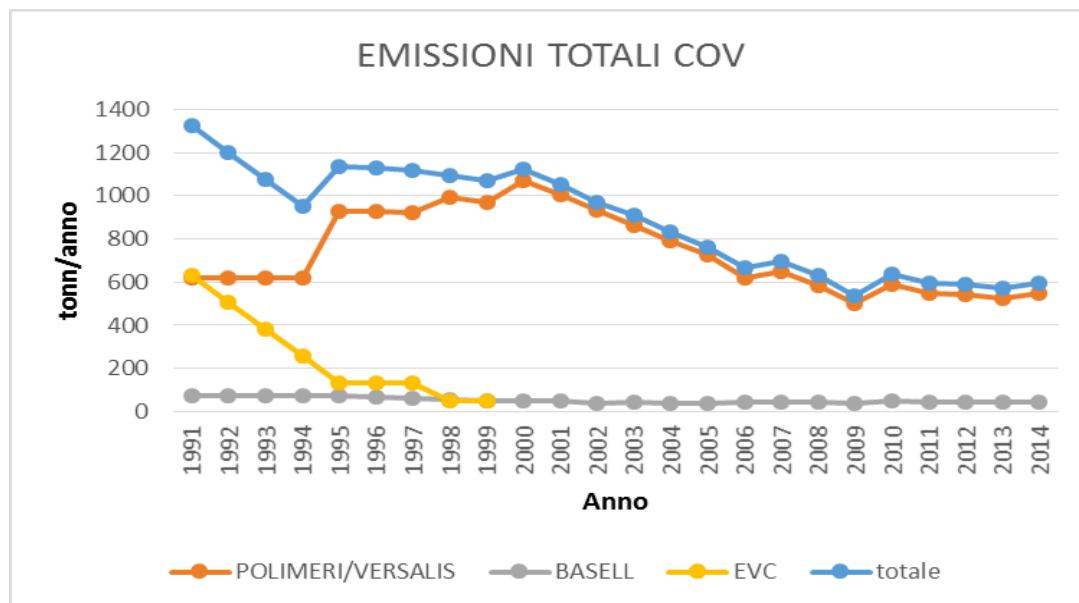
a)



b)



c)

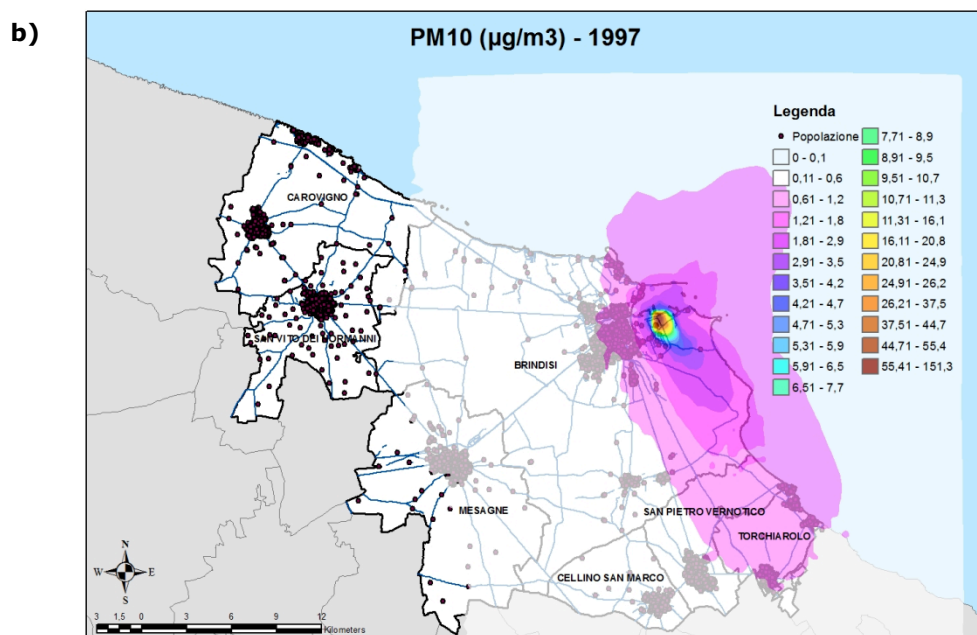
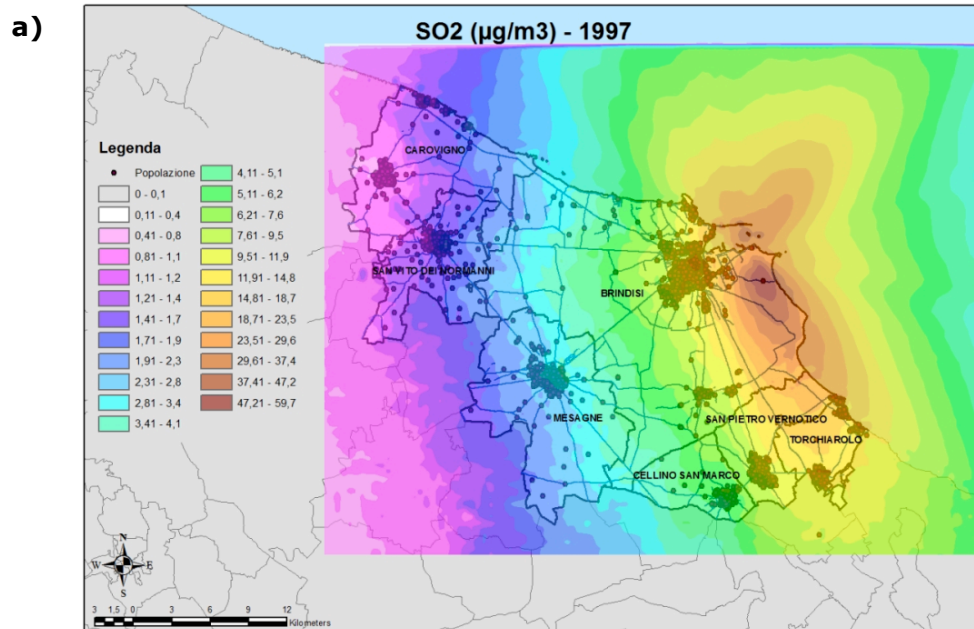


Ai fini dello studio epidemiologico sono state considerate rilevanti per l'esposizione di ciascun residente sia l'esposizione al 1997, anno che ha fatto registrare i valori emissivi più elevati nel periodo considerato, sia l'esposizione di ogni anno durante il periodo di follow-up dal 2000 al 2013 (esposizione a lag 0). L'esposizione è stata attribuita all'indirizzo di residenza registrato presso il comune al momento dell'ingresso nella coorte del singolo individuo.

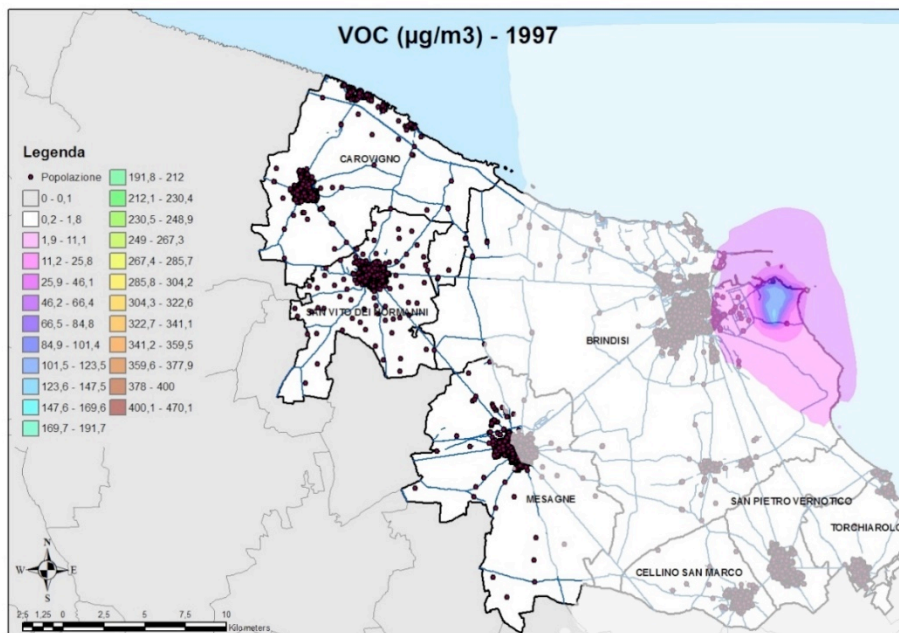
Così come suggerito dall'Agenzia Europea dell'Ambiente, per la stima dell'esposizione individuale sono stati utilizzati i modelli di dispersione degli inquinanti, che consentono di tenere conto dei meccanismi che intervengono nella dispersione delle sostanze in aria (la meteorologia e l'orografia del territorio).

Nelle mappe seguenti (figura 3) sono riportate le distribuzioni spaziali della concentrazione media annuale al suolo dei tre inquinanti traccianti SO_2 (a), PM_{10} (b) e COV (c) relative alle emissioni industriali nel 1997 stimate utilizzando il modello di dispersione Lagrangiano a particelle SPRAY. In appendice (Appendice 9 e 14) del rapporto si mostrano tutte le mappe delle concentrazioni stimate anno per anno nel periodo 1991-2014.

Figura 3 - Mappa della concentrazione media annuale totale al suolo di SO₂ (a) e PM₁₀ (b) (centrali termoelettriche) e COV (c) (petrolchimico) nell'area in studio simulata dal modello di dispersione SPRAY - Anno 1997



c)



Nelle mappe i punti neri rappresentano gli indirizzi di residenza degli individui della coorte e le aree a maggiore o minore concentrazione degli inquinanti emessi dagli impianti industriali sono identificate da bande di colori diversi. La scala cromatica utilizzata vuole dare una idea dei diversi livelli di esposizione della popolazione residente. L'esposizione media annuale della popolazione residente riflette ovviamente l'andamento temporale delle emissioni industriali. Le esposizioni medie più elevate si sono infatti osservate negli stessi anni in cui le emissioni risultavano più elevate. Al 1997, la popolazione risultava esposta ad una concentrazione media annua, stimata all'indirizzo di residenza di ciascuno individuo, di PM_{10} pari a $0.44 \mu\text{g}/\text{m}^3$, di SO_2 pari a $8.01 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (inquinanti provenienti da centrali termoelettriche) e di COV pari $0.60 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (da impianto petrolchimico). L'esposizione media di popolazione è diminuita molto negli anni fino a raggiungere valori molto bassi dal 2010 in poi.

L'informazione sullo stato in vita dei membri della coorte è stata desunta dagli archivi anagrafici comunali ed un *record-linkage* con il Registro Regionale delle Cause di Morte ha consentito di risalire alle cause di morte dei soggetti deceduti. Tutti i soggetti sono stati seguiti fino al 31 dicembre 2013, ovvero fino alla data di morte o di emigrazione. Alla fine del follow-up sono risultati deceduti 21,060 soggetti (9.4%).

Attraverso procedure di *record-linkage* con i dati dei contributi pensionistici versati all'INPS, per ogni individuo della coorte è stato possibile risalire al settore di impiego per ogni anno dal 1974. E' stato accertato che le occupazioni prevalenti nell'area sono state nei settori agricoltura (33,144 addetti), terziario (27,641), edilizia (10,109) e costruzioni

meccaniche e navali (9,270). Per tener conto di fattori relativi al contesto sociale è stato utilizzato un indicatore di stato socio-economico, disponibile a livello di sezione di censimento della residenza di ciascun soggetto della coorte.

La mortalità per causa è stata valutata per tutto il periodo 2000-2013, il ricorso alle cure ospedaliere (per le cause non tumorali) è stato analizzato per il periodo 2001-2013 mentre la incidenza tumorale è stata considerata solo per il periodo di disponibilità dei dati, 2006-2010. L'associazione tra l'esposizione ai traccianti delle fonti inquinanti e la mortalità/morbidità/incidenza tumorale della coorte è stata valutata mediante un modello di sopravvivenza di Cox che ha stimato i rischi relativi dei diversi esiti mediante un'analisi di sopravvivenza. I risultati hanno tenuto conto del concomitante effetto di fattori quali l'età, il genere, l'indicatore di stato socio-economico dei residenti e la esposizione professionale, potenziali confondenti dell'effetto dell'esposizione ambientale.

Sono stati considerati i livelli espositivi in modo diverso a seconda degli esiti indagati. Per lo studio degli effetti a lungo termine sulla mortalità per causa e sulla incidenza tumorale è stata considerata rilevante l'esposizione di ciascun residente al 1997, anno che ha fatto registrare i valori emissivi più elevati nel periodo considerato. Per la mortalità per cause non tumorali (in particolare la mortalità cardiorespiratoria che ha una latenza tra esposizione ed esito più ridotta) e per i ricoveri ospedalieri per cause non tumorali è stata considerata l'esposizione di ogni anno durante il periodo di follow-up dal 2000 al 2013 (esposizione a lag 0). E' stata infine condotta un'analisi stratificata per periodo (2000-2004, 2005-2009, 2010-2013) per valutare l'effetto delle esposizioni sulla morbidità cardiovascolare e respiratoria.

Principali risultati

Lo studio ha valutato l'effetto cronico delle esposizioni agli inquinanti emessi dalle centrali termoelettriche e dal polo petrolchimico sulla mortalità per causa della popolazione residente nell'area di Brindisi. L'esposizione stimata al 1997 (anno in cui le emissioni industriali sono risultate più alte nel periodo in studio) a PM₁₀ ed SO₂ da centrali termoelettriche è risultata associata ad aumenti del rischio della mortalità per tumori maligni, tumore del pancreas, tumore della vescica (uomini) e leucemia (uomini), eventi coronarici acuti e malattie dell'apparato respiratorio, in particolare broncopneumopatia cronica ostruttiva (BPCO). L'esposizione alle emissioni dal petrolchimico (COV, al 1997) è risultata associata alla mortalità per eventi coronarici acuti e per malattie respiratorie. Con l'esposizione tempo dipendente a SO₂ (lag 0), invece di quella fissa stimata al 1997, la relazione tra SO₂ e mortalità per eventi coronarici si conferma. Tale associazione non si apprezza più nel periodo più recente.

L'analisi del ricorso alle cure ospedaliere per l'intero periodo di studio e considerando l'esposizione annuale (lag0) ha evidenziato che alle concentrazioni più alte degli inquinanti di origine industriale, sia delle centrali sia del petrolchimico, corrispondono eccessi di ospedalizzazioni per diabete, malattie neurologiche, patologie cardiovascolari e respiratorie. La esposizione ad inquinanti da polo petrolchimico è risultata associata a ricoveri nel primo anno di vita per malformazioni congenite.

L'analisi del ricorso alle cure ospedaliere per malattie cardiovascolari e respiratorie nei tre periodi (2000-2004, 2005-2009, 2010-2013) ha mostrato effetti decisamente più marcati nel primo periodo e la presenza di un effetto residuo anche nell'ultimo periodo di osservazione, che potrebbe essere ascrivibile ad un ruolo della pregressa maggiore esposizione.

In questo studio, tutte le associazioni sono state stimate tenendo conto delle caratteristiche individuali, del livello socio-economico e dell'esposizione occupazionale dei residenti. Tuttavia, occorre osservare che le esposizioni agli inquinanti provenienti dagli impianti energetici e dal petrochimico sono moderatamente correlate tra di loro e quindi non è possibile attribuire gli effetti in maniera univoca ad un particolare impianto rispetto ad un altro.

L'analisi della mortalità per posizione socioeconomica dei residenti ha evidenziato un eccesso di rischio per malattie cardiorespiratorie tra i residenti in aree economicamente più svantaggiate (SEP basso e medio basso) rispetto ai residenti in aree con SEP elevato (al netto dell'effetto della concomitante esposizione ambientale ed occupazionale).

Alcune delle associazioni riscontrate trovano un solido conforto dalla letteratura scientifica in quanto gli inquinanti ambientali di origine industriale presenti nell'area (centrali termoelettriche e petrolchimico) sono già stati studiati in diversi contesti in ambito nazionale ed internazionale. I risultati relativi all'eccesso di mortalità cardiovascolare (eventi coronarici), specie quando si considera una latenza breve tra esposizione ed esito, così come quelli per malattie respiratorie, sono da ritenersi ben documentati dalla letteratura scientifica che ha considerato gli effetti dell'inquinamento atmosferico; le associazioni riscontrate pertanto in questo studio relativamente a queste patologie possono ritenersi molto robuste ed indicare una relazione di natura causale. L'associazione tra la esposizione agli indicatori degli impianti termoelettrici e la morbosità per patologie cardiovascolari e dell'apparato respiratorio si manifesta non solo quando si considera il quadro espositivo del 1997, ovvero il quadro espositivo annuale durante il periodo di osservazione, ma anche, pur se in misura più contenuta, quando si considera l'esposizione recente durante il periodo 2010-2013, sicuramente ridotta rispetto alle esposizioni del passato. Si tratta di un dato di sicuro interesse che può essere interpretato, dato il valore più contenuto delle esposizioni recenti, come un effetto residuo delle esposizioni del passato a cui la popolazione locale è stata esposta.

I risultati relativi alla mortalità per tumore, dove le esposizioni rilevanti sono quelle del passato (a causa dei lunghi tempi di latenza tra esposizione e malattia), sono suggestivi di un ruolo causale delle emissioni industriali, specie per l'incidenza di tumore polmonare; per il tumore della vescica e per la leucemia diversi studi hanno riconosciuto un ruolo dei fattori ambientali ed occupazionali. Meno chiari sono i risultati per il tumore del pancreas.

A completare il quadro epidemiologico, sono i risultati relativi alle malformazioni congenite in rapporto con le emissioni del petrolchimico. Per quanto l'associazione non sia più presente osservando il periodo più recente in studio, tali risultati suggeriscono un esame più approfondito della salute riproduttiva in rapporto con le emissioni industriali nel territorio.

Nel rapporto completo sono disponibili tutte le informazioni sulla metodologia impiegata per la ricostruzione storica delle emissioni dei singoli impianti (Appendice 6,7,8). E' stata inoltre preparata un'appendice al rapporto che presenta i risultati del confronto della mortalità per causa dei residenti nei diversi quartieri brindisini con quelli degli altri comuni del comprensorio (Appendice 4).

In sintesi, il lavoro di ricostruzione retrospettiva delle emissioni ha consentito di disporre di informazioni sulla esposizione della popolazione residente sin dagli inizi degli anni '90 ed è stato evidenziato un importante impatto sulla salute delle passate emissioni industriali. Si è inoltre riscontrata una criticità relativa all'impatto del polo energetico sulla morbosità cardiovascolare e respiratoria negli ultimi anni che – alla luce della riduzione delle concentrazioni degli inquinanti studiati – potrebbe essere interpretata come una conseguenza di esposizioni pregresse.

Tale criticità suggerisce l'opportunità di proseguire l'osservazione epidemiologica, garantendo contestualmente l'attuazione di tutte le misure preventive atte a tutelare la salute della popolazione residente in questo territorio, compresa l'adozione delle migliori tecniche disponibili per il contenimento delle emissioni industriali.

PREMESSA

Lo studio di coorte residenziale nell'area di Brindisi nasce nel contesto delle attività del Centro Salute Ambiente della Regione Puglia, volte a valutare la correlazione tra esposizioni ambientali attraverso tutte le matrici e gli effetti sulla salute umana, implementando specifiche attività di monitoraggio e ricerca.

Tali attività si rendono necessarie in quanto il tema della valutazione dell'efficacia delle autorizzazioni ambientali e delle prescrizioni associate in relazione specificamente alla prevenzione/riduzione degli impatti sanitari derivanti dall'attività industriale oggetto del provvedimento non è contemplato dalla procedura autorizzativa ordinaria italiana, se non in relazione al contenimento dell'inquinamento.

Ciò deriva dall'implicito convincimento che i limiti ambientali siano di per sé in grado di garantire la tutela della salute umana ed animale, laddove, viceversa, sia per i cancerogeni genotossici (come il Benzo(a)pirene, BaP), sia per il PM10 (come evidenziato nelle linee guida WHO, 2000 e 2005) non è nota la soglia al di sotto del quale si possa escludere l'insorgenza di effetti sanitari. Per il PM10 e per il PM2.5, il WHO ha ribadito nel mese di giugno 2013 nel documento "*Review of evidence on health aspects of air pollution – REVIHAAP interim report*" che, anche al di sotto dei limiti di legge previsti per il particolato, sono osservabili effetti sanitari sulle popolazioni esposte. In questo senso si esprime anche l'International Agency for Cancer Research (IARC) che nel mese di ottobre 2013 ha classificato il particolato e l'inquinamento atmosferico come sicuri cancerogeni per gli esseri umani (Monografia 109 del 2013).

Peraltro, nel documento dell'Istituto Superiore di Sanità "Ambiente e salute a Taranto: evidenze disponibili e indicazioni di sanità pubblica" si dichiara: *L'approccio valutativo proposto in questa nota intende inoltre colmare una lacuna metodologica della procedura di Autorizzazione Ambientale Integrata (AIA) di cui al D.Lgs 152/2006, che limita il suo orizzonte prescrittivo alla riduzione delle emissioni finalizzata al miglioramento della qualità ambientale e trascura gli aspetti più specificamente sanitari.*

E' evidente che, affinché i provvedimenti autorizzativi siano in grado di esercitare la loro funzione di protezione dell'ambiente in senso lato, comprendendo - come si è inteso in altri Paesi europei - esplicitamente gli aspetti sanitari, è necessario impostare attività specificamente mirate a valutare i potenziali effetti sanitari delle emissioni industriali.

Su queste basi la Regione Puglia ha promulgato la Legge Regionale 24 luglio 2012, N. 21 "Norma a tutela della salute, dell'ambiente e del territorio sulle emissioni industriali inquinanti per le aree pugliesi già dichiarate a elevato rischio ambientale".

La valutazione del rischio sanitario viene definita come la procedura per caratterizzare la natura e l'entità dei rischi sanitari dovuti a contaminanti chimici e altri fattori che possono essere presenti nell'ambiente e riconosce due approcci che possono essere combinati tra loro:

- il risk assessment, il tradizionale approccio tossicologico basato su una procedura multistep che porta a stime teoriche di rischio associate a livelli stimati di esposizione;
- la stima del carico ambientale di malattia, basata sulla produzione di evidenze epidemiologiche e di funzioni dose-risposta, nonché sulla stima di rischio sanitario in eccesso associato con differenti scenari espositivi.

I criteri metodologici messi a punto a livello regionale (Regolamento Regionale n. 24/2012), definiscono una procedura che integra i due approcci: si parte dalla definizione di una fase conoscitiva, sulla base della rassegna dei dati ambientali e sanitari disponibili; la valutazione del quadro epidemiologico funge da filtro per la prosecuzione della valutazione: se ci sono criticità sanitarie potenzialmente associate con i fattori di rischio identificati nella fase precedente si prosegue con gli step successivi, fondati sulla realizzazione di una procedura di risk assessment i cui risultati, in senso qualitativo, vengono valutati alla luce di opportune misure epidemiologiche. Se sia le stime di rischio che i dati epidemiologici evidenziano un danno, si dà seguito alle indicazioni di riduzione delle emissioni, dopo aver acquisito le osservazioni del gestore; in caso di discordanza, si procede all'approfondimento con indagini epidemiologiche mirate.

I risultati della valutazione speditiva del rischio, predisposta nel dicembre 2014 ai sensi della L.R. 21/2012, effettuata tramite le simulazioni modellistiche a partire dalle emissioni in aria degli insediamenti industriali per l'area di Brindisi, *hanno evidenziato un livello massimo per il rischio cancerogeno inalatorio pari a 30 per milione ($0,3 \cdot 10^{-4}$), ed un Hazard Index >1 per quanto riguarda il rischio inalatorio non cancerogeno.*

Per quanto riguarda il quadro epidemiologico, le stime di mortalità, ospedalizzazione e incidenza indicano la permanenza di alcune criticità sanitarie, rispetto a quanto già noto sulla base di precedenti studi e segnalano, in conclusione, la presenza di criticità in ordine alle patologie a breve latenza (cardiovascolari e respiratorie) nell'area a rischio e nel comune di Brindisi.

Tali dati mostrano pertanto:

- una concordanza tra i dati epidemiologici e il risultato della valutazione del rischio non cancerogeno inalatorio per malattie respiratorie, legato all'effetto dell'esposizione ad H₂S e ammoniaca, rilasciati dalle due discariche incluse nello studio;

- una discordanza fra il risultato della valutazione del rischio cancerogeno inalatorio e i dati epidemiologici.

Nel rapporto si conclude che si ritiene necessario procedere all'approfondimento epidemiologico sul rischio cancerogeno per via inalatoria.

Il presente studio intende pertanto fornire una valutazione degli eventuali effetti sanitari a lungo termine associati alle emissioni industriali delle centrali termoelettriche e del polo petrolchimico, con l'obiettivo di chiarire gli impatti sulla salute e supportare l'elaborazione di interventi per la prevenzione.

INTRODUZIONE

L'area di Brindisi considerata in questo studio è caratterizzata da un'elevata presenza di impianti industriali e comprende sette comuni con una popolazione complessiva di 177,359 abitanti (dati ISTAT 2016): Brindisi (88,302), Carovigno (16,615), Cellino San Marco (6,655), Mesagne (27,164), San Pietro Vernotico (13,786), San Vito dei Normanni (19,360) e Torchiarolo (5,477). Il comparto industriale e produttivo dell'area è caratterizzato dalla presenza del porto e dei due poli industriali di Brindisi, quello petrolchimico e quello energetico, insediatosi a partire dai primi anni '60 e dal conseguente indotto di aziende specializzate nelle manutenzioni (edili, metalmeccaniche, elettro-strumentali) e nei servizi. L'aeroporto militare e quello civile, il porto turistico e commerciale, un impianto di termodistruzione di rifiuti industriali (anche ospedalieri, rimasto attivo fino al 2008), aziende importanti del comparto aeronautico con discreto indotto, e alcune discariche, di rifiuti urbani ed industriali, completano il quadro complesso dei fattori di pressione ambientale al quale si aggiungono i contributi derivanti dalle emissioni del traffico veicolare e del riscaldamento civile. Nei comuni limitrofi alla città di Brindisi la presenza industriale è decisamente più limitata e l'attività economica principale è quella agricola.

L'area è da molti anni oggetto di attenzione per le possibili ripercussioni sulla salute della popolazione dovute agli inquinanti di origine industriale: con delibera del 30 novembre 1990, in base alla legge 305 del 1989, i territori dei comuni di Brindisi, Carovigno, San Pietro Vernotico e Torchiarolo rientravano nella classificazione di "area ad elevato rischio di crisi ambientale"; nel 2000 un Decreto del Ministero dell'Ambiente (DMA 04/01/2000) ha incluso l'area di Brindisi tra i Siti di Interesse Nazionale per le Bonifiche (SIN), identificando una superficie di circa 5.700 ettari di suolo e 5.600 ettari di mare includendo, oltre alla zona industriale, anche il porto e una fascia del litorale.

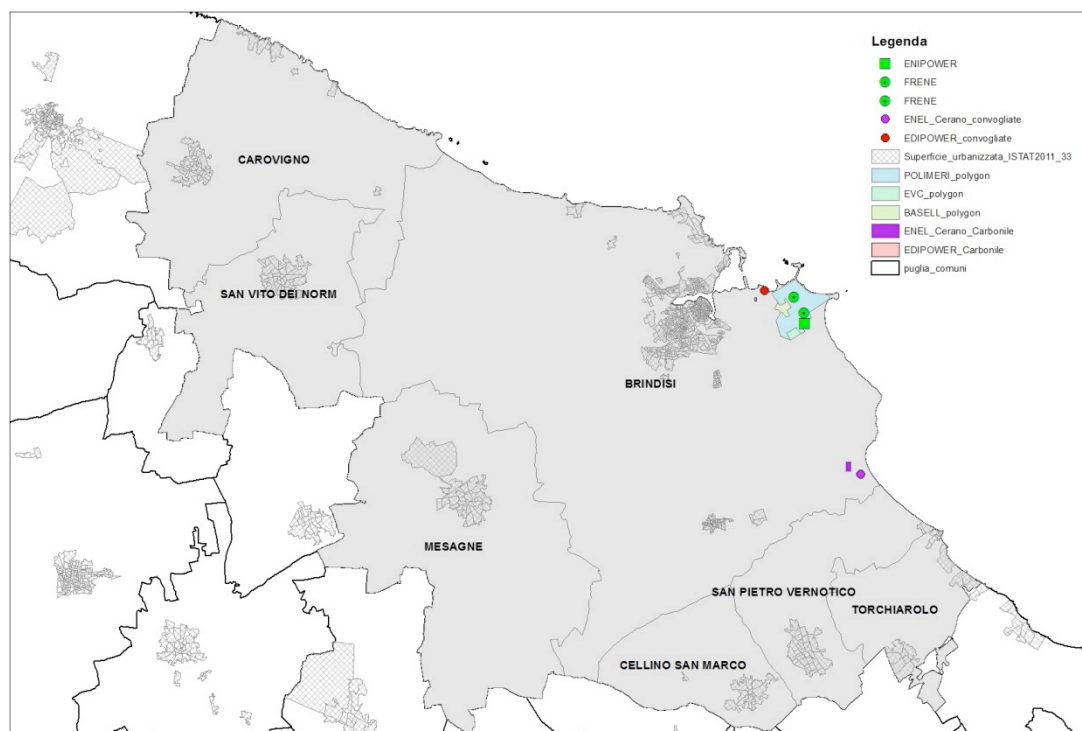
L'obiettivo di questo studio epidemiologico è quello di valutare gli effetti a lungo termine dell'inquinamento industriale, prodotto dalle centrali termoelettriche e dal polo petrolchimico, sulla morbosità e mortalità della popolazione residente nell'area. Lo studio presenta inoltre i risultati della mortalità per quartiere nel comune di Brindisi e valuta gli effetti della posizione socio-economica dei residenti.

Impianti industriali in studio

Nel periodo 1991-2014 hanno operato sul territorio brindisino tre centrali termoelettriche: la centrale a servizio del petrolchimico (ora ENIPOWER) e le centrali termoelettriche ENEL Nord (ora EDIPOWER, non più attiva dal dicembre 2012) ed ENEL

Sud (ora ENEL, sita a Cerano – BR) e uno stabilimento petrolchimico. La figura 4 illustra l'area in studio e la localizzazione degli impianti industriali.

Figura 4: Area in studio e localizzazione degli impianti industriali



La centrale ENIPOWER, attiva dal 1962, si trova all'interno del polo petrolchimico di Brindisi e assicura la fornitura dei quantitativi di energia e di vapore in ogni assetto operativo (avviamenti, emergenze, transitori, ecc.) necessari ai cicli produttivi delle società co-insediate all'interno del polo petrolchimico. Fino al 2007 la centrale del petrolchimico era costituita da 6 gruppi termici, di cui solo quattro attivi (CTE4, CTE5, CTE6 e CTE11, aventi una potenzialità termica complessiva circa pari a 1000 MWt). I gruppi potevano essere alimentati ad olio combustibile denso (OCD), gas di petrolchimico e metano. I camini della centrale non erano dotati di impianti di trattamento dei fumi. A partire dal 1996 i camini sono stati attrezzati anche con Sistemi di Monitoraggio in continuo delle Emissioni (di seguito SME). Dal 2007 è entrata in funzione la centrale a ciclo combinato con potenzialità elettrica complessiva pari a 1170 MWe, costituita da 3 gruppi alimentati a metano e gas di petrolchimico.

La centrale EDIPOWER, in esercizio nel 1969, si estendeva su un'area di 225,000 m², di cui 46,569 m² coperti. Inizialmente alimentata a OCD, tra il 1983 ed il 1986 venne avviata e completata la conversione a carbone, conservando però la possibilità di bruciare OCD come combustibile di supporto o alternativo. Tra il 1969 ed il 1975

entrarono gradualmente in esercizio le prime 3 unità termoelettriche ed una quarta unità fu avviata nel 1977. Ogni gruppo aveva potenza unitaria pari a 320 Mwe. Nel 1991 la centrale fu dotata di elettrofiltri e nel 2004 sulle sezioni 3 e 4 furono installati gli impianti di denitrificazione dei fumi (DeNOx). La centrale non è in esercizio dal mese di dicembre 2012.

La centrale di ENEL Produzione (denominata "*Federico II*") si trova in località Cerano a 12 Km da Brindisi ed è in esercizio dal 1991. È composta da quattro sezioni identiche alimentate a carbone (come combustibile primario), olio combustibile e gasolio con una capacità di 660 MWe cadauna, entrate in funzione tra il 1991 ed il 1993. Nel 1997 la centrale è entrata pienamente a regime. Su tutti e quattro i gruppi sono presenti impianti di abbattimento di Ossidi di Azoto (NOx) (denitrificazione di tipo catalitico selettivo SCR), Ossidi di Zolfo (SOx) (Desolforazione ad umido del tipo calcare-gesso) e Polveri (PM) (Captazione elettrostatica e filtri a maniche). L'impianto occupa un'area di circa 2,700,000 m², con una struttura funzionale molto complessa: due sale di comando e controllo, spazi per i trasformatori e la stazione elettrica, impianti di depurazione, parco combustibili liquidi e parco carbone, impianti ausiliari come evaporatori, impianti di trattamento delle acque reflue, opere di presa e di scarico a mare. Il nastro trasportatore del carbone, dal porto carbonifero di Costa Morena, nell'avanporto di Brindisi, con un tragitto di 13 Km, è in grado di trasferire 2,000 tonnellate di combustibile.

Lo stabilimento petrolchimico ha una estensione pari a circa 4.600.000 m² ed è situato ad una distanza di circa 5 km dal centro urbano in prossimità del mare. La storia del polo petrolchimico è particolarmente complessa poiché caratterizzata da numerosi avvicendamenti societari e/o cambi di denominazione sociale differenti anche per tipologia di ciclo produttivo. Il ciclo produttivo dell'intero stabilimento è basato essenzialmente sulla trasformazione della virgin nafta (materia prima) nei composti intermedi (etilene, propilene, frazione C4) utilizzati poi negli altri impianti dello stabilimento per la produzione dei prodotti finali (polietilene a bassa ed alta densità, butadiene, butileni, cloruro di polivinile e polipropilene). Una seconda linea produttiva, presente nello stabilimento fino al 2002, si basava sulla trasformazione delle materie prime (metano, aria, soda, anilina, formaldeide, cloro) nei prodotti MDI (MetilenDifenilIsocianato) e fosgene e nei coprodotti acido cloridrico e ipoclorito di sodio. A completamento degli impianti di produzione, lo stabilimento petrolchimico prevede tutti quei servizi che rendono autonoma la gestione degli impianti e delle strutture ausiliarie, come il parco serbatoi, la centrale elettrica, le strutture necessarie alla movimentazione delle materie prime e dei prodotti (pontile, pensiline di carico/scarico), i sistemi impiantistici per la sicurezza degli impianti e delle persone (sistemi antincendio, torce, ecc.), gli impianti di produzione e distribuzione delle utilities, ecc. Lo stabilimento importa dall'esterno, oltre alle materie prime necessarie al funzionamento degli impianti, anche il

gas naturale e l'olio combustibile per alimentare la rete combustibile, le centrali termoelettriche e l'impianto per la produzione di ossido di carbonio e di idrogeno.

Rassegna degli studi epidemiologici condotti nell'area di Brindisi

Diversi studi epidemiologici sono stati già condotti nell'area con l'obiettivo di valutare lo stato di salute dei residenti nell'area di Brindisi.

a) effetti cronici

La condizione di rischio per la popolazione alla base della definizione di area ad elevato rischio di crisi ambientale è stata inizialmente valutata attraverso indagini epidemiologiche condotte dal Centro Europeo Ambiente e Salute dell'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS), su indicazione del Ministero dell'Ambiente, e pubblicate prima nel rapporto "Ambiente e salute in Italia" del 1997 e relativo a dati del periodo compreso tra il 1981-1987, e quindi nel 2002 (numero monografico della rivista Epidemiologia e Prevenzione "Ambiente e stato di salute nella popolazione delle aree ad elevato rischio di crisi ambientale") con i dati di mortalità del quinquennio 1990- 1994 (Martuzzi, 2002). Lo studio dell'OMS (Bertolini, 1997) ha evidenziato eccessi di mortalità per tutti i tumori (incremento del 14%) e tumore polmonare (incremento del 20%). Limitatamente agli uomini sono stati inoltre segnalati eccessi di mortalità per tutte le cause e per la totalità dei tumori, in particolare per il tumore polmonare, pleurico e per i linfomi non-Hodgkin (LNH), cause compatibili con le esposizioni ambientali e occupazionali dell'area. Un'analisi spaziale delle differenze di mortalità a livello comunale, che ha utilizzato come riferimento i comuni limitrofi all'area in studio compresi in un'area circolare di 37 km con centro in Brindisi, ha confermato gli eccessi di mortalità negli uomini residenti a Brindisi per il tumore pleurico e per i linfomi non-Hodgkin.

Lo studio caso-controllo di Belli et al. (Belli, 2004), condotto nel periodo 1996- 1997 per valutare la mortalità per tumore del polmone, della pleura, della vescica e del sistema linfoematopoietico, ha messo in evidenza eccessi di rischio per il tumore del polmone, della vescica e per i tumori del sistema linfoematopoietico per le popolazioni residenti entro 2 km dal petrolchimico di Brindisi.

Uno studio di coorte occupazionale di Pirastu et al. (Pirastu, 1991) sugli addetti alla produzione e polimerizzazione del cloruro di vinile del petrolchimico di Brindisi nel periodo 1969-1984 ha evidenziato eccessi di mortalità per i tumori del sistema linfoematopoietico, per il morbo di Hodgkin e per le leucemie, per quanto basati su un numero esiguo di casi.

Uno studio geografico di Gianicolo et al. (Gianicolo, 2008) ha analizzato la mortalità a livello comunale nella provincia di Brindisi in un periodo che va dal 1991 al 2001. Tra gli uomini la mortalità totale risulta più elevata dei valori regionali di circa il 4-5%. Per le donne i livelli, superiori nel primo decennio, si allineano a quelli regionali nel secondo periodo. In

particolare, per quanto riguarda l'area a rischio, tra gli uomini, si confermano i risultati del secondo rapporto OMS: si osservano eccessi di rischio per la mortalità generale, per le malattie ischemiche, e per i traumatismi mentre tra le cause tumorali viene segnalato l'eccesso per il tumore del polmone e della prostata. Si osserva inoltre un eccesso di mortalità per malattie cerebro vascolari nel comune di Carovigno. Nel comune di Brindisi, rispetto a quanto accade nell'intera area, si rileva un eccesso di mortalità per tumore alla laringe. Nel capoluogo, inoltre, si concentrano 15 dei 18 casi di tumore alla pleura osservati nell'intera area ($SMR\%=185,6$). Il quadro della mortalità femminile appare meno compromesso rispetto a quanto si osserva tra gli uomini residenti: la mortalità generale risulta in difetto ($SMR\%=94,3$), ma si confermano eccessi cause non tumorali quali le malattie ischemiche e neuropsichiatriche. Tra le cause tumorali, si segnala l'eccesso di mortalità per tumore al sistema nervoso centrale.

Nell'ambito del progetto SENTIERI (Pirastu, 2011) è stato esaminato il SIN "aree industriali di Brindisi".

Si legge nel rapporto: *"La maggior parte delle principali cause di morte analizzate mostra, in entrambi i generi, un numero di decessi osservati simile agli attesi. Nelle donne tutte le cause, le malattie del sistema circolatorio e le malattie del sistema genitourinario, risultano in difetto rispetto alla mortalità attesa. Gli SMR calcolati non subiscono modifiche con la correzione per indice di deprivazione (ID). Per quanto riguarda le cause di morte per le quali vi è a priori evidenza Sufficiente o Limitata di associazione con le esposizioni ambientali presenti in questo SIN, in entrambi i generi si osserva un eccesso per il tumore della pleura, anche se la stima nelle donne risulta imprecisa. Da notare che l'eccesso evidenziato negli uomini non è presente dopo correzione per ID. Negli uomini si osserva, prima della correzione per ID, un difetto di mortalità per il tumore dello stomaco. E' presente un eccesso di mortalità per le malformazioni congenite, sebbene gli SMR siano affetti da imprecisione in quanto basati su pochi decessi. Rispetto alle esposizioni ambientali presenti nel SIN è possibile che la componente professionale abbia maggiormente contribuito all'aumento di rischio per tumore della pleura tra gli uomini. Tale risultato, messo in evidenza anche in altre indagini effettuate per periodi precedenti, è compatibile con le attività industriali presenti nell'area. Per le cause di morte per le quali vi è a priori evidenza Sufficiente o Limitata di associazione con le esposizioni ambientali presenti in questo SIN, la correzione per indice di deprivazione non modifica sostanzialmente gli SMR stimati. Per le malformazioni congenite risultate in eccesso è plausibile un ruolo delle esposizioni ambientali presenti nel SIN, in particolare è ipotizzabile un ruolo eziologico delle esposizioni a inquinanti prodotti sia dal petrolchimico sia dai siti di discarica. La mortalità per tumore del polmone negli uomini, evidenziata in eccesso nelle precedenti indagini, è risultata in linea con la mortalità attesa. Tra le altre cause analizzate in SENTIERI si osserva nelle donne un eccesso per il tumore della laringe, anche se con stima imprecisa [$SMR=464$ (159-1063); $SMR\ ID=381$ (130-873)]. A tale eccesso è plausibile che abbiano contribuito fumo e alcol, ma non è da*

escludere una componente occupazionale del rischio, in particolare esposizioni ad amianto e contaminanti presenti nell'area perimetrale del petrolchimico."

Un eccesso di prevalenza di malformazioni congenite, in particolare legate a malattie cardiache, è stato osservato nella città di Brindisi nello studio di Gianicolo e coll. del (Gianicolo, 2012).

Uno studio caso-controllo del 2014 (Gianicolo, 2014) sulle malformazioni alla nascita concludeva che l'esposizione a SO₂ (stimata attraverso i dati rilevati dalle centraline per il monitoraggio della qualità dell'aria) delle donne che in gravidanza erano state residenti nell'area di Brindisi risultava associato ad un incremento del rischio di malattie congenite del cuore.

Infine, uno studio condotto sulla prevalenza di broncopneumopatia cronica nella provincia di Brindisi, fondata sui dati di ricovero per patologia, ha mostrato valori più elevati nel capoluogo rispetto a quanto osservato in altre aree italiane (Bruni, 2014).

b) Effetti a breve termine

Lo studio di Serinelli e coll. (Serinelli, 2010) ha valutato l'associazione tra concentrazioni medie giornaliere di alcuni inquinanti atmosferici e le serie giornaliere di mortalità e di ricovero ospedaliero dei cittadini residenti nella città di Brindisi, nel periodo 2003-2006. I risultati mostrano che incrementi della concentrazione di PM₁₀ sono associati a incrementi percentuali del rischio di morte sia per tutte le cause naturali sia per le patologie cardiovascolari. Gli effetti sono immediati e si verificano nello stesso giorno o nel giorno successivo all'incremento dell'inquinante atmosferico. Per i ricoveri ospedalieri gli effetti sono statisticamente significativi per le malattie cerebrovascolari tra le donne e gli anziani. Risultati significativi si sono osservati anche per NO₂ per la mortalità e per i ricoveri in categorie specifiche di popolazione.

Gli effetti dell'esposizione giornaliera a PM₁₀ e NO₂ sul rischio di ospedalizzazione per malattie cardiache, respiratorie e cerebrovascolari sono stati studiati da Gianicolo e coll. (nel periodo 2001-2007) attraverso uno studio case- crossover: sono state osservate associazioni positive tra PM₁₀ e malattie cardiache e respiratorie e tra NO₂ e tutte le patologie indagate, in particolare nelle donne (Gianicolo, 2013).

Nel 2013 è stato pubblicato lo studio multicentrico italiano EpiAir-2, nel quale è stato incluso il comune di Brindisi. L'analisi dell'associazione tra inquinamento atmosferico e mortalità, per il periodo 2006-2010 è stata effettuata mediante disegno case-crossover (Alessandrini, 2013). Tra i risultati città specifici non si segnalano eccessi di rischio in relazione agli inquinanti in studio per Brindisi. Per quanto riguarda l'ospedalizzazione (Scarinzi, 2013), sono stati considerati i ricoveri ospedalieri urgenti per malattie cardiache, cerebrovascolari e

respiratorie. Per la città di Brindisi si osserva un'associazione statisticamente significativa tra NO_2 e ricoveri per malattie cardiache e respiratorie 0-14 anni al lag 0 e 0-1 mentre non si rilevano associazioni significative per gli altri inquinanti studiati.

c) Stime di impatto

Per quanto riguarda l'impatto dell'effetto a breve termine dell'inquinamento atmosferico sulla mortalità, lo studio di Baccini et. al (Baccini, 2013) riporta per la città di Brindisi una stima pari 0,16% di decessi attribuibili alle polveri sul totale delle morti per cause naturali nel periodo esaminato (2006-2009), corrispondente a 1,1 (Intervallo di Credibilità 80%: 0,5 - 1,7) decesso attribuibile per anno. Tali valutazioni sono effettuate ipotizzando uno scenario controfattuale di $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ per la concentrazione media annuale di PM_{10} , come suggerito nelle linee guida OMS.

Nello studio di Mangia e coll. (Mangia, 2015), le simulazioni modellistiche condotte hanno stimato un contributo massimo aggiuntivo di $0,38 \mu\text{g}/\text{m}^3$ di $\text{PM}_{2,5}$ primario e secondario associato alle emissioni delle centrali. Ai diversi scenari di esposizione derivanti dai modelli applicati è associato un numero stimato di decessi non accidentali compreso tra 4 e 28, con un range di incertezza statistica che va da 1 a 44.

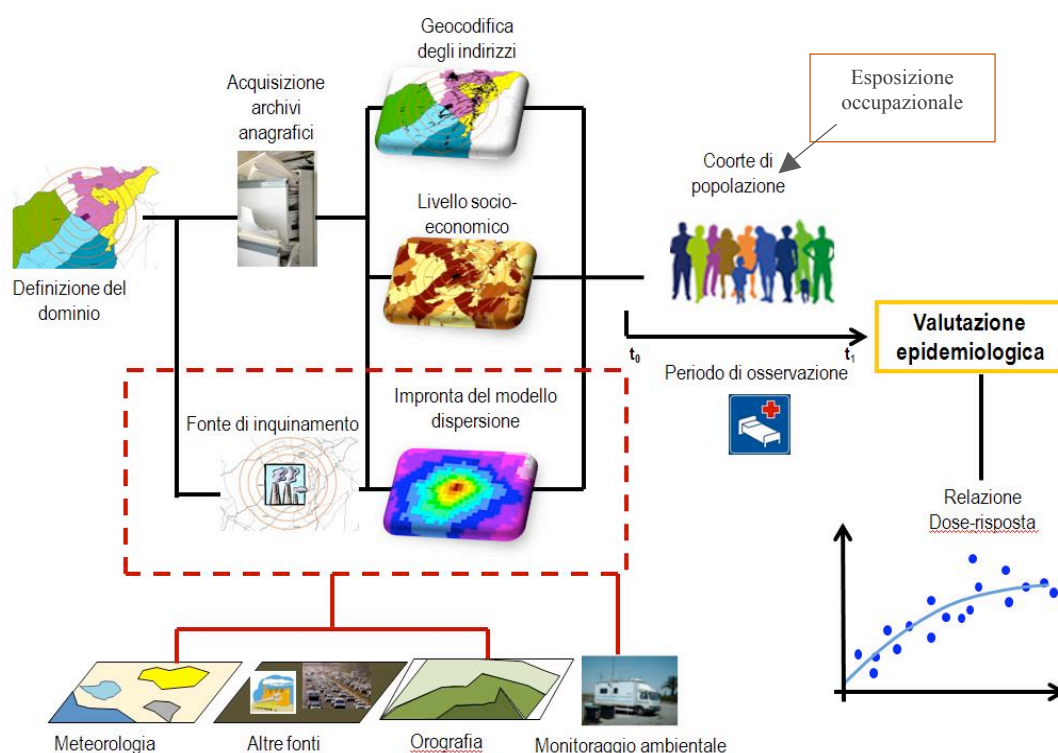
In sintesi, gli studi disponibili sugli effetti cronici relativi alla area di Brindisi indicano una variazione della mortalità per alcune cause di morte dell'intera area rispetto ad aree di riferimento diverse come considerate nei vari studi. Nessuno studio, tuttavia, ha indagato in modo analitico il ruolo delle emissioni industriali confrontando, all'interno della stessa area, popolazioni più o meno esposte alle stesse. Le indagini relative agli effetti acuti fino al 2007 hanno messo in rilievo un effetto negativo degli inquinanti nei giorni di maggiore concentrazione. Lo studio che viene illustrato di seguito considera nello specifico gli effetti cronici sulla mortalità e morbosità per causa confrontando coloro che sono esposti a più alti livelli di contaminazione ambientale rispetto a quelli che risultano meno esposti all'interno della coorte dei residenti nell'area in studio. Nei paragrafi che seguono si illustrano le metodologie impiegate (disegno dello studio) e le tecniche per la valutazione della esposizione.

Disegno dello studio

La metodologia utilizzata in questo studio è riassunta nella figura 5: essa prevede l'uso degli archivi anagrafici comunali per l'arruolamento delle coorti residenziali e i Sistemi Informativi Sanitari regionali per la definizione degli esiti sanitari (Ancona, 2014). L'esposizione viene definita sulla base dell'impronta delle concentrazioni al suolo di

specifici inquinanti considerati come traccianti di ciascuna fonte di pressione ambientale presente nel territorio: tale impronta è stimata utilizzando modelli di dispersione degli inquinanti scelti come traccianti (come indicato nel capitolo successivo). Le coorti dei residenti sono georeferenziate (attribuzione delle coordinate geografiche agli indirizzi di residenza dei soggetti inclusi nello studio), non solo per attribuire ad ognuno la misura dell'esposizione, ma anche per descrivere al meglio le caratteristiche individuali (livello socio-economico) e la realtà circostante (eventuali altri fattori di pressione ambientale presenti nel territorio). Viene inoltre utilizzata una procedura di record linkage con gli archivi INPS dei versamenti effettuati a fine pensionistici per attribuire a ciascun soggetto il settore dove ha prestato servizio e quindi un eventuale esposizione occupazionale. Queste procedure sono indispensabili per stimare l'associazione tra le emissioni derivanti dagli impianti industriali e gli esiti sanitari al netto dell'effetto del potenziale effetto confondente delle esposizioni occupazionali e del livello socio-economico dei residenti. Tutti i soggetti sono seguiti per quanto riguarda il loro stato in vita, la eventuale causa di morte, il ricovero ospedaliero o l'incidenza di tumori.

Figura 5 - Metodologia integrata dello studio epidemiologico Ambiente e Salute



Fonte: Ancona et al. *Epidemiologia & Prevenzione* 2014

Valutazione dell'esposizione della popolazione residente

La valutazione dell'esposizione della popolazione residente nei pressi di impianti industriali si basa solitamente sulla distanza tra l'impianto (un punto, nel caso di un camino, un perimetro nel caso di un porto, una linea nel caso di una strada) e la residenza del soggetto, nell'ipotesi che il rischio aumenti all'avvicinarsi alla fonte. Tale approccio non considera la complessità dei meccanismi che intervengono nella dispersione degli inquinanti in aria, dovuta principalmente alla meteorologia e all'orografia del territorio. Così come suggerito dall'Agenzia Europea dell'Ambiente, in questo studio per una migliore stima dell'esposizione individuale sono stati utilizzati i modelli di dispersione degli inquinanti, che consentono di tenere conto degli aspetti critici sopra riportati. Tali modelli producono delle mappe di concentrazione degli inquinanti, ossia una rappresentazione dell'impronta al suolo delle emissioni provenienti dall'impianto considerato.

L'esposizione della popolazione residente nel comprensorio di Brindisi è stata dunque stimata considerando le impronte al suolo degli inquinanti scelti come traccianti degli impianti in studio: Particolato (PM_{10}) e Anidride Solforosa (SO_2) per le centrali termoelettriche e i Composti Organici Volatili (COV) per il complesso petrolchimico.

Per ciascun residente del comprensorio è stata ricostruita l'esposizione all'indirizzo di residenza al 2000 (anno di arruolamento) analizzando le emissioni delle centrali termoelettriche e quelle prodotte dal polo petrolchimico per il periodo 1991 – 2014.

La metodologia messa a punto da ARPA Puglia è riportata nel dettaglio in Appendice 1. In sintesi, le azioni sono state:

- identificazione delle sorgenti emissive inquinanti;
- stima delle corrispondenti emissioni massiche annuali per i traccianti selezionati;
- elaborazione delle corrispondenti mappe di distribuzione al suolo, simulate con l'ausilio della modellistica diffusionale.

Per il polo energetico e petrolchimico sono stati identificati quali traccianti (composti utili a rivelare il comportamento/percorso di alcune classi di contaminati) quegli inquinanti che, oltre ad essere rappresentativi dei processi produttivi che hanno determinato nel tempo un rilascio ingente di emissioni inquinanti in atmosfera, garantissero un'adeguata copertura temporale nel periodo in esame. Per la ricostruzione degli scenari emissivi annuali è stata condotta una complessa attività di ricerca ed analisi documentale attraverso il reperimento e la consultazione della documentazione disponibile presso il Dipartimento di Brindisi di Arpa Puglia, consistente in studi di impatto ambientale, domande di autorizzazione ai sensi del DPR 203/88, documentazione per AIA, rapporti di

impatto d'area, ecc. Sono stati acquisiti, inoltre, i riscontri alle specifiche richieste di informazione e di dati storici trasmesse alle società che attualmente gestiscono il polo petrolchimico e le centrali termoelettriche, anche svolgendo mirati sopralluoghi presso gli impianti, al fine di acquisire ulteriori informazioni e documentazioni utili. La ricerca e l'analisi dei suddetti documenti ha consentito, tramite la ricostruzione degli avvicendamenti societari, del ciclo produttivo e dell'evoluzione impiantistica, di identificare le sorgenti emissive con le relative caratteristiche geometriche e termodinamiche e stimare i flussi massici dei traccianti considerati.

La complessità degli scenari emissivi considerati e della meteorologia dell'area in esame, caratterizzata dall'innescarsi di condizioni meteo diffusive non omogenee e non stazionarie per la discontinuità terra-mare, ha reso necessario l'utilizzo di una modellistica tridimensionale di tipo avanzato, in grado, cioè, di riprodurre realisticamente le variazioni spaziali e temporali sia del campo di moto che dei diversi regimi di turbolenza atmosferica. E' stato quindi utilizzato un sistema modellistico, incentrato sul modello lagrangiano a particelle, SPRAY, adatto a fornire una ricostruzione accurata della distribuzione spaziale locale degli inquinanti primari (Tinarelli, 1999; Giua, 2014).

Il dominio di simulazione è stato selezionato in modo da comprendere i comuni di Brindisi, Carovigno, Cellino San Marco, Mesagne, San Pietro Vernotico, San Vito dei Normanni e Torchiarolo.

Le simulazioni sono state condotte considerando quale anno meteorologico di riferimento il 2007. Relativamente a questo anno si dispone infatti del dataset meteorologico MINNI (Zanini, 2009), prodotto ad una risoluzione spaziale pari a 4km dal modello prognostico a mesoscala RAMS. Il modello SPRAY ricostruisce i campi di concentrazione orari al suolo, a partire dai quali si elaborano le mappe di distribuzione al suolo delle concentrazioni medie annuali degli inquinanti considerati.

Avendo a disposizione il database meteorologico tridimensionale per un solo anno (2007), la ricostruzione storica dell'impatto medio annuale, prodotto sia dal polo energetico che dal polo petrolchimico, è stata ottenuta per ogni anno del periodo in esame, assumendo costante la forzante meteorologica e aggiornando i flussi massici e le caratteristiche delle sorgenti emissive attive. Per alcune sorgenti emissive (ad es. le sorgenti convogliate delle centrali termoelettriche) sono state condotte più simulazioni, allorquando si sono verificate condizioni che hanno determinato una modifica nota delle caratteristiche strutturali e/o fluidodinamiche delle sorgenti. Per un dato anno e per uno specifico inquinante l'impatto medio totale, prodotto dal polo energetico o dal polo petrolchimico, è stato quindi ottenuto come somma degli impatti medi delle singole sorgenti attive.

Ricostruzione dell'evoluzione dell'impatto delle centrali termoelettriche per SO₂ e PM₁₀ nel periodo 1991-2014

Per fornire una valutazione dell'impatto prodotto dalle centrali termoelettriche sono state considerate quali sorgenti emmissive, di cui stimare le emissioni ed i relativi impatti per SO₂ e PM₁₀, sia i camini, nei quali sono convogliati i fumi di combustione, che le emissioni diffuse prodotte in termini di PM₁₀ dai carbonili per effetto dell'erosione eolica. Per quantificare le emissioni di PM₁₀ e SO₂ prodotte dalle sorgenti convogliate sono stati utilizzati, laddove disponibili, i dati misurati dai Sistemi di Monitoraggio alle Emissioni (SME) oppure sono state elaborate e/o utilizzate le stime acquisite dalla documentazione disponibile presso il Dipartimento Arpa Puglia di Brindisi (consistente in studi di impatto ambientale, domande di autorizzazione ai sensi del DPR 203/88, documentazione per AIA, rapporti di impatto d'area) nonché le informazioni trasmesse dalle società che attualmente gestiscono le centrali a seguito di specifica richiesta da parte di ARPA, o acquisite nel corso di sopralluoghi specifici presso alcuni impianti. I dati hanno consentito di ricostruire l'evoluzione dello scenario emissivo delle tre centrali a partire dal 1991, in quanto per gli anni antecedenti non erano disponibili informazioni tali da consentire una quantificazione delle relative emissioni. Per la stima delle emissioni di PM₁₀ prodotte dai carbonili per erosione eolica è stato invece utilizzato l'algoritmo AP-42, proposto da US-EPA (EPA, 2006), a partire dal quantitativo di combustibile stoccato a parco. Nelle figure 6 e 7 si riporta l'andamento delle emissioni annuali di SO₂ e PM₁₀ prodotte dalla centrale del petrolchimico nel periodo 1991-2014 (si noti che l'entità delle emissioni della centrale a ciclo combinato va riferita all'ordinata di destra).

Figura 6 – Andamento delle emissioni annuali di SO₂ prodotte dalla centrale del petrolchimico tra il 1991 ed il 2014

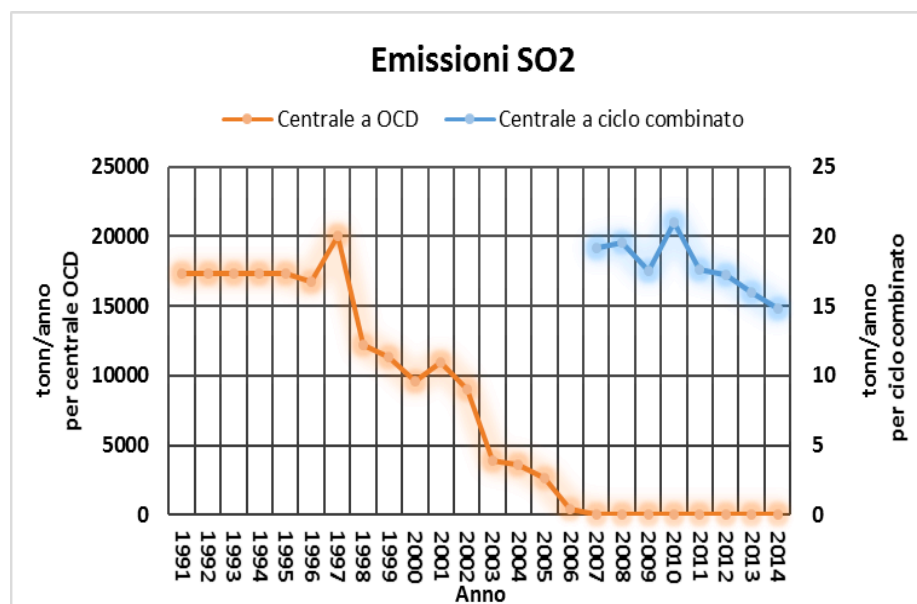
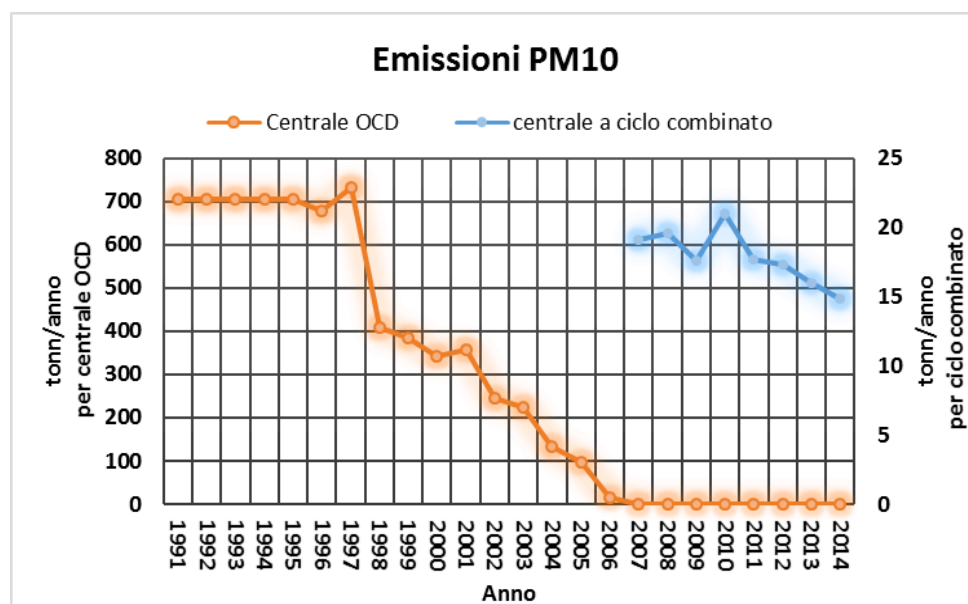


Figura 7 – Andamento delle emissioni annuali di PM10 prodotte dalla centrale del petrolchimico tra il 1991 ed il 2014



I grafici evidenziano una progressiva riduzione delle emissioni nel tempo. Mentre nel 1995 il combustibile utilizzato era in larga parte olio ad alto tenore di zolfo importato dall'esterno e oli combustibili di recupero dagli impianti di processo, successivamente è stato utilizzato OCD con contenuto di zolfo sempre minore e si è ricorso ad un maggiore utilizzo di gas naturale e gas petrolchimico. Dal 2007 le emissioni di SO₂ e PM10 si sono ulteriormente ridotte perché è cambiata la configurazione impiantistica della nuova centrale a ciclo combinato.

Nelle figure 8 e 9 si mostra l'andamento nel periodo di interesse (1991-2014) sia delle emissioni annuali di PM10 e SO₂ prodotte dalle sorgenti convogliate che delle emissioni di PM10 prodotte dal carbonile della centrale EDIPOWER (EX Enel Nord). Per gli anni compresi tra il 1991 ed il 1994 sono state considerate, quali emissioni massiche convogliate di SO₂ e PM10, le stime del rapporto ENEA (Rapporto ENEA, 1995), ricavate sulla base dei dati riepilogativi di esercizio dei rispettivi anni. Per gli anni compresi tra il 1995, 1996 ed il 1997 le stime emissive sono state acquisite da uno studio di impatto ambientale (D'Appolonia, 2003). Dal 1998 in poi le emissioni considerate sono quelle misurate dallo SME. La stima delle emissioni diffuse del carbonile, prodotte dall'erosione eolica, sono state calcolate a partire dal quantitativo di carbone stoccato a parco. Tale informazione, fornita direttamente dal gestore (Nota Edipower, 2015) per il periodo 2003 – 2006, è stata invece stimata nel periodo 1995 – 2003 a partire dal consumo annuale di carbone (D'Appolonia, 2003). Non avendo invece informazioni relative al periodo 1991-1994, si è assunto che il quantitativo annuale di carbone stoccato a parco coincidesse per ogni anno con quello stimato per il 1995.

Figura 8 – Andamento delle emissioni annuali di SO₂ prodotte dalla centrale Edipower tra il 1991 ed il 2014

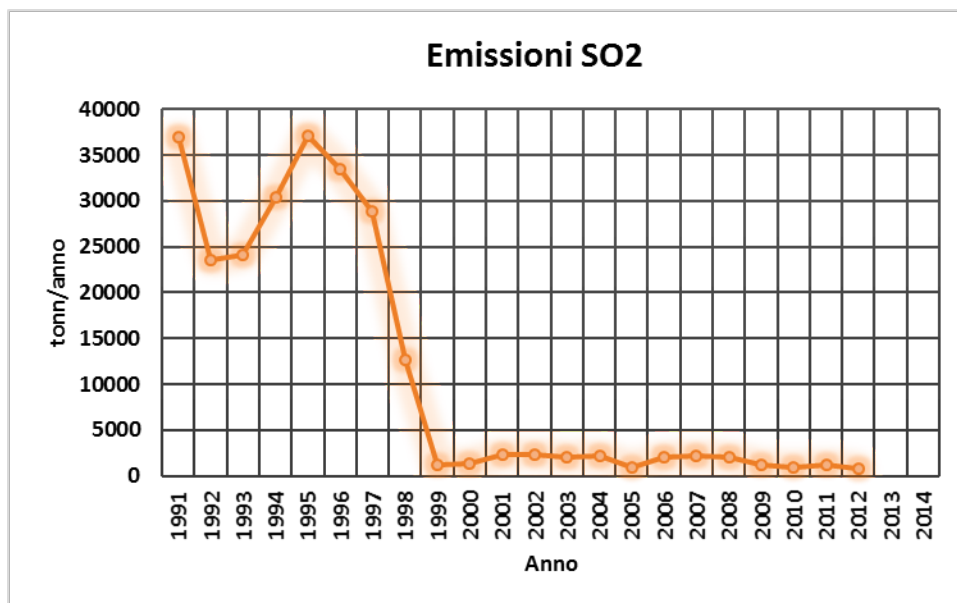
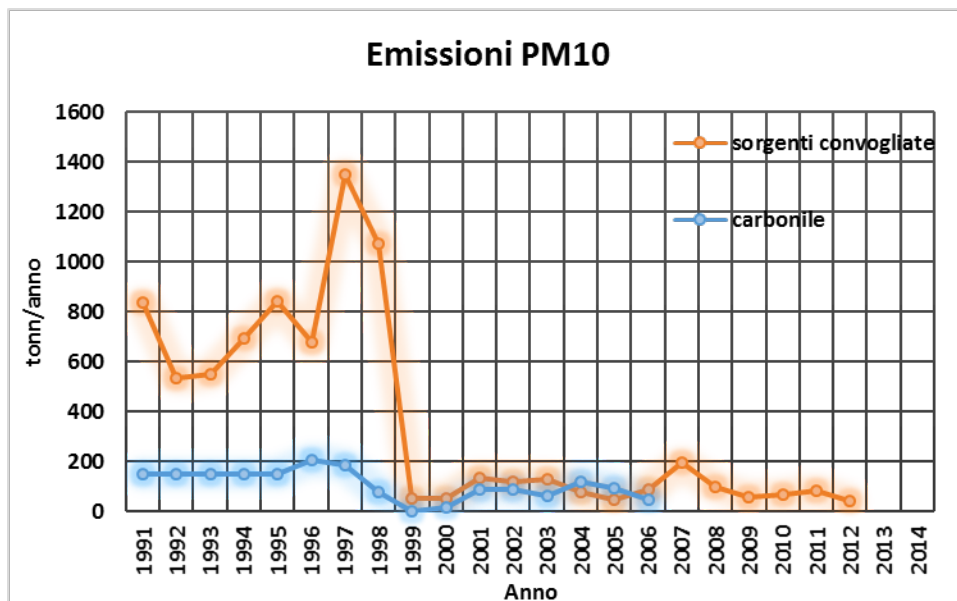


Figura 9 – Andamento delle emissioni annuali di PM10 prodotte dalla centrale Edipower tra il 1991 ed il 2014



L'andamento delle emissioni annuali convogliate di SO₂ e PM10 mostra una rapida riduzione nel periodo compreso tra il 1997 ed il 1999: ciò è dovuto sia ad una diminuzione della produzione sia all'utilizzo di combustibili (OCD e carbone) con un tenore di zolfo sempre minore.

Nelle figure 10 e 11 si mostra l'andamento nel periodo di interesse (1991-2014) sia delle emissioni annuali di PM10 e SO₂ prodotte dalle sorgenti convogliate che delle emissioni di PM10 prodotte dal carbonile della centrale Enel Produzione (Ex Brindisi Sud). Dal 1998 in poi le emissioni considerate sono quelle misurate dallo SME. Quali emissioni di SO₂ e PM10 sono state utilizzate fino al 1994 le stime del rapporto ENEA (Rapporto ENEA, 1995), ricavate sulla base dei dati riepilogativi di esercizio dei rispettivi anni. Negli anni 1994 e 1995 l'attività della centrale fu sospesa a seguito dell'ordinanza del Comune di Brindisi n.2749 del 18/01/1994. Le stime emissive relative agli anni 1996 e 1997 sono state acquisite dal rapporto ambientale (Rapporto ENEL, 1998).

Figura 10 – Andamento delle emissioni annuali di SO₂ prodotte dalla centrale ENEL tra il 1991 ed il 2014

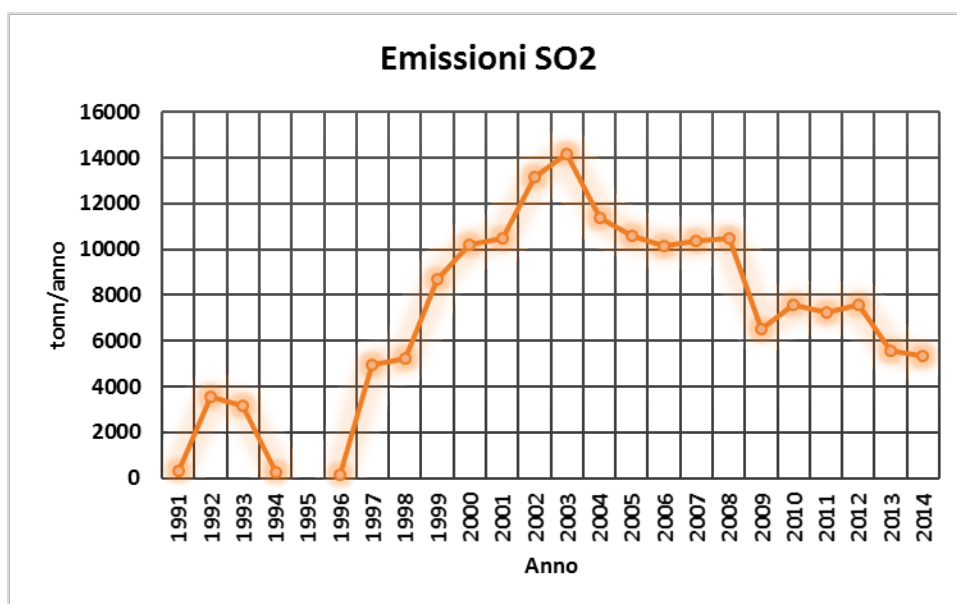
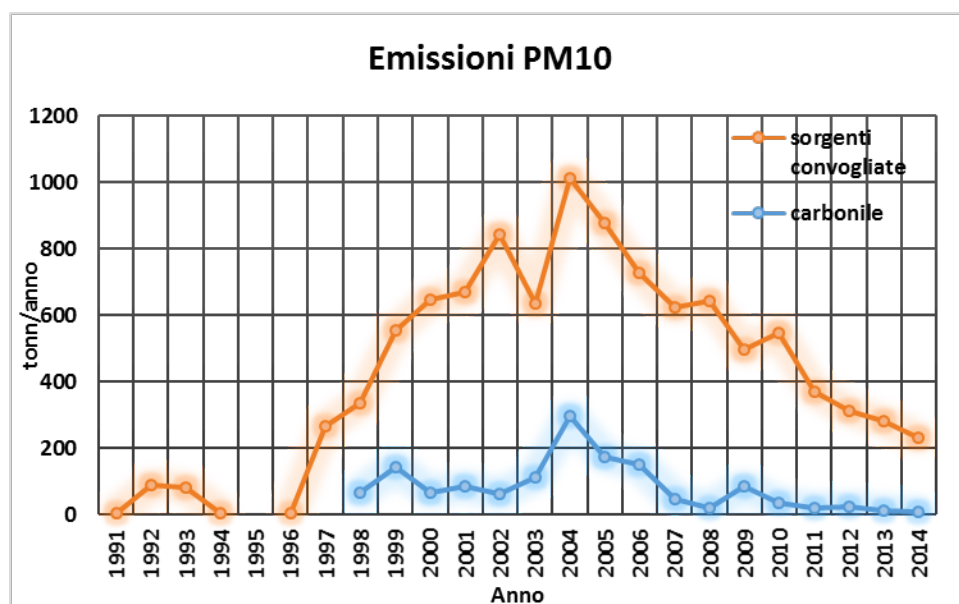


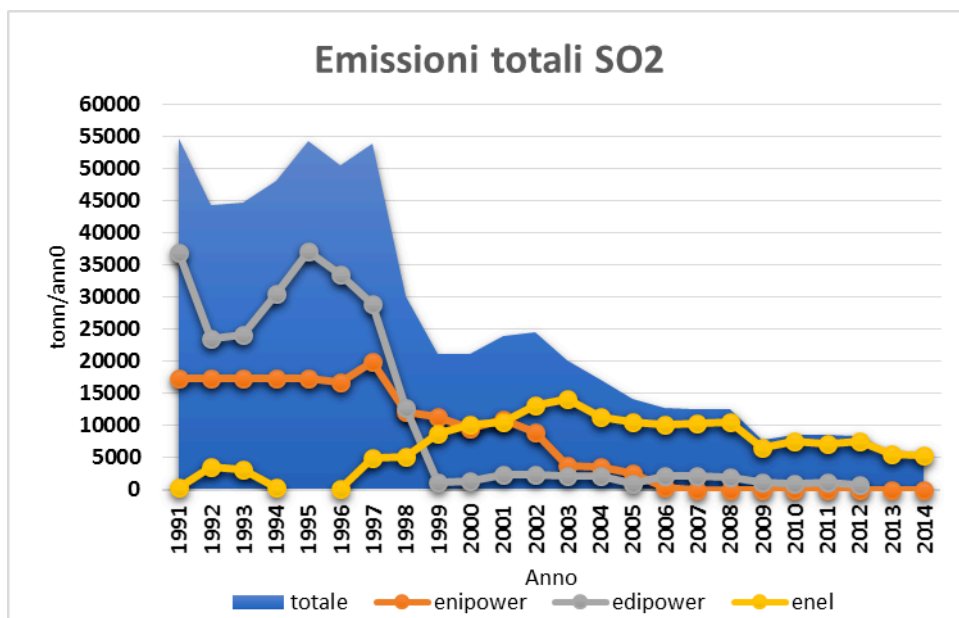
Figura 11 – Andamento delle emissioni annuali di PM10 prodotte dalla centrale ENEL tra il 1991 ed il 2014



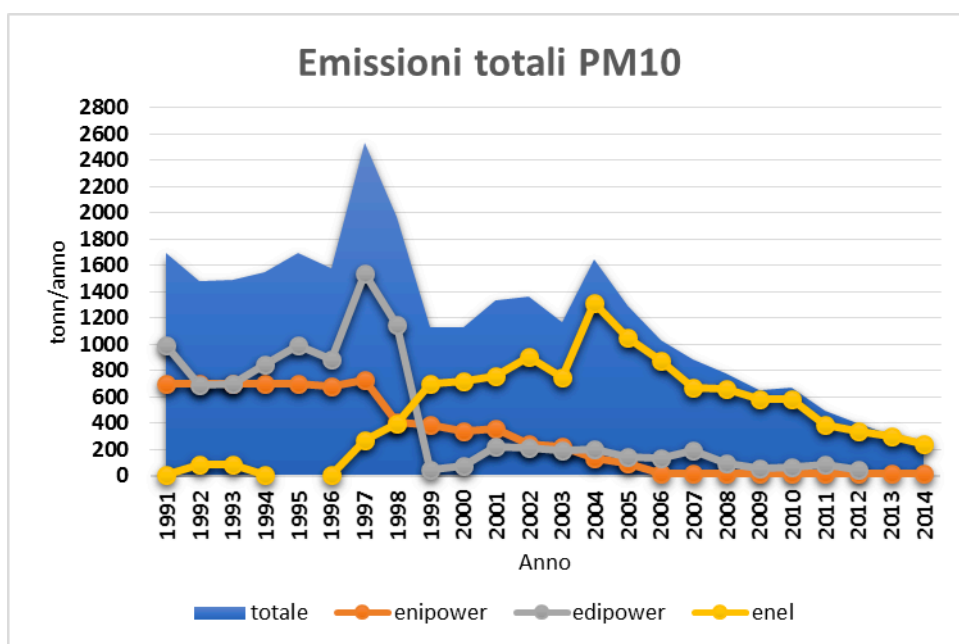
Le emissioni diffuse prodotte dal carbonile sono state stimate dal quantitativo annuale di combustibile stoccato a parco, fornito dal gestore (Nota ENEL, 2015). Dal 2007 in poi tali emissioni tendono a ridursi poiché ENEL avvia una serie di attività, atte al contenimento della polverosità. Al fine di confrontare l'entità e gli andamenti delle emissioni totali prodotte da tutte le centrali nel periodo in esame, si riportano nella figura 12 le emissioni di SO₂ (a) e PM₁₀ (b).

Figura 12 – Andamento delle emissioni totali di SO₂ (a) e PM₁₀ (b) prodotte tra il 1991 ed il 2014

a)



b)



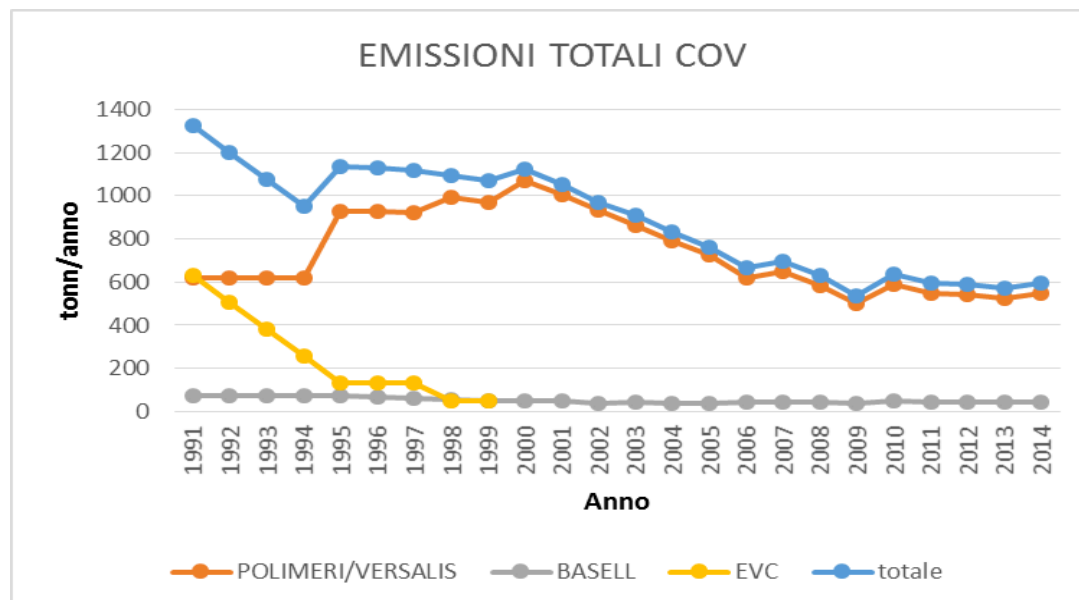
Ricostruzione dell'evoluzione dell'impatto del petrolchimico per COV nel periodo 1991-2014

Le emissioni gassose prodotte dal polo petrolchimico costituiscono un fattore di impatto ambientale di notevole entità, dovuto in gran parte alla dimensione del complesso produttivo ed alla tipologia dei più importanti processi previsti dal ciclo di lavorazione, che utilizzano il cracking termico come operazione di base e che prevedono l'uso di composti inquinanti e pericolosi come materia prima o composti intermedi per la produzione di alcuni polimeri (Rapporto ENEA, 1995). Quale tracciante da utilizzare per valutare l'esposizione della popolazione alle emissioni prodotte dalle attività del petrolchimico è stata scelta quindi la classe dei Composti Organici Volatili (COV) sia perché in essa ricadono buona parte delle precedenti sostanze inquinanti, sia perché relativamente a tale classe le informazioni disponibili erano tali da garantire un'adeguata copertura temporale del periodo in esame.

I database emissivi utilizzati per ricostruire le emissioni annuali di COV attribuibili al polo petrolchimico nel periodo 1991 – 2014 sono riportati nel dettaglio in appendice (Appendice 12).

Nella figura successiva (figura 13) si mostra l'andamento nel periodo di interesse (1991-2014) delle emissioni annuali di COV prodotte dal polo petrolchimico.

Figura 13 – Andamento delle emissioni annuali di COV prodotte dalle aziende del petrolchimico tra il 1991 ed il 2014



Ricadute al suolo degli inquinanti scelti come traccianti degli impianti industriali

Nelle figure 14 e 15 si mostra la distribuzione spaziale della concentrazione media annuale al suolo per SO₂ e PM₁₀, prodotta dalle emissioni delle tre centrali del 1997 (anno di massima emissione) e simulata dal modello lagrangiano a particelle SPRAY.

Figura 14 - Mappa della concentrazione media annuale totale al suolo di SO₂ nell'area in studio simulata dal modello di dispersione SPRAY - Anno 1997

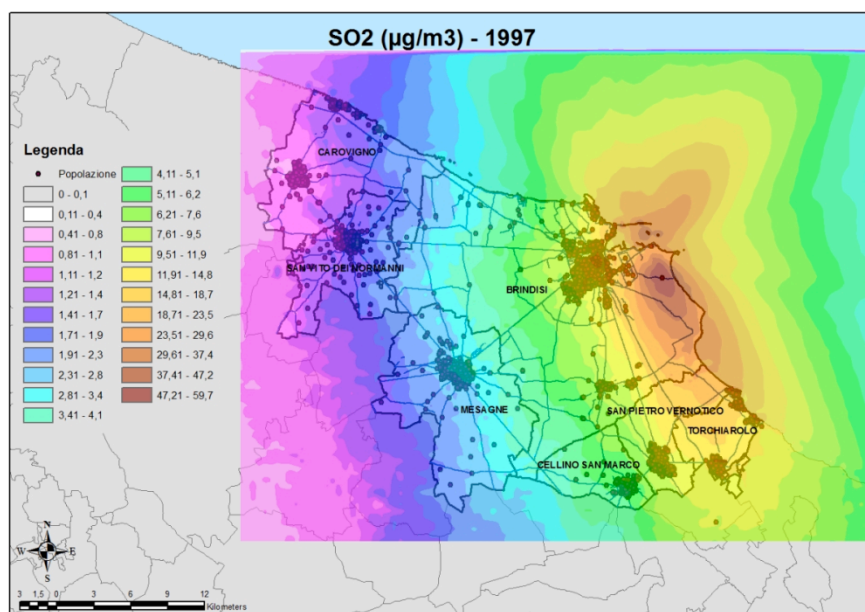
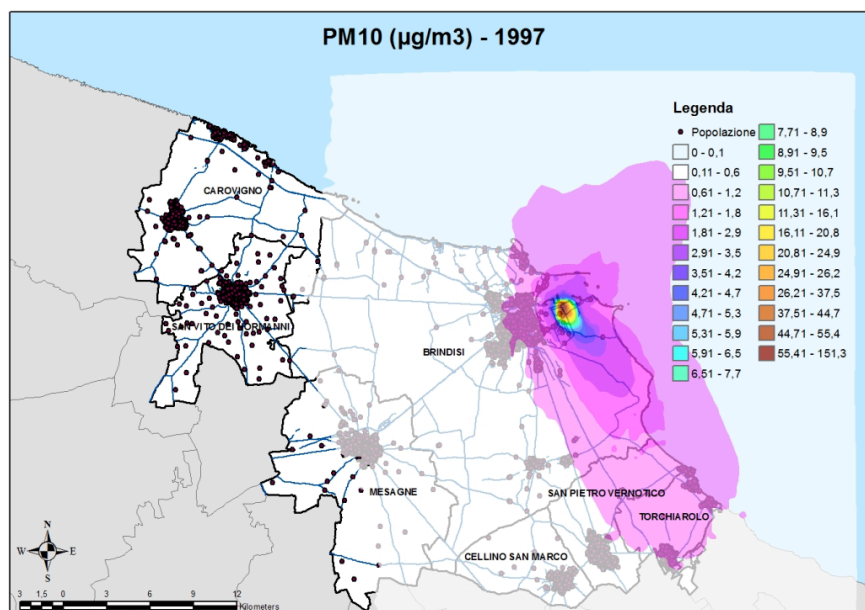


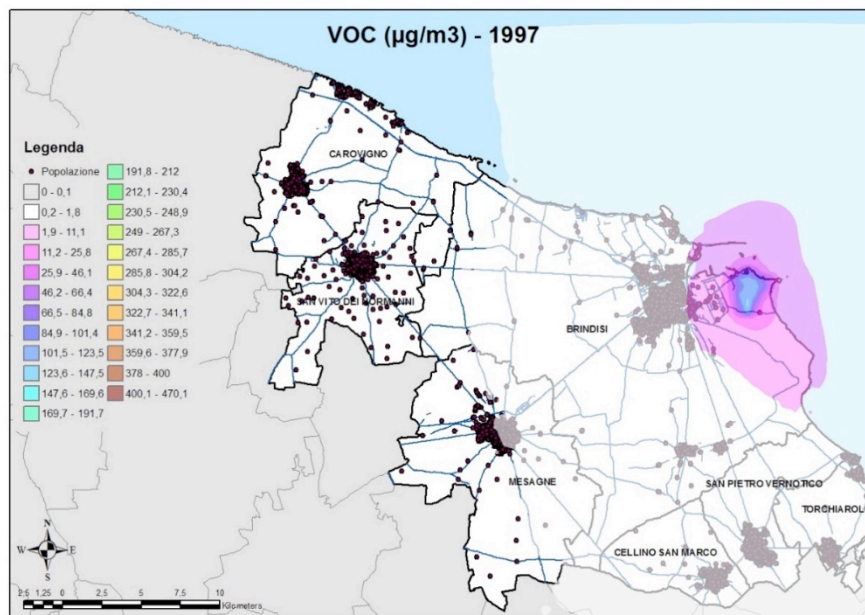
Figura 15 - Mappa della concentrazione media annuale totale al suolo di PM₁₀ nell'area in studio simulata dal modello di dispersione SPRAY - Anno 1997



Nell'appendice 9 si riportano le mappe della concentrazione media annuale totale di PM10 e SO₂ prodotta dalle centrali termoelettriche per tutti gli anni compresi tra il 1991 ed il 2014.

Nella figura 16 si mostra la distribuzione spaziale della concentrazione media annuale al suolo di COV, prodotta dalle emissioni del petrolchimico relative al 1997.

Figura 16 - Mappa della concentrazione media annuale totale al suolo di COV nell'area in studio simulata dal modello di dispersione SPRAY - Anno 1997



Nell'appendice 14 si riportano le mappe della concentrazione media annuale totale di COV prodotta dal polo petrolchimico per tutti gli anni compresi tra il 1991 ed il 2014.

In tutte le mappe la scala cromatica utilizzata suggerisce le aree a maggiore o minore concentrazione degli inquinanti emessi dagli impianti industriali. È importante sottolineare che i valori medi annuali di concentrazione ottenuti sono affetti, come già detto, da incertezza a causa delle assunzioni tipiche dell'approccio modellistico (qualità dei dati input, incertezza nella descrizione della dinamica e chimica dell'atmosfera, ecc.). A riguardo è opportuno evidenziare che ai fini dello studio di coorte, più che i valori assoluti delle concentrazioni sono importanti i relativi gradienti spaziali di esposizione della popolazione tra un punto ed un altro dell'area di ricaduta.

Definizione della coorte, georeferenziazione e follow-up

Lo studio è stato condotto con un approccio di coorte residenziale basato sulla popolazione residente nell'area a partire dal 2000, il successivo *follow-up* dello stato in vita a livello individuale, e la stima dei rischi di mortalità, di ricovero ospedaliero e di incidenza tumorale. L'approccio di coorte è ritenuto in epidemiologia quello in grado di valutare in maniera più valida il nesso eziologico tra una esposizione e lo stato di salute di una particolare popolazione esposta. In questo approccio, tutti i soggetti residenti nell'area vengono seguiti nel tempo rispetto alla esposizione di interesse specificatamente definita minimizzando le possibilità di distorsione. A differenza degli studi di carattere ecologico per comune o per aggregati di sezione di censimento, che usano al numeratore la frequenza degli eventi e al denominatore una stima della popolazione residente (dati ISTAT), nello studio di coorte di popolazione il calcolo degli indici epidemiologici (mortalità, morbosità) ha al denominatore il tempo persona (anni-persona) esatto in cui i soggetti della coorte sono stati a rischio di sviluppare gli esiti in studio.

Le esposizioni considerate in questo studio sono le concentrazioni di PM₁₀ e SO₂ (emissioni primarie) generate dalle centrali termoelettriche e le concentrazioni di COV per il complesso petrolchimico. Tali concentrazioni stimate all'indirizzo di residenza di ciascun individuo della coorte (mediante i modelli di dispersione) rappresentano le esposizioni a livello individuale.

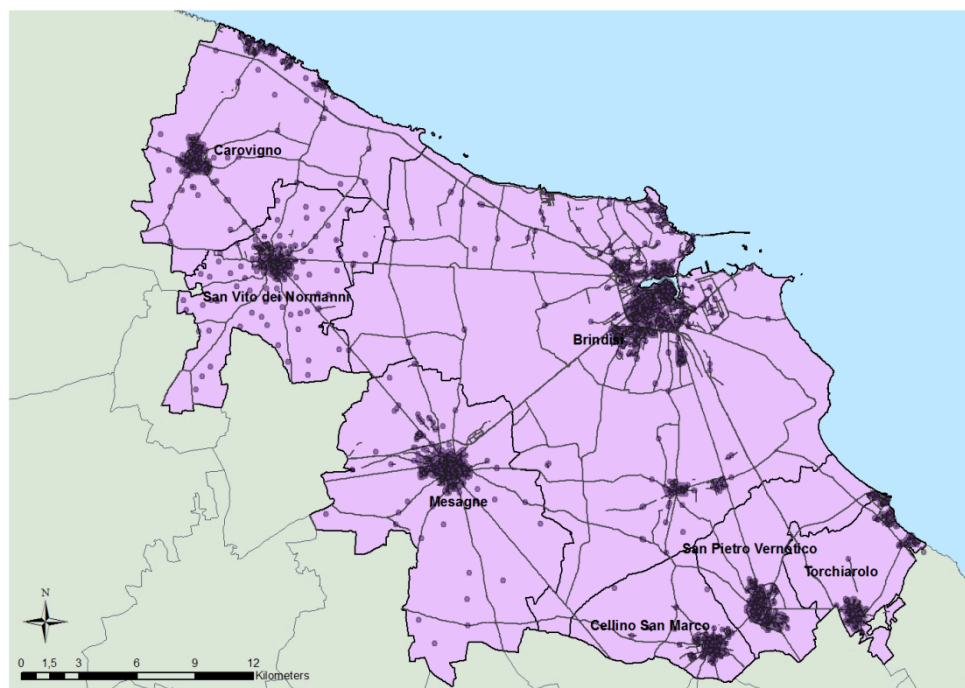
Agli uffici anagrafici dei comuni di Brindisi, Carovigno, Cellino San Marco, Mesagne, San Pietro Vernotico, San Vito dei Normanni e Torchiarolo è stata inviata una lettera di richiesta dati della popolazione residente al 1 gennaio 2000 e di tutte le persone entrate (per nascita o immigrazione) fino al 31 dicembre 2013. E' stato inoltre chiesto un elenco di tutti coloro che sono usciti dal comune (per morte o emigrazione) nel periodo in studio. Il 1 gennaio 2000 è stato scelto come data di inizio dello studio e del follow-up perché, a partire da quella data, tutti i comuni dell'area avevano la disponibilità degli archivi su supporto informatico. Per ogni residente sono state richieste le informazioni anagrafiche, l'indirizzo di residenza e tutte le date relative ad eventuali movimenti da e per il comune (data di emigrazione, immigrazione). Sono stati richiesti anche i cambiamenti di residenza all'interno dello stesso comune se disponibili. I dati inviati dagli uffici anagrafici sono stati sottoposti a controlli di qualità per testare la completezza e la coerenza delle informazioni. Si è dunque proceduto con l'aggiornamento e verifica delle informazioni individuali di decesso e/o movimenti migratori tra i comuni dell'area e fuori dai comuni.

La popolazione dei comuni interessati è stata georeferenziata mediante l'utilizzo del programma ArcGis. Per georeferenziazione si intende l'attribuzione ad un indirizzo dell'informazione relativa alla sua dislocazione geografica. Nella figura 17 è riportata la

distribuzione geografica della coorte dei residenti nell'area di Brindisi, mentre la tabella 1 riporta i risultati delle procedure di geocodifica per comune. In sostanza, su un totale di 223,934 persone appartenenti alla coorte ne sono stati georeferenziati 219,884 (98%). In termini percentuali, il comune di Brindisi ha avuto la percentuale di georeferenziati più elevata mentre quello di Carovigno quella più bassa.

Per valutare lo stato in vita dei membri della coorte sono stati usati i dati presenti nelle anagrafi comunali e il registro nominativo delle cause di morte della provincia di Brindisi (ReNCaM) (che include tutti i decessi della popolazione residente nella provincia). I soggetti sono stati considerati a rischio dalla data di ingresso nella coorte fino alla loro morte o fino all'emigrazione dalla regione o fino alla fine del follow-up (31 dicembre 2013). L'attribuzione della causa di decesso è stata effettuata attraverso una procedura di record linkage con RenCaM. Particolare cura è stata posta ai soggetti emigrati dai comuni oggetto dell'indagine per stabilire la data di fine di follow-up. Avendo a disposizione il Registro Nominativo delle Cause di Morte regionale dal 2000 al 2010 e l'Anagrafe Assistiti della Provincia di Brindisi con sua integrazione storica al 2015, è stato possibile il recupero delle informazioni di alcuni dei soggetti emigrati dai comuni dell'area in studio. Grazie a questa procedura è stato possibile recuperare 141 soggetti deceduti e 9,502 individui, non più residenti nell'area in studio ma vivi e assistiti nella regione, riducendo sensibilmente il numero dei persi al follow-up. Poiché la possibilità di essere trovato "deceduto" nel ReNCaM Puglia era tuttavia limitata al periodo 2000-2010, anche per i soggetti emigrati e trovati vivi nell'Anagrafe Assistiti la fine del follow-up è stata fissata al massimo al 31/12/2010. In sintesi, su un totale di 223,934 soggetti appartenenti alla coorte, sono stati riscontrati 21,060 (9.4%) deceduti, 179,831 (80.3%) soggetti erano vivi alla fine del follow-up al 31-12-2013, 5,677 (2.5%) hanno terminato il follow-up al 31-12-2010 e 17,366 (7.8%) hanno contribuito al follow-up fino alla data di emigrazione dal comune dell'area in studio. Per quanto riguarda l'analisi dei ricoveri è stato considerato il primo ricovero, in regime ordinario, per acuti per causa nel periodo di studio (2001-2013). Sono stati utilizzati i dati del sistema informativo ospedaliero regionale (inclusa la mobilità extra-regionale). In totale 104,815 residenti della coorte (46.8%) hanno avuto almeno un ricovero per cause naturali nel periodo 2001-2013. L'analisi dell'incidenza tumorale ha utilizzato i dati del Registro Tumori dell'ASL Brindisi - Sezione Registro Tumori Puglia che nel periodo 2006-2010 registra tra i residenti dell'area in studio 5,183 casi di tumore. In questo studio tutte le procedure di record-linkage sono state effettuate garantendo l'assoluto anonimato, secondo precise regole nella gestione dei sistemi informativi regionali, e nel pieno rispetto della normativa vigente sulla privacy.

Figura 17 - Distribuzione geografica della coorte dei residenti nell'area di Brindisi



Indicatore di stato socioeconomico per sezione di censimento

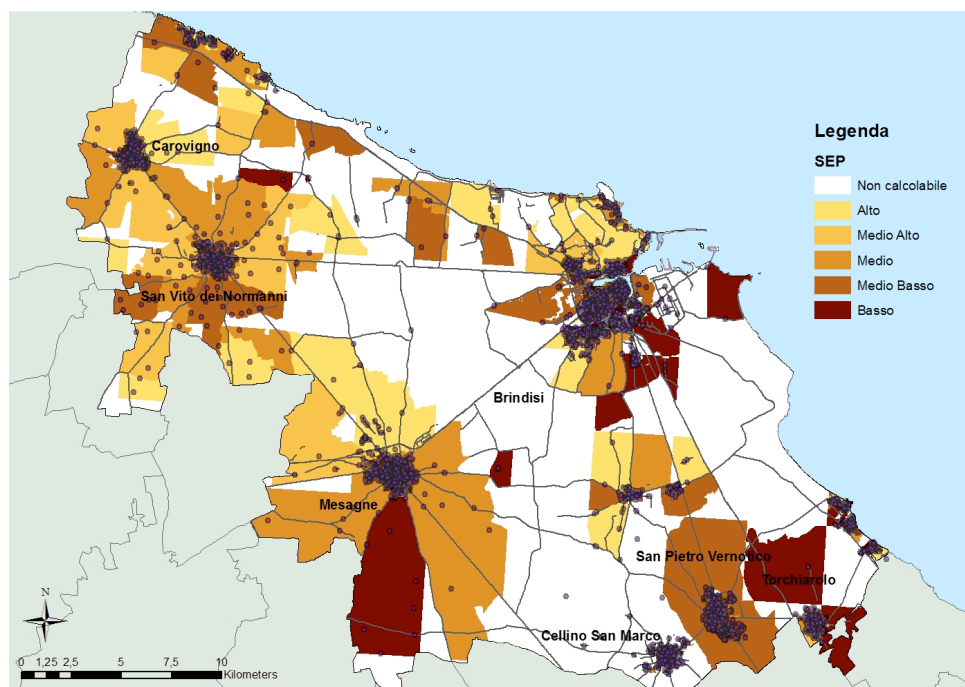


Tabella 1 – Risultati delle procedure di geocodifica per singolo comune e per il totale della coorte

	Brindisi		Carovigno		Cellino		Mesagne		San Pietro		San Vito		Torchiarolo		TOTALE	
	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
Residenti dal																
arruolamento al																
31/12/2013	109962	100.0	19741	100.0	8600	100.0	35264	100.0	18377	100.0	25045	100.0	6945	100.0	223934	100.0
Residenti geocodificati	109078	99.2	18887	95.7	8484	98.7	34793	98.7	17883	97.3	24087	96.2	6672	96.1	219884	98.2
<i>Vivi e residenti al</i>																
<i>31/12/2013</i>	88726	81.3	16542	87.6	6697	78.9	26911	77.3	13538	75.7	19304	80.1	5239	78.5	176957	80.5
<i>Deceduti</i>	9129	8.4	1462	7.7	932	11.0	3864	11.1	2101	11.7	2641	11.0	577	8.6	20706	9.4
<i>Persi al follow-up</i>	11223	10.3	883	4.7	855	10.1	4018	11.5	2244	12.5	2142	8.9	856	12.8	22221	10.1
<i>di cui:</i>																
<i>vivi al</i>																
<i>31/12/2010</i>	2915	2.7	493	2.6	295	3.5	606	1.7	502	2.8	518	2.2	238	3.6	5567	2.5
<i>emigrati</i>	8308	7.6	390	2.1	560	6.6	3412	9.8	1742	9.7	1624	6.7	618	9.3	16654	7.6
Residenti non																
geocodificati	884	0.8	854	4.3	116	1.3	471	1.3	494	2.7	958	3.8	273	3.9	4050	1.8
<i>Vivi e residenti al</i>																
<i>31/12/2013</i>	700	79.2	740	86.7	87	75.0	353	74.9	379	76.7	402	42.0	213	78.0	2874	71.0
<i>Deceduti</i>	56	6.3	80	9.4	3	2.6	27	5.7	26	5.3	150	15.7	12	4.4	354	8.7
<i>Persi al follow-up</i>	128	14.5	34	4.0	26	22.4	91	19.3	89	18.0	406	42.4	48	17.6	822	20.3
<i>di cui:</i>																
<i>vivi al</i>																
<i>31/12/2010</i>	25	2.8	13	1.5	9	7.8	19	4.0	16	3.2	9	0.9	19	7.0	110	2.7
<i>emigrati</i>	103	11.7	21	2.5	17	14.7	72	15.3	73	14.8	397	41.4	29	10.6	712	17.6
Indirizzo mancante	76	0.1	0	0.0	0	0.0	3	0.0	4	0.0	547	2.2	35	0.5	3726	1.7

Esiti

Sono state analizzate la mortalità naturale e causa specifica e i ricoveri ospedalieri per il periodo 2001-2013 e l'incidenza di tumori maligni per il periodo 2006-2010. Le cause di mortalità o di ricovero sono state definite *a priori* tra quelle per le quali esistono delle ipotesi di associazione con le esposizioni ambientali ed occupazionali tipiche di questa area. Le cause di morte/ricovero analizzate e i relativi codici ICD IX sono riportati nell'appendice 2 di questo rapporto.

Ad ogni soggetto della coorte è stato assegnato, per ciascuna fonte di pressione ambientale in studio, il valore di inquinante tracciante stimato all'indirizzo di residenza alla data di ingresso nella coorte.

Storia occupazionale e stato socio-economico

I dati sulla storia contributiva dei lavoratori delle imprese del settore privato sono reperibili in Italia in forma elettronica presso gli archivi informatizzati dell'INPS (attraverso un speciale convenzione INAIL-INPS). Tali archivi riportano a partire dal 1974 i contributi versati per i lavoratori dipendenti, il periodo di lavoro, la qualifica del lavoratore e le aziende dove si è svolta l'attività. Queste ultime sono a loro volta classificate secondo il ramo di attività economica (vedi esperienze del progetto OCCAM, Occupational Cancer Monitoring, basato sull'uso di fonti informative correnti disponibili in forma elettronica per la raccolta e archiviazione "nominativa" dei casi di tumore di sospetta origine professionale). Sono stati inviati all'INPS i nominativi di tutti i soggetti della coorte richiedendone le storie contributive. Il dataset restituito dall'INPS è stato trattato dal Dipartimento di Medicina del Lavoro dell'INAIL sulla base delle specifiche del progetto OCCAM che ha messo a punto la procedura di invio, ricezione ed elaborazione delle storie contributive presenti negli archivi INPS. E' stato dunque possibile individuare tra tutti i residenti i lavoratori del settore dei servizi, agricoltura, edilizia e prodotti per l'edilizia, costruzioni meccaniche e navali, chimica - farmaceutica - gomma, plastica, trasporti, costruzioni elettriche, aeronautica, estrazioni minerali, elettricità e gas, siderurgia metallurgia - trattamento metalli e portuali, petrolchimico sulla base dei versamenti contributivi, per un periodo di almeno un anno, effettuati precedentemente alla data di arruolamento nella coorte.

Ad ogni soggetto della coorte inoltre è stato attribuito un valore dell'indicatore di posizione socioeconomica (SEP) sulla base della sezione di censimento di residenza al momento dell'ingresso nella coorte. L'indice sintetico considerato è stato costruito a partire da indicatori rilevati al censimento 2001: percentuale di popolazione con istruzione pari o inferiore alla licenza elementare (mancato raggiungimento obbligo

scolastico), percentuale di popolazione attiva disoccupata o in cerca di prima occupazione, percentuale di abitazioni occupate in affitto, percentuale di famiglie monogenitoriali con figli dipendenti conviventi, densità abitativa (numero di occupanti per 100 m²) (Caranci, 2010). L'indice è una variabile continua e rappresenta lo scarto rispetto alla media regionale delle caratteristiche di deprivazione. L'indice è classificato in modo da diventare una variabile ordinale con 5 categorie: alto, medio-alto, medio, medio-basso, basso.

Analisi statistica

L'approccio di coorte seguito in questa valutazione epidemiologica ha consentito di stimare per ciascun soggetto della coorte il tempo esatto in cui ciascuno è stato a rischio di sviluppare l'evento in studio (tempo-persona). Ciascun membro della coorte ha contribuito al computo degli anni persona a rischio a partire dal 1 gennaio 2000, se risultava già presente in uno dei comuni in studio a questa data, o a partire dalla data del suo ingresso nell'area studiata, se entrato nel comune dopo il 1 gennaio 2000, fino alla data di morte, emigrazione, o fine del follow-up (31 dicembre 2013).

E' stata dapprima valutata l'associazione tra livello socio economico dei residenti e la mortalità per causa, prendendo come riferimento la categoria dei più abbienti. L'età è stata sempre considerata come asse temporale, il periodo di calendario, e il luogo di nascita (nord, centro, sud (esclusa la Puglia), Puglia ed Estero) e l'occupazione come confondenti.

Per studiare la relazione tra le esposizioni di interesse (concentrazioni di PM₁₀ e SO₂ da centrali termoelettriche e COV da polo petrolchimico) e la mortalità/morbosità causa-specifica e l'incidenza di tumori dei residenti nell'area è stato usato un modello di regressione dei rischi proporzionali di Cox [Hazard Ratios (HRs, IC 95%)] (si rimanda all'appendice 3 per una spiegazione più dettagliata dell'interpretazione dell'HR). Nel modello di analisi l'età è stata considerata come asse temporale, mentre il periodo di calendario, l'occupazione, il livello socio-economico, e il luogo di nascita sono stati usati come variabili di aggiustamento. Il genere ed il periodo di calendario sono stati considerati come variabile di stratificazione.

Nella analisi di mortalità l'esposizione a inquinamento atmosferico (PM₁₀ e SO₂ da centrali termoelettriche e COV da polo petrolchimico) è stata analizzata come variabile continua usando l'esposizione annuale media all'indirizzo di residenza stimata per il 1997. L'associazione tra esposizione e esito è stata stimata per un incremento pari alla differenza tra il 95° e il 5° percentile della distribuzione di ciascun inquinante, questo per

tenere conto della variabilità delle concentrazioni dei traccianti delle diverse fonti industriali presenti nell'area.

Oltre all'analisi per esposizione fissa al 1997 è stata effettuata una ulteriore valutazione considerando un'esposizione corrente tempo-dipendente (lag 0). Questo vuol dire che ad ogni persona residente nell'area in studio è stato assegnato il valore della concentrazione dell'inquinante stimato all'indirizzo di residenza per ciascun anno di permanenza nella coorte. E' stato possibile dunque studiare l'effetto della esposizione agli inquinanti in uno specifico anno rispetto alla mortalità (per cause non tumorali) di quell'anno stesso. L'analisi dei ricoveri della coorte nel periodo 2001-2013 è stata effettuata usando l'esposizione a inquinamento atmosferico stimata a lag 0. Inoltre è stata valutata l'associazione tra esposizioni ambientali e ricoveri ospedalieri per malattie cardiovascolari e respiratorie stratificando il periodo di follow-up in tre categorie (2000-2004, 2005-2009 e 2010-2013) ed inserendo termini di interazione tra la variabile periodo e la variabile di esposizione. I risultati sono stati riportati per i range 5-95% specifici di ogni periodo.

L'analisi dell'incidenza tumorale è stata effettuata utilizzando i dati del Registro Tumori dell'ASL Brindisi - Sezione Registro Tumori Puglia disponibili per il periodo 2006-2010. Per questa analisi l'esposizione di riferimento è quella stimata all'indirizzo di residenza al 1997.

E' stato considerata l'esposizione al 1997 per tutte le cause di morte e per l'incidenza tumorale assumendo per queste cause un lungo periodo di latenza. Per l'esposizione annuale (lag 0) sono state considerate solo le cause non tumorali, specie cardiovascolari e respiratorie, con la assunzione che il periodo di latenza tra esposizione ed esito sia più breve per queste cause.

Tutte le elaborazioni sono state effettuate in presenza di un numero minimo di 30 eventi per ogni patologia considerata in modo da garantire una sufficiente potenza statistica. In caso di una numerosità inferiore a 30 casi viene riportata nelle tabelle la frequenza di casi ma non la stima di associazione.

La forma della relazione dose-risposta tra esposizione a SO₂ al 1997 e lag 0 e mortalità per tumori, in particolare per il tumore del pancreas, malattie ischemiche, eventi coronarici acuti e malattie respiratorie è stata esplorata stimando le curve semi-parametriche *natural spline* con 2 gradi di libertà nel modello a rischi proporzionali di Cox usato per l'analisi principale.

Infine è stata effettuata un'analisi della mortalità nel periodo 2000-2013 per quartiere del comune di Brindisi (Centro, Cappuccini - Minnuta, Casale, Commenda - Sant'Angelo - Santa Chiara, Paradiso, Bozzano - Perrino, La Rosa - S. Elia, Tutturano, Zona industriale) e a livello comunale per i comuni di Carovigno, Cellino San Marco, Mesagne, San Pietro

Vernotico, San Vito dei Normanni, Torchiarolo. Sono stati calcolati i tassi standardizzati con metodo diretto di mortalità e relativi intervalli di confidenza al 95% utilizzando come riferimento la popolazione Italiana al 2001. I tassi sono stati calcolati per tutte quelle cause di morte con un numero osservato di decessi totale nell'area superiore a 200 e per ciascun quartiere in cui il numero totale di decessi per la causa specifica era superiore a 3 (per entrambi i sessi). Nell'appendice 4 sono riportati i tassi di mortalità standardizzati (per 100.000 abitanti), specifici per quartiere/città di residenza, sesso e causa di morte.

RISULTATI

Caratteristiche descrittive della coorte

La coorte in studio è composta di 223,934 persone (di cui 162,675 di età 18+ anni) residenti nell'area in studio nel periodo 2000-2013, di cui il 51.5% donne. Ad ogni soggetto è stato attribuito, sulla base dell'indirizzo di residenza all'inizio dello studio, il livello di esposizione alle fonti di pressione ambientale presenti nell'area, ossia la concentrazione di ciascun inquinante scelto come tracciante, stimata dai modelli di dispersione.

Le caratteristiche principali della coorte (genere, età, stato socioeconomico, regione di nascita, comune di residenza occupazione e stato in vita) sono descritte nella Tabella 2. Il 38% dei residenti al *baseline* aveva tra i 18 e i 44 anni, la quota di ultraottantenni era pari al 2.4%; la distribuzione dei residenti per SEP presenta un quadro piuttosto regolare, con il 10.7% dei residenti con SEP molto alto contro un 15% di residenti classificati come di SEP molto basso. Il 37.2% dei residenti aveva versato contributi pensionistici per almeno un anno prima dell'arruolamento e la categoria occupazionale prevalente era l'agricoltura (14.8%) seguita dai servizi (12.3%).

Al 31-12-2013 (data fine follow-up) 179,831 persone erano vive e residenti, 21,060 decedute (9.4%) e 23,043 (10.3%) perse al follow-up. La quota di persi al follow-up include gli immigrati entro regione che contribuiscono al tempo di follow-up fino al 31-12-2010 (2.5%) e gli immigrati fuori regione che contribuiscono al tempo di follow-up fino alla data della loro immigrazione (7.8%). In questo studio tutte le analisi sono state condotte sui 219,884 residenti georeferenziati.

Tabella 2 - Caratteristiche della coorte dei residenti nell'area di Brindisi (2000-2013)

	N	%
Totale coorte	223934	
Genere		
Maschi	108572	48.5
Femmine	115362	51.5
Età in classi		
0-17	61259	27.4
18-44	85053	38.0
45-64	47552	21.2
65-80	24650	11.0
>80	5420	2.4
Posizione socioeconomica (SEP)*		
Alto	23484	10.7
Medio-Alto	50647	23.0
Medio	62155	28.3
Medio-Basso	50671	23.0
Basso	32880	15.0
Regione di nascita		
Puglia	201106	89.8
Nord	4258	1.9
Centro	1847	0.8
Sud (esclusa Puglia)	6288	2.8
Altra nazione	10435	4.7
Categorie occupazionali		
<i>Qualsiasi occupazione</i>	83240	37.2
Servizi	27641	12.3
Agricoltura	33144	14.8
Edilizia e prodotti per l'edilizia	10109	4.5
Costruzioni meccaniche e navali	9270	4.1
Chimica - Farmaceutica - Gomma	4343	1.9
Plastica	3098	1.4
Complesso Petrolchimico	3129	1.4
Trasporti	2024	0.9
Costruzioni elettriche	1607	0.7
Aeronautica	1476	0.7
Estrazioni minerali	1145	0.5
Elettricità e gas	893	0.4
Siderurgia metallurgia - Trattamento metalli	1147	0.5
Portuali	752	0.3
Altro	4564	2.0
Stato in vita al 31-12-2013		
Vivi	179831	80.3
Deceduti	21060	9.4
Persi al follow-up	23043	10.3

**il totale può variare a causa di valori mancanti*

Esposizione della popolazione residente

Per ciascun inquinante in studio il valore della esposizione media di popolazione stimata dai modelli di dispersione nel periodo in studio (figure 18 – 20) riflette l'andamento delle emissioni riportate nelle figure 12 e 13.

Figura 18 - Esposizione media annuale di popolazione ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) - SO_2 (1991-2013)

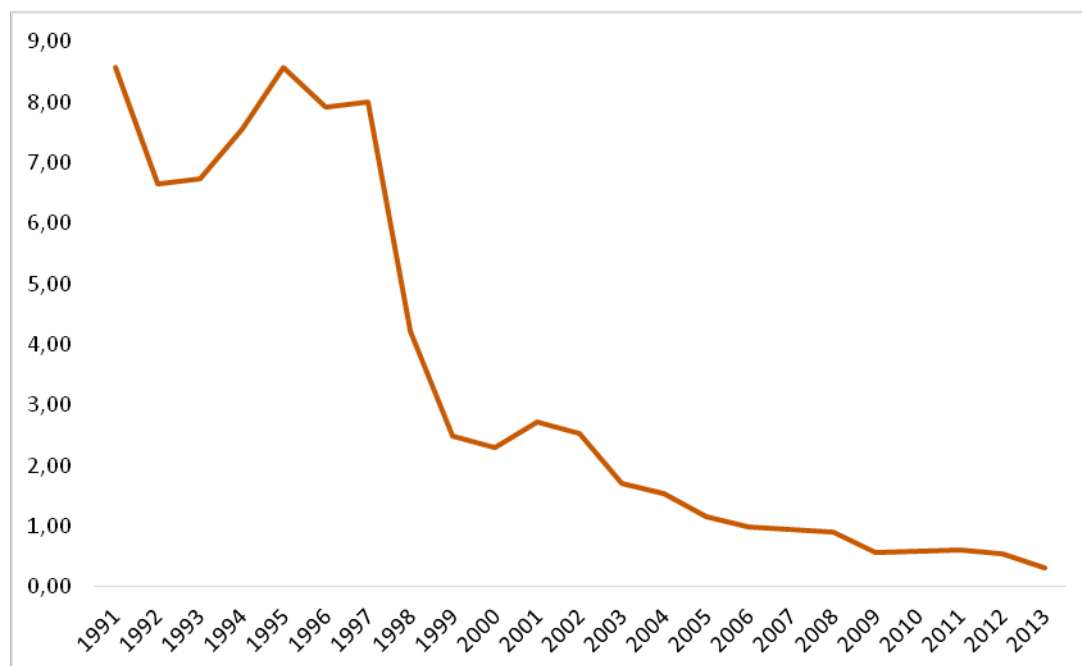


Figura 19 - Esposizione media annuale di popolazione ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) - PM_{10} (1991-2013)

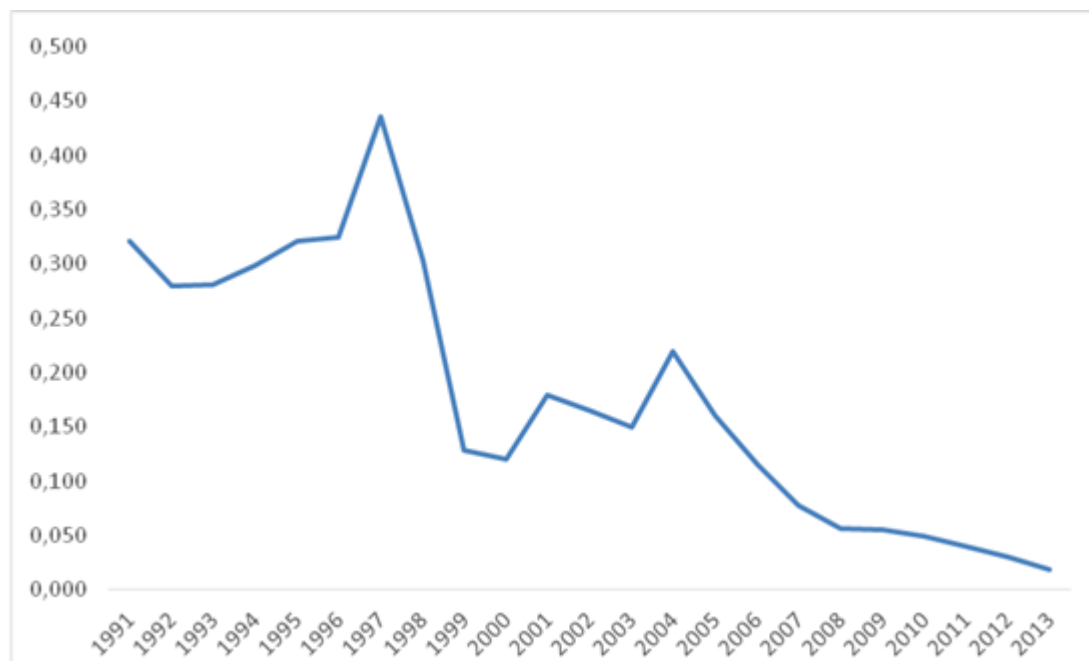
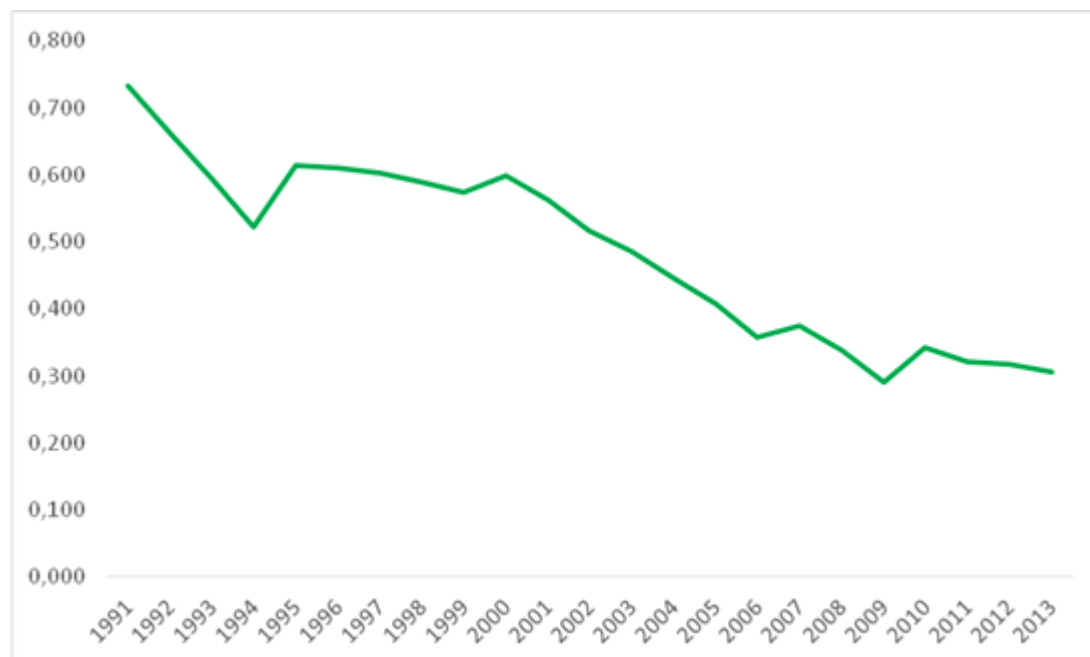


Figura 20 - Esposizione media annuale di popolazione ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) - COV (1991-2013)



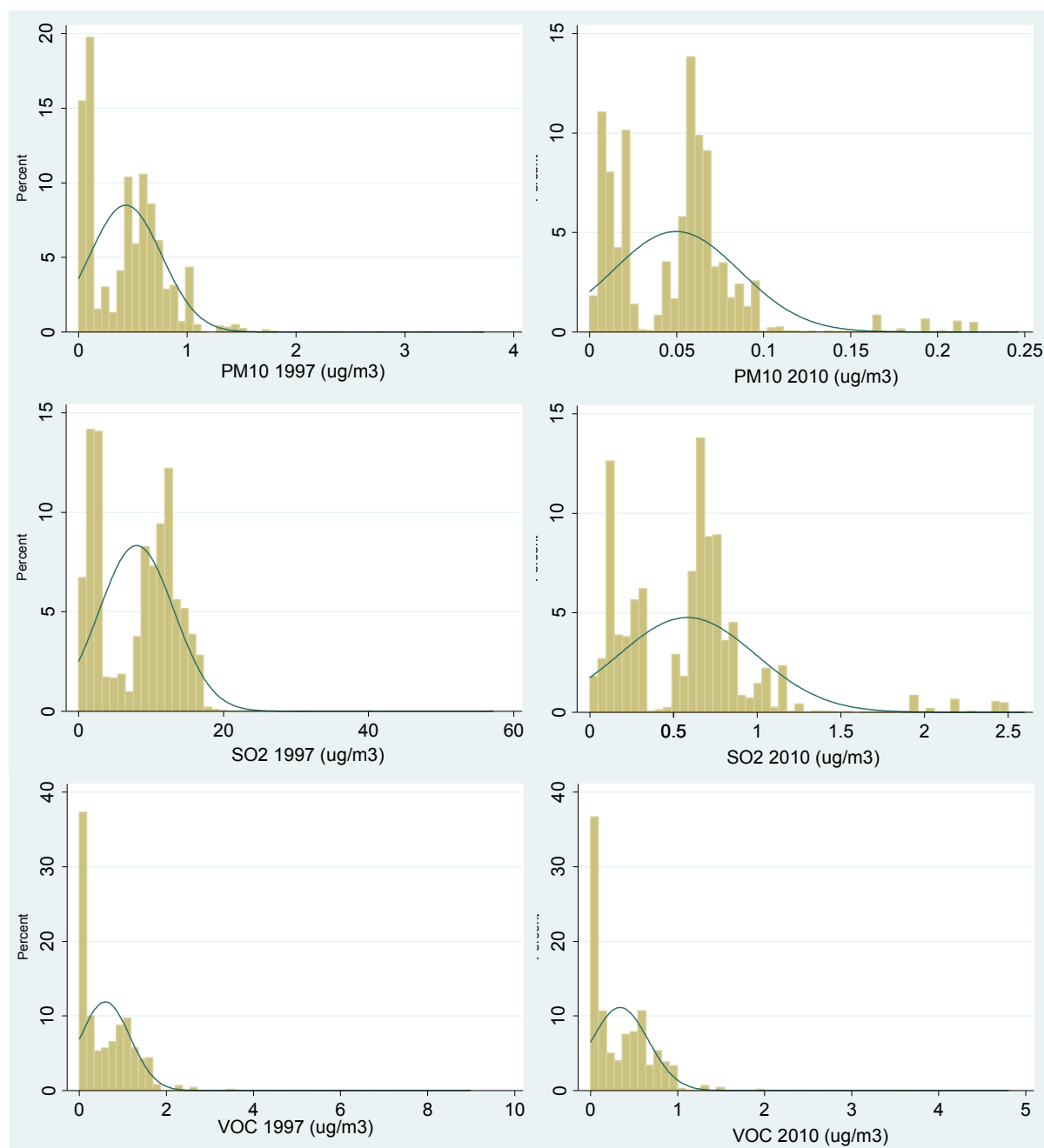
Le esposizioni medie di popolazione più elevate si osservano negli stessi anni in cui le emissioni risultano più elevate. Al 1997, la popolazione risultava esposta ad una concentrazione media annua (Deviazione Standard - DS, 50° percentile, 95°-5° percentile) - stimata dai modelli di dispersione all'indirizzo di residenza di ciascun membro della coorte - pari a $0.44 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (0.45, 0.46, 0.97) di PM_{10} e $8.01 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (5.17, 9.36, 14.76) di SO_2 da centrali termoelettriche e $0.60 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (0.93, 0.42, 1.54) di COV da impianto petrolchimico.

Su tutto il periodo di follow-up, il livello medio di esposizione a lag 0 risultava pari a $0.10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (0.15, 0.06, 0.32) per il PM_{10} , $1.20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (1.16, 0.78, 3.64) per SO_2 e $0.392 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (0.65, 0.28, 1.06) per i COV. Nel 2010, il livello medio di esposizione risultava pari a $0.05 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (0.04, 0.06, 0.09) per il PM_{10} , $0.58 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (0.41, 0.64, 1.04) per SO_2 e $0.34 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (0.60, 0.24, 0.90) per i COV.

Le correlazioni tra gli inquinanti sono risultate di grado moderato per quanto riguarda SO_2 e COV (coefficiente di correlazione = 0.58) e PM_{10} e COV (0.48), mentre una correlazione maggiore si osserva ovviamente tra le concentrazioni di PM_{10} e SO_2 (0.72) poiché entrambi hanno origine dagli impianti termoelettrici.

La figura 21 mostra per il PM_{10} e SO_2 da centrali e per i COV da impianto petrolchimico l'esposizione media annuale della popolazione in studio al 1997 e al 2010, scelti come periodi rappresentativi dell'esposizione pregressa (1997) e più recente (2010) della popolazione in studio.

Figura 21 – Distribuzione di frequenza della esposizione annuale di popolazione ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) PM10, SO2 e COV al 1997 e al 2010. Si noti la diversa scala delle ascisse per il 1997 e il 2010.



Mortalità per quartieri, livello socio-economico ed esposizione occupazionale

In appendice 4 sono riportati i tassi di mortalità standardizzati nei quartieri di Brindisi e nei comuni dell'area in studio.

L'analisi della mortalità per livello socio economico (SEP) effettuata considerando come categoria di riferimento i residenti dell'area con SEP più elevato, e a parità di esposizione ambientale ed occupazione, ha evidenziato rischi crescenti al peggiorare del SEP per la mortalità generale, tumori maligni, in particolare tumore del polmone, malattie cardiovascolari, Bronco-Pneumopatia Cronico Ostruttiva – BPCO e malattie renali. Nello specifico i residenti con SEP basso hanno una mortalità maggiore rispetto ai residenti con SEP alto per tutte le cause (+24%), tumori (+23%), in particolare per quello del polmone (+35%), per malattie cardiovascolari (+18%) per malattie dell'apparato respiratorio (+35%), soprattutto per la Bronco-Pneumopatia Cronico Ostruttiva – BPCO (+52%), e per le malattie renali (+85%). Un eccesso di rischio per tumori della mammella si osserva tra i residenti con SEP medio-basso (+82%) rispetto ai residenti con SEP alto. Nell'appendice 5 sono riportati tutti i risultati dell'analisi per SEP.

Effetti sulla mortalità dell'esposizione a PM₁₀ ed SO₂ da centrali elettriche e a COV da polo petrolchimico

Le associazioni tra i livelli di esposizione a PM₁₀ e SO₂ da centrali elettriche e COV da polo petrolchimico e mortalità causa-specifica, considerando l'esposizione fissa al 1997, sono riportate nella Tabella 3. Per ciascun inquinante sono stati stimati gli HR (IC 95%) tenendo conto dell'età, periodo, genere, luogo di nascita, SEP ed occupazione.

Tabella 3 - Associazione tra esposizione fissata al 1997 a PM₁₀ ed SO₂ da centrali elettriche e COV da polo petrolchimico e mortalità causa-specifica della coorte di Brindisi, 2000-2013. Hazard Ratios espressi per incrementi lineari pari alla differenza tra 95° e 5° percentile della concentrazione degli inquinanti (0.97, 14.76 e 1.54 µg/m³, rispettivamente)

CAUSE DI MORTE	POLO ENERGETICO						POLO CHIMICO			
	ESPOSIZIONE 1997 PM ₁₀ (95°p - 5°p = 0.967)				ESPOSIZIONE 1997 SO ₂ (95°p - 5°p = 14.758)		ESPOSIZIONE 1997 VOC (95°p - 5°p = 1.535)			
	N	HR*	Low	Up	HR*	Low	Up	HR*	Low	Up
Cause naturali	19653	1.01	0.96	1.05	1.00	0.96	1.05	1.00	0.97	1.04
Tumori maligni	5375	1.05	1.01	1.08	1.15	1.05	1.25	1.04	1.00	1.08
Stomaco	229	0.83	0.53	1.29	0.93	0.61	1.42	0.69	0.45	1.07
Colon	484	1.01	0.80	1.29	0.98	0.73	1.30	1.02	0.86	1.21
Fegato	400	1.04	0.89	1.21	1.02	0.74	1.40	1.06	0.96	1.17
Pancreas	267	1.07	0.99	1.16	1.55	1.04	2.29	1.08	0.99	1.17
Laringe	53	0.91	0.37	2.25	0.80	0.33	1.93	0.91	0.40	2.07
Trachea, bronchi e polmoni	1103	1.05	0.97	1.13	1.14	0.94	1.38	1.06	0.98	1.14
Pleura	41	1.06	0.82	1.37	1.08	0.38	3.10	1.00	0.52	1.94
Mammella	305	1.05	0.92	1.19		0.83	1.73	1.03	0.93	1.15
Vescica	209	1.09	0.98	1.21	1.52	0.98	2.36	1.08	0.94	1.23
Rene	98	1.05	0.82	1.36	1.12	0.59	2.15	1.05	0.87	1.28
Encefalo ed altri tumori del SNC	214	0.98	0.64	1.51	1.08	0.69	1.67	0.99	0.70	1.39
Tessuto linfatico ed ematopoietico	427	1.05	0.96	1.15	1.21	0.89	1.64	1.04	0.92	1.17
Leucemie	185	1.05	0.93	1.19	1.29	0.81	2.05	1.03	0.83	1.27
Malattie neurologiche	642	0.85	0.65	1.11	0.89	0.69	1.14	0.87	0.67	1.11
Malattie cardiovascolari	7695	0.87	0.81	0.94	0.88	0.82	0.94	0.86	0.80	0.93
Malattie cardiache	5417	0.94	0.86	1.03	0.95	0.87	1.03	0.91	0.84	0.99
Malattie ischemiche	1795	1.00	0.87	1.16	0.97	0.83	1.12	1.01	0.89	1.14
Eventi coronarici acuti	530	1.07	0.98	1.16	1.24	0.94	1.63	1.07	0.99	1.16
Malattie cerebro-vascolari	1865	0.74	0.64	0.87	0.75	0.65	0.87	0.75	0.64	0.87
Malattie apparato respiratorio	1590	1.08	1.02	1.15	1.22	1.04	1.43	1.07	1.01	1.13
Infezioni delle vie respiratorie	324	0.94	0.65	1.36	0.97	0.68	1.37	0.95	0.68	1.33
BPCO	867	1.08	0.99	1.18	1.19	0.96	1.47	1.07	0.98	1.17
Malattie renali	398	0.76	0.54	1.07	0.75	0.54	1.03	0.79	0.57	1.09

*Hazard Ratio (HR) da modello di Cox stratificato per periodo di follow-up (tre classi) e aggiustato per sesso, età (asse temporale), stato socioeconomico, regione di nascita, occupazione

Per incrementi lineari di $0.97 \mu\text{g}/\text{m}^3$ di PM_{10} da centrali termoelettriche (differenza tra 95° e 5° percentile della distribuzione) si osserva un aumento del rischio di mortalità per tumori maligni pari al 5% ($\text{HR}=1.05$ IC 95% 1.01-1.08), in particolare per il tumore del pancreas l'eccesso stimato è dell'7% ($\text{HR}=1.07$ IC 95% 0.99-1.16); per le malattie dell'apparato respiratorio l'eccesso è del 8% ($\text{HR}=1.08$ IC 95% 1.02-1.15) e per la BPCO l'eccesso è dell'8% ($\text{HR}=1.08$ IC 95% 0.99-1.18).

Per variazioni di SO_2 da centrali termoelettriche pari a $14.76 \mu\text{g}/\text{m}^3$ si osservano degli eccessi di mortalità per tutti i tumori, tumori del pancreas e malattie dell'apparato respiratorio pari al 15%, 55% e 22% rispettivamente ($\text{HR}=1.15$ IC 95% 1.05-1.25, $\text{HR}=1.55$ IC 95% 1.04-2.29, $\text{HR}=1.22$ IC 95% 1.04-1.43). Un incremento di rischio pari al 52% si osserva anche per i tumori della vescica, al limite della significatività statistica ($\text{HR}=1.52$ IC 95% 0.98-2.36).

Per quanto riguarda i COV da petrolchimico, per variazioni pari alla differenza tra 95° e 5° percentile ($1.54 \mu\text{g}/\text{m}^3$) si osserva un incremento di rischio per tumori maligni del 4% ($\text{HR}=1.04$ IC 95% 1.00-1.08), tumori del pancreas del 8% ($\text{HR}=1.08$ IC 95% 0.99-1.17), eventi coronarici acuti del 7% ($\text{HR}=1.07$ IC 95% 0.99-1.16) e malattie dell'apparato respiratorio del 7% ($\text{HR}=1.07$ IC 95% 1.01-1.13).

In Tabella 4 sono riportati i risultati delle associazioni tra inquinanti in studio e mortalità nel caso di esposizione tempo-dipendente (lag 0). In questo caso non sono state indagate le forme tumorali a causa della lunga latenza necessaria per queste malattie. Anche in questa analisi sono stati stimati gli HR (IC 95%) tenendo conto dell'età, periodo, genere, luogo di nascita, SEP ed occupazione.

I risultati dell'esposizione tempo-dipendente per tutti e tre gli inquinanti in studio mostrano incrementi di mortalità per eventi coronarici acuti pari al 5% per variazione di PM_{10} pari a $0.32 \mu\text{g}/\text{m}^3$, 45% per incrementi di SO_2 pari a $3.64 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e del 6% per incrementi di COV pari a $1.06 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Un debole incremento è presente per le malattie respiratorie e l'esposizione a COV da petrolchimico. L'eccesso di mortalità per eventi coronarici non si conferma se viene esaminato solo il periodo 2010-2013 ($\text{HR}=0.68$ (0.40-1.16) per variazione di PM_{10} pari a $0.09 \mu\text{g}/\text{m}^3$, $\text{HR}=0.70$ (0.40-1.20) per incrementi di SO_2 pari a $1.04 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e $\text{HR}=0.75$ (0.41-1.38) per incrementi di COV pari a $0.90 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

Tabella 4 - Associazione tra esposizione tempo-dipendente (lag 0) a PM₁₀ ed SO₂ da centrali elettriche e COV da polo petrolchimico e mortalità causa-specifica della coorte di Brindisi, 2000-2013. Hazard Ratios espressi per incrementi lineari pari alla differenza tra 95° e 5° percentile della concentrazione degli inquinanti (0.32, 3.64 e 1.06 µg/m³, rispettivamente)

CAUSE DI MORTE	N	POLO ENERGETICO						POLO CHIMICO			
		ESPOSIZIONE lag0 PM ₁₀ (95°p - 5°p = 0.316)			ESPOSIZIONE lag0 SO ₂ (95°p - 5°p = 3.369)			ESPOSIZIONE lag0 VOC (95°p - 5°p = 1.057)			
		HR*	Low	Up	HR*	Low	Up	HR*	Low	Up	
Cause naturali	19653	0.98	0.94	1.03	0.98	0.92	1.04	1.00	0.97	1.04	
Malattie cardiovascolari	7695	0.90	0.84	0.98	0.91	0.83	1.00	0.86	0.80	0.92	
Malattie cardiache	5417	0.97	0.88	1.06	0.97	0.87	1.08	0.91	0.84	0.99	
Malattie ischemiche	1795	1.04	0.97	1.10	0.98	0.81	1.18	1.02	0.93	1.13	
Eventi coronarici acuti	530	1.05	1.00	1.10	1.45	1.07	1.95	1.06	1.01	1.12	
Malattie cerebro-vascolari	1865	0.75	0.64	0.88	0.79	0.66	0.94	0.73	0.63	0.85	
Malattie apparato respiratorio	1590	1.06	0.95	1.18	1.08	0.87	1.34	1.06	1.00	1.11	
Infezioni delle vie respiratorie	324	0.96	0.65	1.42	1.10	0.71	1.72	1.01	0.77	1.32	
BPCO	867	1.07	0.99	1.16	1.12	0.85	1.48	1.06	0.98	1.14	

*Hazard Ratio (HR) da modello di Cox stratificato per periodo di follow-up (tre classi) e aggiustato per sesso, età (asse temporale), stato socioeconomico, regione di nascita, occupazione

Le tabelle 5 e 6 riportano l'analisi delle associazioni tra concentrazioni pregresse (esposizione fissa al 1997) di SO₂ derivante dalle centrali termoelettriche e COV dall'impianto chimico e mortalità causa specifica separatamente per gli uomini e le donne della coorte. L'analoga tabella relativa al PM₁₀ è disponibile in appendice.

Tabella 5 - Associazione tra esposizione fissa al 1997 a SO₂ da centrali elettriche e mortalità causa-specifica della coorte di Brindisi, 2000-2013. Hazard Ratios espressi per incrementi lineari pari alla differenza tra 95° e 5° percentile della concentrazione del SO₂ (14.76 µg/m³) (HRs e IC 95%) – Uomini e donne

Cause di morte	Uomini				Donne			
	N	HR*	Low	Up	N	HR*	Low	Up
Cause naturali	9651	1.03	0.96	1.09	10002	0.98	0.92	1.05
Tumori maligni	3151	1.16	1.04	1.30	2224	1.11	0.97	1.27
Stomaco	134	0.94	0.54	1.63	95	0.86	0.45	1.67
Colon	227	1.03	0.68	1.57	257	0.92	0.61	1.37
Fegato	235	0.84	0.56	1.28	165	1.31	0.79	2.18
Pancreas	136	1.52	0.89	2.61	131	1.66	0.93	2.95
Laringe	47	0.59	0.23	1.50	6			
Trachea, bronchi e polmoni	923	1.08	0.87	1.33	180	1.47	0.90	2.39
Pleura	33	0.94	0.29	3.03	8			
Mammella	0				305	1.19	0.83	1.73
Vescica	170	1.63	1.00	2.65	39	1.12	0.40	3.09
Rene	55	1.11	0.47	2.65	43	1.15	0.43	3.08
Encefalo ed altri tumori del SNC	110	1.46	0.80	2.67	104	0.71	0.37	1.36
Tessuto linfatico ed ematopoietico	247	1.48	0.99	2.21	180	0.94	0.58	1.52
Leucemie	104	2.15	1.16	4.00	81	0.67	0.33	1.38
Malattie neurologiche	257	0.67	0.45	1.00	385	1.06	0.77	1.47
Malattie cardiovascolari	3454	0.93	0.84	1.04	4241	0.84	0.76	0.93
Malattie cardiache	2446	1.00	0.88	1.13	2971	0.91	0.81	1.02
Malattie ischemiche	963	1.13	0.92	1.38	832	0.82	0.66	1.02
Eventi coronarici acuti	330	1.62	1.15	2.29	200	0.80	0.51	1.26
Malattie cerebro-vascolari	794	0.81	0.65	1.02	1071	0.69	0.57	0.84
Malattie apparato respiratorio	868	1.18	0.96	1.46	722	1.27	1.00	1.60
Infezioni delle vie respiratorie	152	1.24	0.74	2.06	172	0.77	0.47	1.25
BPCO	509	1.06	0.80	1.40	358	1.38	0.99	1.92
Malattie renali	179	1.14	0.71	1.82	219	0.53	0.34	0.82

**Hazard Ratio (HR) da modello di Cox stratificato per periodo di follow-up (tre classi) e aggiustato per sesso, età (asse temporale), stato socioeconomico, regione di nascita, occupazione*

La pregressa esposizione a SO₂ da centrale termoelettrica mette in evidenza, tra gli uomini, una associazione con la mortalità per tutti i tumori (+16%), tumori della vescica (+63%), leucemie (+115%) ed eventi coronarici acuti (+62%). Tra le donne si osserva un aumento del rischio di morte per le malattie dell'apparato respiratorio (+27%) e la BPCO (+38%).

Tabella 6 - Associazione tra esposizione fissa al 1997 a COV da polo petrolchimico e mortalità causa-specifica della coorte di Brindisi, 2000-2013. Hazard Ratios espressi per incrementi lineari pari alla differenza tra 95° e 5° percentile della concentrazione di COV (1.54 µg/m³) (HRs e IC 95%) – Uomini e donne

CAUSE DI MORTE	Uomini				Donne			
	N	HR*	Low	Up	N	HR*	Low	Up
Cause naturali	9651	1.03	0.98	1.09	10002	0.98	0.93	1.04
Tumori maligni	3151	1.07	1.00	1.14	2224	1.03	0.98	1.08
Stomaco	134	0.76	0.44	1.32	95	0.55	0.27	1.11
Colon	227	1.08	0.81	1.44	257	0.98	0.71	1.36
Fegato	235	0.96	0.64	1.42	165	1.06	0.97	1.16
Pancreas	136	1.37	0.96	1.96	131	1.06	0.96	1.18
Laringe	47	0.62	0.24	1.59	6			
Trachea, bronchi e polmoni	923	1.08	0.95	1.22	180	1.04	0.92	1.17
Pleura	33	1.00	0.41	2.42	8			
Mammella	0				305	1.03	0.93	1.15
Vescica	170	1.31	0.91	1.88	39	0.95	0.37	2.41
Rene	55	1.05	0.48	2.28	43	1.05	0.86	1.28
Encefalo ed altri tumori del SNC	110	1.10	0.94	1.27	104	0.56	0.28	1.10
Tessuto linfatico ed ematopoietico	247	1.09	0.97	1.23	180	0.97	0.65	1.45
Leucemie	104	1.10	0.93	1.30	81	0.81	0.39	1.66
Malattie neurologiche	257	0.70	0.47	1.04	385	0.99	0.76	1.29
Malattie cardiovascolari	3454	0.94	0.85	1.05	4241	0.80	0.72	0.88
Malattie cardiache	2446	1.01	0.89	1.14	2971	0.84	0.74	0.94
Malattie ischemiche	963	1.10	1.01	1.21	832	0.84	0.67	1.05
Eventi coronarici acuti	330	1.11	1.03	1.21	200	0.94	0.60	1.46
Malattie cerebro-vascolari	794	0.81	0.65	1.02	1071	0.69	0.56	0.85
Malattie apparato respiratorio	868	1.11	1.00	1.23	722	1.06	0.98	1.14
Infezioni delle vie respiratorie	152	1.13	0.99	1.29	172	0.62	0.38	1.02
BPCO	509	0.97	0.74	1.27	358	1.08	1.00	1.16
Malattie renali	179	1.06	0.83	1.35	219	0.56	0.35	0.90

**Hazard Ratio (HR) da modello di Cox stratificato per periodo di follow-up (tre classi) e aggiustato per sesso, età (asse temporale), stato socioeconomico, regione di nascita, occupazione*

L'esposizione al 1997 ai COV da polo petrolchimico fa osservare, tra gli uomini, un aumento del rischio di morte per tumori maligni (+7%), malattie ischemiche (+10%), eventi coronarici acuti (+11%), malattie dell'apparato respiratorio (+11%) e infezioni delle vie respiratorie (+13%). Per le donne risulta in eccesso la mortalità per BPCO (+8%).

Effetti sui ricoveri ospedalieri e incidenza tumorale dell'esposizione a PM₁₀ ed SO₂ da centrali elettriche e a COV da polo petrolchimico

L'analisi del ricorso alle cure ospedaliere dei residenti della coorte effettuata considerando l'esposizione annuale (approccio tempo dipendente (lag 0) (tabella 7) evidenzia che nel periodo 2001-2013 a concentrazioni più alte degli inquinanti di origine industriale corrispondono aumenti nel rischio di ospedalizzazione per la gran parte delle cause esaminate. In particolare si registrano eccessi di rischio di ospedalizzazione per diabete, malattie neurologiche, patologie cardio e cerebrovascolari e respiratorie. Gli eccessi di rischio si evidenziano sia per patologie croniche sia per quelle acute e le associazioni sono particolarmente importanti quando si considera l'SO₂ (centrali termoelettriche). Il rischio di malformazioni congenite nel primo anno di vita risulta maggiormente associato con gli inquinanti del polo petrolchimico.

La tabella 8 mostra invece i risultati dell'analisi delle ospedalizzazioni per le malattie cardiovascolari e respiratorie stratificata per periodo (2000-2004, 2005-2009, 2010-2013). I risultati per i singoli strati confermano l'effetto dell'inquinamento da centrali elettriche evidenziato nell'analisi che considera tutto il periodo (2001-2013). In particolare, la associazione è più marcata per il periodo 2000-2004, ma si mantiene, anche se in modo decrescente, anche per gli altri periodi. Si noti che i rischi relativi (Hazard Ratios) sono espressi per un intervallo tra il 5° e il 95° specifico per ogni periodo e che il contrasto è molto piccolo nel periodo 2010-2013. Le esposizioni recenti alle centrali sono associate a modesti aumenti di rischio di ospedalizzazione della popolazione residente per patologie dell'apparato cardiovascolare e respiratorio. Nell'ultimo periodo di follow-up l'eccesso di rischio per malformazioni congenite legate alle emissioni del polo petrolchimico osservato nell'analisi per intero periodo non si osserva più (HR=1.03 (0.50-2.10), considerando variazioni di COV pari a 0.904 µg/m³)

Tabella 7 - Associazione tra esposizione tempo-dipendente (lag 0) a PM₁₀ ed SO₂ da centrali elettriche e COV da polo petrolchimico e ricoveri causa-specifica della coorte di Brindisi, 2001-2013. Hazard Ratios espressi per incrementi lineari pari alla differenza tra 95° e 5° percentile della concentrazione degli inquinanti (0.32, 3.64 e 1.06 µg/m³, rispettivamente)

CAUSE DI RICOVERO	N	POLO ENERGETICO						POLO CHIMICO					
		ESPOSIZIONE lag0 PM ₁₀ (95°p - 5°p = 0.316)			ESPOSIZIONE lag0 SO ₂ (95°p - 5°p = 3.639)			ESPOSIZIONE lag0 VOC (95°p - 5°p = 1.057)					
		HR*	Low	Up	HR*	Low	Up	HR*	Low	Up	HR*	Low	Up
Diabete	2243	1.04	1.01	1.07	1.41	1.22	1.63	1.03	0.99	1.07			
Malattie neurologiche	2860	1.03	1.00	1.06	1.50	1.30	1.74	1.03	1.01	1.06			
Malattie cardiovascolari	27255	1.04	1.03	1.05	1.49	1.43	1.56	1.04	1.03	1.05			
Malattie cardiache	16136	1.04	1.03	1.05	1.51	1.43	1.60	1.04	1.02	1.06			
Malattie ischemiche	6353	1.04	1.02	1.06	1.38	1.26	1.52	1.06	1.04	1.08			
Eventi coronarici acuti	4245	1.03	1.01	1.06	1.14	1.01	1.29	1.05	1.03	1.08			
Scompenso cardiaco	4972	1.05	1.04	1.07	2.02	1.84	2.22	1.02	0.98	1.07			
Malattie cerebro-vascolari	7368	1.05	1.03	1.06	1.44	1.31	1.57	1.04	1.02	1.06			
Malattie apparato respiratorio	18663	1.04	1.03	1.05	1.33	1.27	1.41	1.02	1.00	1.04			
Infezioni delle vie respiratorie	5945	0.99	0.93	1.05	1.14	1.04	1.26	0.97	0.90	1.04			
BPCO	5387	1.05	1.04	1.06	1.58	1.44	1.74	1.04	1.01	1.07			
ASMA	732	1.05	1.03	1.07	1.38	1.08	1.76	1.02	0.97	1.08			
Malattie del sistema digerente	23304	1.01	0.99	1.04	1.18	1.12	1.24	1.00	0.97	1.02			
Malattie renali	6639	1.02	0.98	1.06	1.20	1.10	1.31	1.02	0.99	1.05			
Malformazioni congenite (0-1 anno)	215	1.03	0.96	1.10	1.35	0.81	2.23	1.53	1.07	2.19			

*Hazard Ratio (HR) da modello di Cox stratificato per periodo di follow-up (tre classi) e aggiustato per sesso, età (asse temporale), stato socioeconomico, regione di nascita, occupazione

Tabella 8 - Associazione tra esposizione tempo dipendente (lag 0) a SO₂ e VOC per periodo (2000-2004, 2005-2009, 2010-2013) e ricoveri per cause cardiovascolari e respiratorie. Rischio relativo (HR) per variazioni di inquinante pari alla differenza tra 95° e 5° percentile - Popolazione totale (Maschi + Femmine)

ESPOSIZIONE SO₂ lag 0										
CAUSA	N	Periodo 2000-2004 (95°p - 5°p = 4.321)			Periodo 2005-2009 (95°p - 5°p = 1.652)			Periodo 2010-2013 (95°p - 5°p = 1.015)		
		HR*	Low	Up	HR*	Low	Up	HR*	Low	Up
Malattie cardiovascolari	27255	1.71	1.62	1.80	1.07	1.02	1.12	1.06	1.00	1.13
Malattie apparato respiratorio	18663	1.46	1.37	1.57	1.05	0.99	1.11	1.14	1.06	1.22

ESPOSIZIONE VOC lag 0										
CAUSA	N	Periodo 2000-2004 (95°p - 5°p = 1.608)			Periodo 2005-2009 (95°p - 5°p = 0.785)			Periodo 2010-2013 (95°p - 5°p = 0.842)		
		HR*	Low	Up	HR*	Low	Up	HR*	Low	Up
Malattie cardiovascolari	27255	1.07	1.06	1.09	0.97	0.92	1.01	1.00	0.94	1.05
Malattie apparato respiratorio	18663	1.04	1.02	1.07	0.96	0.91	1.01	0.94	0.87	1.02

Nella tabella 9 sono riportati i risultati relativi alla associazione tra inquinamento industriale e incidenza tumorale nel periodo 2006-2010. L'esposizione a PM₁₀ risulta debolmente associata ad eccessi di rischio per tumore al polmone (+6%) senza raggiungere la significatività statistica. L'esposizione a SO₂ risulta associata al rischio di tumore del polmone (HR 1.38, IC95% 1.05-1.83) e al mieloma multiplo ((HR 2.82, IC95% 1.22-6.51). Infine, l'esposizione a COV è associata ad un aumento del rischio di tumori della cute del 5%, ma l'eccesso non raggiunge la significatività statistica.

Tabella 9. Associazione tra esposizione pregressa (fissa al 1997) a PM10 ed SO2 da centrali elettriche e COV da polo petrolchimico e incidenza di tumori della coorte di Brindisi, 2006-2010. Hazard Ratios espressi per incrementi lineari pari alla differenza tra 95° e 5° percentile della concentrazione degli inquinanti (0.97, 14.76 e 1.54 µg/m3, rispettivamente)

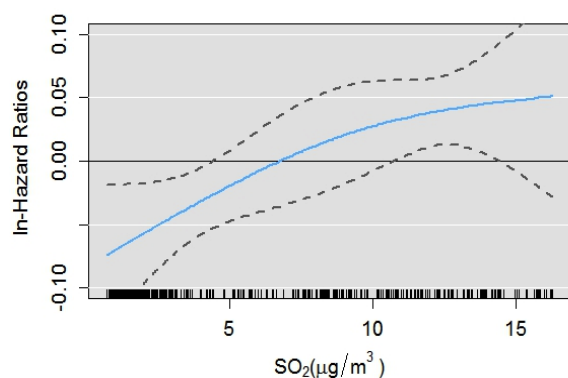
SEDE TUMORALE	N	POLO ENERGETICO				POLO CHIMICO			
		ESPOSIZIONE 1997 PM ₁₀ (95°p - 5°p = 0.967)		ESPOSIZIONE 1997 SO ₂ (95°p - 5°p = 14.758)		ESPOSIZIONE 1997 VOC (95°p - 5°p = 1.535)			
		HR*	Low	Up	HR*	Low	Up	HR*	Low
Tutti i tumori (maligni)	5183	1.03	0.98	1.07	1.09	0.99	1.19	1.02	0.98
Vie aerodigestive superiori	88	0.65	0.31	1.35	0.64	0.32	1.26	0.69	0.35
Esofago	22								
Stomaco	159	0.91	0.54	1.54	1.02	0.61	1.70	0.76	0.46
Colon-retto	496	0.79	0.58	1.07	0.80	0.59	1.06	0.83	0.62
Fegato	137	1.07	0.96	1.20	1.52	0.89	2.60	1.08	0.95
Colecisti e vie biliari	76	1.05	0.77	1.43	1.12	0.54	2.35	1.05	0.80
Pancreas	102	1.08	0.96	1.20	1.79	0.95	3.38	1.08	0.96
Laringe	45	0.52	0.19	1.42	0.56	0.22	1.42	0.56	0.22
Polmoni	508	1.06	0.98	1.15	1.38	1.05	1.83	1.05	0.93
Pleura	20								
Oso	10								
Cute	1254	1.04	0.97	1.11	1.15	0.96	1.38	1.05	0.99
Tessuti molli	32	0.47	0.14	1.64	0.48	0.15	1.51	0.72	0.23
Mammella	640	1.03	0.94	1.14	1.15	0.88	1.48	1.03	0.95
Prostata	385	0.84	0.60	1.18	0.78	0.56	1.08	0.85	0.62
Testicolo	29								
Rene	100	1.03	0.78	1.35	1.01	0.53	1.92	0.99	0.61
Pelvi e vie urinarie	18								
Vescica	197	0.98	0.64	1.51	1.08	0.68	1.69	0.88	0.57
Sistema nervoso centrale	88	1.06	0.90	1.26	1.53	0.77	3.04	1.03	0.82
Tiroide	196	0.70	0.43	1.14	0.72	0.45	1.14	0.65	0.41
Mesotelioma	19	1.02	0.78	1.35	1.82	0.37	8.99	1.00	0.28
Linfoematopoietico	263	1.06	0.97	1.16	1.33	0.89	1.98	1.06	0.98
Sarcoma di Kaposi	36	2.35	0.85	6.47	2.51	0.85	7.38	2.51	0.85
Linfoma di Hodgkin	29								
Linfoma non Hodgkin	10								
Mieloma	59	1.08	0.96	1.21	2.82	1.22	6.51	1.09	0.95
Leucemie	129	0.89	0.50	1.60	0.87	0.49	1.53	1.02	0.79

*Hazard Ratio (HR) da modello di Cox stratificato per periodo di follow-up (tre classi) e aggiustato per sesso, età (asse temporale), stato socioeconomico, regione di nascita, occupazione

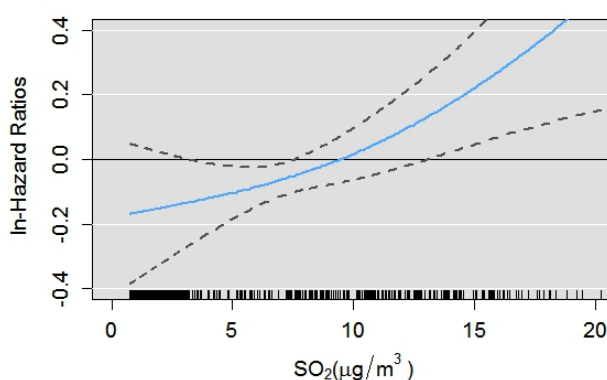
La linearità dell'associazione tra SO_2 (1997) e mortalità per tumori, in particolare tumore del pancreas, e malattie respiratorie è confermata dalla rappresentazione delle splines riportate in figura 22. La linearità nella relazione esposizione-risposta è confermata anche per l'esposizione tempo dipendente (lag 0) per la mortalità per gli eventi coronarici acuti (Figura 22).

Figura 22: Relazione concentrazione-risposta (spline) dell'associazione tra mortalità causa-specifica e SO_2 (1997 e lag 0), 2000-2013

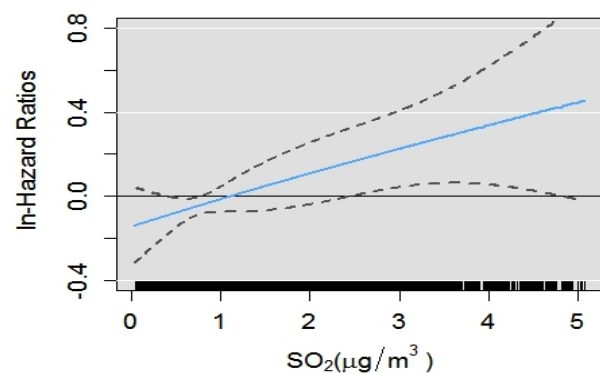
a) Tumori / SO_2 1997



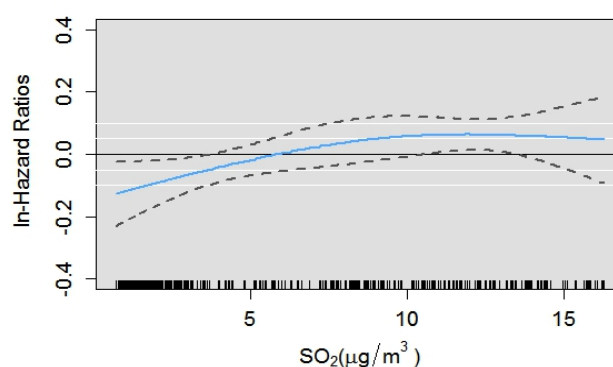
b) Tumore pancreas / SO_2 1997



c) Eventi coronarici acuti / SO_2 lag 0



d) Malattie respiratorie / SO_2 1997



DISCUSSIONE

Questo studio ha valutato l'effetto cronico delle esposizioni agli inquinanti emessi dalle centrali termoelettriche e dal polo petrolchimico su mortalità/morbidità ed incidenza tumorale nella coorte dei residenti nell'area di Brindisi dal 2000 fino a tutto il 2013. Lo studio è stato condotto con l'approccio della coorte residenziale nel quale la valutazione dell'esposizione all'indirizzo di residenza al momento dell'arruolamento viene effettuata usando tecniche basate sui modelli di dispersione. L'ipotesi che lo studio voleva testare è che il rischio di morte/ricorso alle cure ospedaliere/incidenza tumorale dei residenti fosse maggiore dove le concentrazioni degli inquinanti industriali stimate alla residenza erano più elevate. In primo luogo va sottolineato che il quadro emissivo nel periodo in studio è andato incontro a profonde modificazioni, con valori più elevati nei primi anni che si riducono drasticamente nell'ultimo quadriennio, nel corso del quale peraltro si registra il fermo della centrale Edipower (2012). Pertanto sono state condotte analisi sulla mortalità e sull'incidenza dei tumori in relazione allo scenario emissivo 1997, con i valori di esposizione più alti, e analisi sulla mortalità e sui ricoveri ospedalieri considerando l'esposizione tempo-dipendente nell'intero periodo.

In relazione all'esposizione complessiva a PM_{10} ed SO_2 da centrali termoelettriche (stimata al 1997), nella popolazione più esposta si è osservato un aumento del rischio della mortalità per tumori maligni, tumore del pancreas, tumore della vescica (uomini) e leucemia (tra gli uomini), eventi coronarici acuti e malattie dell'apparato respiratorio, in particolare BPCO. Con l'esposizione tempo dipendente a SO_2 (lag 0), invece di quella fissa stimata al 1997, la relazione tra SO_2 e mortalità per eventi coronarici si conferma, mentre non si osserva più nel periodo più recente (2010-2013). L'esposizione alle emissioni dal petrolchimico (COV) è risultata associata a mortalità per eventi coronarici acuti e per malattie respiratorie. L'analisi del ricorso alle cure ospedaliere ha evidenziato che a concentrazioni più alte degli inquinanti di origine industriale, sia delle centrali sia del petrolchimico, corrispondono eccessi di ospedalizzazioni per diabete, malattie neurologiche, patologie cardio e cerebrovascolari e respiratorie. La esposizione ad inquinanti da polo petrolchimico è risultata associata a ricoveri nel primo anno di vita per malformazioni congenite, ma tale associazione non è osservata nell'analisi relativa al periodo 2010-2013. L'analisi dell'incidenza tumorale ha evidenziato per il PM da centrali elettriche eccessi di rischio per tumore al polmone e mieloma multiplo, mentre l'esposizione a COV dal petrolchimico è associata ad un aumento non statisticamente significativo del rischio di tumori della cute.

L'analisi degli effetti dell'inquinamento industriale relativamente ai tre periodi del follow-up ha fatto emergere per le patologie cardio-respiratorie rischi relativi più marcati nel primo periodo in presenza di livelli espositivi più alti e con un maggiore contrasto della esposizione (range 5°-95° percentile). Nel periodo più recente (2010-2013) la

associazione per le patologie cardiorespiratorie rimane, anche se è di entità minore e per un contrasto molto più contenuto. Tale risultato si presta a due possibili interpretazioni:

1. Gli effetti sanitari per le patologie cardiorespiratorie sono il risultato delle emissioni industriali del periodo più recente, anche in presenza di livelli espositivi molto contenuti.
2. Le popolazioni interessate hanno subito dei livelli espositivi più elevati negli anni passati e l'incremento di rischio osservato nell'ultimo periodo è probabilmente un effetto residuale delle esposizioni passate.

Poiché l'ultimo periodo ha visto livelli di emissione di sostanze inquinanti dagli impianti termoelettrici molto contenuti, riteniamo che la seconda ipotesi interpretativa possa essere più credibile.

Un effetto di confondimento residuo non appare probabile: tutte le associazioni riportate in questo rapporto sono state stimate tenendo conto delle caratteristiche individuali, del livello socio-economico e dell'esposizione occupazionale dei residenti.

L'effetto *di per se* dello stato socio-economico è stato indagato in dettaglio e sono riportati in appendice (Appendice 5) i dati relativi alla mortalità per quartiere/comune di residenza l'analisi per posizione socioeconomica dei residenti nell'area di Brindisi. Si è evidenziato un eccesso di rischio di mortalità per malattie cardiorespiratorie tra i residenti in aree economicamente più svantaggiate (SEP basso e medio basso) rispetto ai residenti in aree con SEP elevato (al netto dell'effetto della concomitante esposizione ambientale ed occupazionale). Tale dato è coerente con la letteratura scientifica più recente che ha messo in rilievo importanti differenziali sociali nel profilo di rischio di mortalità.

Alcune delle associazioni indagate avevano ipotesi a priori molto forti dal punto di vista scientifico perché gli inquinanti ambientali di origine industriale presenti nell'area (centrali termoelettriche e petrolchimico) sono già stati studiati in diversi contesti in ambito nazionale ed internazionale. Esiste infatti un corpo di evidenze scientifiche in grado di suffragare i risultati per quanto riguarda gli effetti cardiovascolari e respiratori del PM₁₀ (e dei suoi componenti) e dell'SO₂ sulla popolazione generale. L'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS) stima che l'inquinamento atmosferico ambientale sia responsabile nel mondo di circa 3.7 milioni di decessi all'anno, 400.000 solo in Europa; esso è responsabile di 6.3 milioni di anni di vita persi e del 3% della mortalità cardiorespiratoria. L'associazione tra inquinamento e malattie cardiovascolari e respiratorie è stato osservato in numerosi studi (Brook, 2010) ed è stato ben documentato dall'OMS (REVIHAAP, 2013). Pertanto, i risultati relativi alla mortalità per malattie cardiovascolari ed eventi coronarici (specie quando si considera una latenza breve tra esposizione ed

esito) e di malattie respiratorie sono da ritenersi ben documentati dalla letteratura scientifica.

L'inquinamento di origine industriale è risultato inoltre associato ad un aumento del rischio di mortalità per tumori nel loro complesso e tumori della vescica, del pancreas, e leucemie negli uomini. Nello studio della incidenza tumorale si è osservato un chiaro aumento di tumore polmonare e mieloma multiplo in relazione con le emissioni degli impianti energetici. Solo per il tumore polmonare la letteratura scientifica ha stabilito un chiaro nesso di causalità con l'inquinamento atmosferico (IARC, 2013). Il tumore della vescica è risultato associato all'inquinamento atmosferico in studi condotti in Spagna (Castaño-Vinyals, 2008) e Taiwan (Liu, 2009) e la recente valutazione della Agenzia Internazionale per la Ricerca sul cancro (IARC) ha evidenziato una possibile associazione tra inquinamento atmosferico *outdoor* e tumore della vescica ma senza attribuire un giudizio di casualità (IARC, 2013). Il recente studio condotto dal consorzio ESCAPE non ha tuttavia messo in evidenza alcuna associazione tra esposizione residenziale e incidenza di tumore della vescica (Pedersen, 2016). Il tumore del pancreas, è una forma di cancro rapidamente letale che riconosce pochi fattori di rischio, tra cui il fumo di sigarette e alcune esposizioni occupazionali. In generale, questa forma tumorale sembra essere favorita dalla esposizione a prodotti della combustione. (Kim, 2011). Uno studio di coorte residenziale condotto a Roma in un'area industriale ha evidenziato un eccesso di tumore della vescica tra le donne esposte all'SO₂ tracciante di una raffineria; nello stesso studio l'esposizione a PM₁₀ proveniente da un inceneritore è risultata associata a patologie a tumore del pancreas e a tumore della laringe (donne) (Ancona, 2015). Le leucemie sono ovviamente rilevanti poiché i fattori eziologici noti sono rappresentati dalle radiazioni ionizzanti e dalle esposizioni professionali, in particolare i composti organici volatili (benzene). Nel caso di Brindisi si è riscontrata una associazione tra leucemia ed emissioni delle centrali (uomini) mentre meno evidente è la relazione con le emissioni dell'impianto petrolchimico. Ancora più difficile è l'interpretazione dei risultati per quanto riguarda l'incidenza di mieloma multiplo per il quale la letteratura sul possibile nesso con l'inquinamento è limitata. In sintesi, nella interpretazione dei dati, per quanto riguarda le malattie tumorali va segnalato l'eccesso di rischio per il tumore del polmone, per il quale la letteratura suggerisce un ruolo causale. Per tutte le altre forme tumorali, i dati sono solo suggestivi di un possibile ruolo dell'inquinamento industriale. E' importante sottolineare che la popolazione in prossimità delle aree industriali condivide esposizioni multiple ed è difficile isolare fonti inquinanti uniche. Occorre peraltro osservare che le esposizioni agli inquinanti provenienti dagli impianti energetici e dal petrochimico sono moderatamente correlate e quindi non è possibile attribuire gli effetti in maniera univoca ad un impianto rispetto ad un altro.

Lo studio presenta diversi punti di forza e limiti. Il primo punto di forza è la dimensione della coorte (223,934 residenti, di cui gli studiati di 18+ anni sono 162,675) e il disegno

di studio longitudinale adottato. La ricostruzione retrospettiva dell'esposizione della popolazione ha consentito di cogliere adeguatamente la distanza temporale tra esposizioni ed esiti sanitari a lungo termine come i tumori maligni e, in particolare il tumore del polmone, del pancreas, della vescica, e le leucemie. I risultati sono stati aggiustati per diversi fattori di confondimento: età, luogo di nascita, posizione socio-economica e variabili legate al contesto ambientale e occupazionale. Sono tuttavia da considerare alcuni aspetti critici. Il PM₁₀, l'SO₂ e i COV di origine industriale, come stimati dai modelli di dispersione, rappresentano solo degli indicatori di esposizione e possibili traccianti delle sostanze emesse. Questi indicatori sono stati usati nell'analisi ed hanno indicato alcune associazioni chiare con gli eventi sanitari a priori considerati. Si conviene però che tali indicatori siano pur sempre delle stime affette da errore. La possibile misclassificazione di questi indicatori rispetto alla vera esposizione della popolazione può essere considerata non differenziale, ossia si presuppone che non ci sia differenza tra casi rispetto a non casi. In tal caso, i rischi relativi ottenuti dallo studio possono essere considerati conservativi. La ricostruzione storica dell'esposizione è soggetta a scelte e metodi di interpolazione che presuppongono delle assunzioni a priori. L'esposizione retrospettiva potrebbe dunque risultare affetta da errore nella stima, che comporterebbe comunque, per le ipotesi conservative considerate, una sottostima della stessa e quindi anche una sottostima dei rischi relativi. Le concentrazioni di inquinanti stimati presso la residenza delle persone possono non rappresentare adeguatamente la reale esposizione, perché le persone non sono sempre nella loro abitazione, e questo studio non include tutte le informazioni riguardanti le attività quotidiane e il luogo di lavoro degli individui della coorte. Non è stato possibile controllare per i fattori di rischio individuali: il fumo di sigarette, l'alcol, l'attività fisica e l'obesità. Nello studio sono stati tuttavia considerati in dettaglio i più importanti fattori di confondimento, quali il livello socio economico dell'area di residenza e l'esposizione occupazionale. E' infatti importante osservare che molte delle abitudini personali elencate sono associate allo stato socioeconomico. È ragionevole dunque ritenere che la correzione effettuata nell'analisi statistica per gli indicatori di posizione socio-economica abbia anche contribuito a tener conto delle variabili individuali e di stile di vita non misurabili sperimentalmente.

In questa indagine, gli eccessi di mortalità/morbidità segnalati sono significativi dal punto di vista statistico, ed è difficile attribuire quanto osservato all'effetto del caso. Nello studio gli esiti sono stati selezionati sulla base delle conoscenze disponibili su inquinamento industriale e salute delle popolazioni residenti, e ciò consente di escludere ragionevolmente che i risultati osservati siano dipendenti dall'elevato numero di confronti effettuati (*multiple testing*).

CONCLUSIONI

Gli eccessi di mortalità e morbosità cardiovascolare e respiratoria osservati nella coorte dei residenti nell'area di Brindisi nei sottogruppi più esposti agli inquinanti di origine industriale sono coerenti con le consolidate indicazioni della letteratura scientifica sugli effetti dell'inquinamento atmosferico relativamente a queste patologie. Da questo punto di vista si può ragionevolmente ritenere che le emissioni industriali abbiano causato nel tempo un aumento della morbosità e quindi della mortalità.

L'associazione con le patologie cardiovascolari e quelle dell'apparato respiratorio si manifesta non solo quando si considera il quadro emissivo del 1997 e quando si utilizza come indicatore di esposizione l'anno corrente (lag 0), ma anche quando si è considerata l'esposizione durante il periodo più recente, di gran lunga più contenuta rispetto agli anni '90, anche a causa dell'intervenuto fermo della centrale Edipower nel 2012. L'aver evidenziato effetti sanitari anche nell'ultimo periodo, presumibilmente a causa delle più elevate concentrazioni del passato, supporta la necessità di interventi per l'ulteriore contenimento delle emissioni industriali a tutela della salute pubblica dei residenti nell'area.

I risultati relativi alle malformazioni congenite in rapporto con le emissioni del petrolchimico, nonostante l'associazione non si osservi più nel periodo 2010-2013, suggeriscono l'opportunità di un esame più approfondito della salute riproduttiva in rapporto con le emissioni industriali nel territorio.

I risultati relativi alla mortalità/incidenza per tumore, per cui le esposizioni rilevanti sono quelle del passato a causa dei lunghi tempi di latenza, sono ovviamente suggestivi di un ruolo causale delle emissioni industriali per il tumore del polmone; per i tumori della vescica e per la leucemia diversi studi hanno riconosciuto un ruolo dei fattori ambientali ed occupazionale. Meno chiari sono i risultati per il tumore del pancreas.

In sintesi, lo studio ha ben caratterizzato l'area dal punto di vista ambientale, evidenziando le profonde modifiche intervenute nel tempo, ha reclutato una coorte di popolazione di sette comuni dell'area di Brindisi che potrà essere seguita nel tempo, e ha messo in rilievo un importante impatto sulla salute delle emissioni industriali, in particolare nel primo periodo in studio.

I risultati evidenziati indicano la necessità di proseguire la sorveglianza epidemiologica, garantendo contestualmente l'attuazione di tutte le misure preventive atte a tutelare la salute della popolazione residente in questo territorio, compresa l'adozione delle migliori tecniche disponibili per il contenimento delle emissioni industriali.

Bibliografia

1. Alessandrini EA, Faustini A, Chiusolo M et al. Inquinamento atmosferico e mortalità in venticinque città italiane: risultati del progetto EpiAir2. *Epidemiol Prev* 2013; 37 (4-5): 220-229
2. Ancona C, Badaloni C, Mataloni F, Bolignano A, Bucci S, Cesaroni G, Sozzi R, Davoli M, Forastiere F. Mortality and morbidity in a population exposed to multiple sources of air pollution: A retrospective cohort study using air dispersion models. *Environ Res.* 2015 Feb.
3. Ancona C, Badaloni C, Mataloni F, et al. Mortality and morbidity in a population exposed to multiple sources of air pollution: A retrospective cohort study using air dispersion models. *Environ Res.* 2015;137:467-474. doi:10.1016/j.envres.2014.10.036.
4. Baccini M, Biggeri A, Gruppo Collaborativo EpiAir2. Impatto a breve termine dell'inquinamento dell'aria nelle città coperte dalla sorveglianza epidemiologica EpiAir2. *Epidemiol Prev* 2013; 37 (4-5): 252-262.
5. Belli S, Benedetti M, Comba P et al. Case-control study on cancer risk associated to residence in the neighbourhood of a petrochemical plant. *Eur J Epidemiol* 2004; 19: 49-54
6. Bertollini R, Faberi M, Di Tanno N. Ambiente e salute in Italia. Il pensiero scientifico eds, Organizzazione mondiale della sanità, Centro europeo ambiente e salute, Divisione di Roma
7. Brook RD, Rajagopalan S, Pope CA, 3rd, Brook JR, Bhatnagar A, Diez-Roux AV, Holguin F, Hong Y, Luepker RV, Mittleman MA, Peters A, Siscovick D, Smith SC, Jr., Whitsel L, Kaufman JD.. Particulate matter air pollution and cardiovascular disease: An update to the scientific statement from the American Heart Association. *Circulation*, 2010; 121: 2331-78.
8. Bruni A, Gianicolo EA., Vigotti MA, Faustini A. Stima della prevalenza di broncopneumopatia cronica ostruttiva (BPCO) nella Provincia di Brindisi per gli anni 2005- 2009. *Epidemiol Prev* 2014; 38 (2): 108-115.
9. Caranci N, Biggeri A, Grisotto L, Pacelli B, Spadea T, Costa G. The Italian deprivation index at census block level: definition, description and association with general mortality. *Epidemiol Prev.* 2010 Jul-Aug; 34(4):167-76.
10. Castaño-Vinyals G, Cantor KP, Tardon A, Garcia-Closas R, Serra C, Carrato A, et al. Air pollution and risk of urinary bladder cancer in a case-control study in Spain. *Occup Environ Med* 2008; 65:56-60.
11. Decreto di AIA n. 253 del 28/06/2012 del MATTM per la CTE Enel Produzione SpA di Brindisi provvedimento di AIA n. 253 del 28/06/2012 del MATTM per la CTE Enel Produzione SpA di Brindisi
12. EPA (U.S. Environmental Protection Agency), 2006. AP 42. Compilation of Air Pollutant Emission Factors. Volume 1: Stationary Point and Area Sources. Chapter 13. Miscellaneous

- Sources, Section 13.2., Fugitive Dust Sources. Fifth Edition. Research Triangle Park NC: EPA, 2006.
13. Gianicolo EA, Bruni A, Mangia C, Cervino M, Vigotti MA. Acute effects of urban and industrial pollution in a government-designated "Environmental risk area": the case of Brindisi, Italy. *Int J Environ Health Res.* 2013 Jan 15.
 14. Gianicolo EA, Bruni A, Rosati E, Sabina S, Guarino R, Padolecchia G, Leo C, Vigotti MA, Andreassi MG, Latini G. Congenital anomalies among live births in a polluted area. A ten-year retrospective study. *BMC Pregnancy Child birth.* 2012 Dec 27;12:165.
 15. Gianicolo EA, Mangia C, Cervino M, Bruni A, Andreassi MG, Latini G. Congenital anomalies among live births in a high environmental risk area- a case-control study. *Environ Res* 2014 Jan; 128: 9-14
 16. Gianicolo EA, Serinelli M, Vigotti MA, Portaluri M. Mortalità nei comuni della Provincia di Brindisi, 1981-2001. *Epidemiol Prev* 2008; 32: 49-57.
 17. Giua R, Morabito A, Tanzarella A, Spagnolo S, Pastore T, Bevere M, Valentini E, La Ghezza V. Application of a Lagrangian particle model to the source apportionment for primary macropollutants in Taranto area (South Italy). *Int J.Environment and Pollution* 2014; 55 (Nos 1/2/3/4): 31-40.
 18. International Agency for Research on Cancer (IARC). Outdoor Air Pollution. Volume 109. Lyon, France: International Agency for Research on Cancer. 2013.
 19. Kim YM, Kim JW, Lee HJ. Burden of disease attributable to air pollutants from municipal solid waste incinerators in Seoul, Korea: a source-specific approach for environmental burden of disease. *Sci Total Environ* 2011 May 1; 409(11):2019-289
 20. Liu CC, Tsai SS, Chiu HF, Wu TN, Chen CC, Yang CY. Ambient exposure to criteria air pollutants and risk of death from bladder cancer in Taiwan. *Inhal Toxicol* 2009; 21:48-54.
 21. Mangia C, Cervino M, Gianicolo EA. Secondary particulate matter originating from an industrial source and its impact on population health. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 2015, 12(7), 7667-7681.
 22. Martuzzi M, Mitis F, Biggeri A, Terracini B, Bertollini R. Environment and health status of the population in areas with high risk of environmental crisis in Italy. *Epidemiol Prev* 2002; 6 (Suppl): 1-53.
 23. Nota di Edipower prot. P2015001961 del 07/07/15
 24. Nota di ENEL (N. Prot. 36545 del 29/06/2015) in riscontro alla richiesta di ARPA Puglia N.32127 del 8/06/2015
 25. Nota di Versalis in risposta al verbale di constatazione ARPA del 28-05-2015

-
26. Nota in risposta alle richieste a seguito di verbale di constatazione – N°13 del 28 Maggio 2015 – Basell Poliolefine Italia – Stabilimento di Brindisi
 27. Pedersen M, Stafoggia M, Weinmayr G, et al. Is There an Association Between Ambient Air Pollution and Bladder Cancer Incidence? Analysis of 15 European Cohorts. *Eur Urol Focus* 2016;
 28. Pirastu R, Belli S, Bruno C, et al. The mortality among the makers of vinyl chloride in Italy. *Med Lav* 1991; 82: 388-423.
 29. Pirastu R, Iavarone I, Pasetto R, Zona A, Comba P, SENTIERI Working Group. SENTIERI Project. Mortality study of residents in Italian polluted sites: Results. *Epidemiol Prev* 2011; 5-6 (Suppl 4): 59-61.
 30. Rapporto Ambientale Enel – 1998. url: https://www.enel.com/content/dam/enel-com/governance_pdf/reports/bilanci-annuali/1998/rapp_amb_1998_it.pdf Nota ENEL N. Prot. Protocollo 36545 del 29/06/2015
 31. Rapporto di Sintesi – Area di Brindisi – Fase A: Identificazione delle problematiche ambientali e di sicurezza Rev.0 - dic 1995, predisposto da ENEA.
 32. Report «Ripotenziamento centrale di Brindisi, SIA» - Novembre 2003 - D'Appolonia
 33. Scarinzi C, Alessandrini EA, Chiusolo M et al. Inquinamento atmosferico e ricoveri ospedalieri urgenti in venticinque città italiane: risultati del progetto EpiAir2. *Epidemiol Prev* 2013; 37 (4-5): 230-241
 34. Serinelli M, Gianicolo EA, Cervino M, Mangia C, Portaluri M, Vigotti MA. Effetti acuti dell'inquinamento a Brindisi: analisi case-crossover. *Epidemiol Prev* 2010; 34 (3), Periodo: maggio-giugno, pagine: 100-107.
 35. Studio di Impatto Ambientale della centrale a ciclo combinato realizzato da SnamProgetti (dicembre 2000)
 36. Tinarelli G, Anfossi D, Bider M, Ferrero E, Trini Castelli S. A new high performance version of the Lagrangian particle dispersion model SPRAY, some case studies, *Air Pollution Modelling and its Applications XIII*. S.E. Gryning and E. Batchvarova eds., Kluwer Academic / Plenum Press, New York, 1999, 499-507.
 37. Zanini G. Il Sistema MINNI, modello integrato nazionale per la valutazione degli effetti dell'inquinamento atmosferico e dell'efficacia delle politiche di riduzione delle emissioni di inquinanti atmosferici. *Epidemiologia e prevenzione* 2009 Nov-Dic Suppl 1; anno 33(6).

APPENDICE 1 – Metodologia per la ricostruzione dell'esposizione

Per valutare l'esposizione annuale, su base geografica, dei soggetti residenti nell'area oggetto di interesse nel periodo 1991-2014 alle emissioni di anidride solforosa (SO₂) e particolato (PM₁₀), prodotte dalle centrali termoelettriche, e alle emissioni di composti organici volatili (COV), prodotte dal polo petrolchimico, sono state nell'ordine:

- identificate le sorgenti emissive inquinanti,
- stimate le corrispondenti emissioni massiche annuali per i traccianti selezionati,
- elaborate le corrispondenti mappe di distribuzione al suolo, simulate con l'ausilio della modellistica diffusionale.

Per il polo energetico e petrolchimico sono stati identificati quali traccianti (composti utili a rivelare il comportamento/percorso di alcune classi di contaminati) quegli inquinanti che, oltre ad essere rappresentativi dei processi produttivi che hanno determinato nel tempo un rilascio ingente di emissioni inquinanti in atmosfera, garantissero un'adeguata copertura temporale nel periodo in esame. Per la ricostruzione degli scenari emissivi annuali è stata condotta una complessa attività di ricerca ed analisi documentale attraverso il reperimento e la consultazione della documentazione disponibile presso il Dipartimento di Brindisi di Arpa Puglia, consistente in studi di impatto ambientale, domande di autorizzazione ai sensi del DPR 203/88, documentazione per AIA, rapporti di impatto d'area, ecc. Sono stati acquisiti, inoltre, i riscontri¹ alle specifiche richieste di informazione e di dati storici trasmesse alle società che attualmente gestiscono il polo petrolchimico e le centrali, anche svolgendo mirati sopralluoghi presso alcuni impianti, al fine di acquisire ulteriori informazioni e documentazioni utili. La ricerca e l'analisi dei suddetti documenti ha consentito, tramite la ricostruzione degli avvicendamenti societari, del ciclo produttivo e dell'evoluzione impiantistica², di identificare le sorgenti emissive con le relative caratteristiche geometriche e termodinamiche e stimare i flussi massici dei traccianti considerati.

In particolare i dati reperiti relativi alla produzione, ai consumi di combustibile, ai quantitativi di materiali stoccati sono risultati particolarmente utili quali variabili proxy per la ricostruzione dei dati emissivi mancanti.

Relativamente alla definizione dei flussi massici sono stati utilizzati, laddove disponibili, sia i dati di concentrazione degli inquinanti provenienti dai Sistemi di Monitoraggio alle

¹ A causa però dei complessi avvicendamenti societari, che si sono verificati per alcuni di questi impianti, il riscontro a tali richieste non è stato sempre completo ed esaustivo.

² In particolare si è cercato di identificare quelle modifiche sostanziali del layout impiantistico tali da comportare una modifica delle emissioni (l'attivazione/spengimento dei punti di emissione o di sistemi di abbattimento).

Emissioni (SME) che i dati di diversi database ambientali (ad esempio l'inventario nazionale delle emissioni ISPRA, dati del registro INES/EPRT, ecc.).

Ciò ha quindi comportato una ricostruzione emissiva (e conseguentemente di impatto) di qualità differente a seconda della quantità e qualità dei dati emissivi e/o informazioni disponibili nonché delle metodologie di stima utilizzate.

La complessità sia degli scenari emissivi considerati che della meteorologia dell'area in esame, caratterizzata dall'innescarsi di condizioni meteo diffusive non omogenee e non stazionarie per la discontinuità terra-mare, ha reso necessario l'utilizzo di una modellistica tridimensionale di tipo avanzato, in grado, cioè, di riprodurre realisticamente le variazioni spaziali e temporali sia del campo di moto che dei diversi regimi di turbolenza atmosferica. E' stato quindi utilizzato un sistema modellistico (Figura 1), incentrato sul modello lagrangiano a particelle, SPRAY, adatto a fornire una ricostruzione accurata della distribuzione spaziale locale degli inquinanti primari [1],[2].

Il dominio di simulazione (Figura 2) è stato selezionato in modo da comprendere i comuni di Brindisi, Carovigno, Cellino San Marco, Mesagne, San Pietro Vernotico, San Vito dei Normanni e Torchiarello. In tabella 1 si riportano le caratteristiche del dominio di simulazione.

Le simulazioni sono state condotte considerando quale anno meteorologico di riferimento il 2007. Relativamente a questo anno si dispone infatti del dataset meteorologico MINNI[3], prodotto ad una risoluzione spaziale pari a 4km dal modello prognostico a mesoscala RAMS. A partire da questo dataset il modello meteorologico diagnostico MINERVE fornisce a SPRAY i campi tridimensionali orari di vento e temperatura sul dominio di simulazione. Il codice SurfPro 3.0 ricostruisce per SPRAY i campi di turbolenza. Il modello SPRAY ricostruisce i campi di concentrazione orari al suolo, a partire dai quali si elaborano le mappe di distribuzione al suolo delle concentrazioni medie annuali degli inquinanti³ considerati.

Avendo a disposizione il database meteorologico tridimensionale per un solo anno (2007), la ricostruzione storica dell'impatto medio annuale, prodotto sia dal polo energetico che dal polo petrolchimico, è stata ottenuta per ogni anno del periodo in esame, assumendo costante la forzante meteorologica e aggiornando i flussi massici e le caratteristiche delle sorgenti emissive attive. Per alcune sorgenti emissive (ad es. le sorgenti convogliate delle centrali termoelettriche) sono state condotte più simulazioni, allorquando si sono verificate condizioni che hanno determinato una modifica nota delle caratteristiche strutturali e/o fluidodinamiche delle sorgenti. In particolare per una determinata configurazione della sorgente emissiva la simulazione è stata condotta

³ Nella stima delle concentrazioni al suolo, simulate per il PM10, si è inoltre tenuto conto degli effetti di rimozione, dovuti ai processi di deposizione umida e secca.

considerando una emissione di riferimento identificata come caso base. L'impatto medio annuale relativo ad uno specifico anno della stessa sorgente è stato quindi calcolato moltiplicando l'impatto medio riferito al caso base per un fattore dato dal rapporto tra l'emissione specifica dell'anno e l'emissione di riferimento. Per un dato anno e per uno specifico inquinante l'impatto medio totale, prodotto dal polo energetico o dal polo petrolchimico, è stato quindi ottenuto come somma degli impatti medi delle singole sorgenti attive.

Figura 1: schema del sistema modellistico

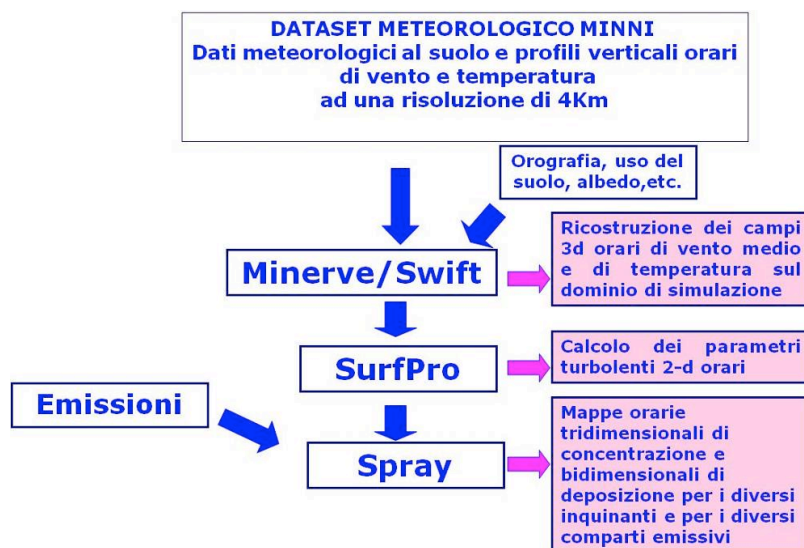


Figura 2: dominio di simulazione rappresentato in termini di orografia

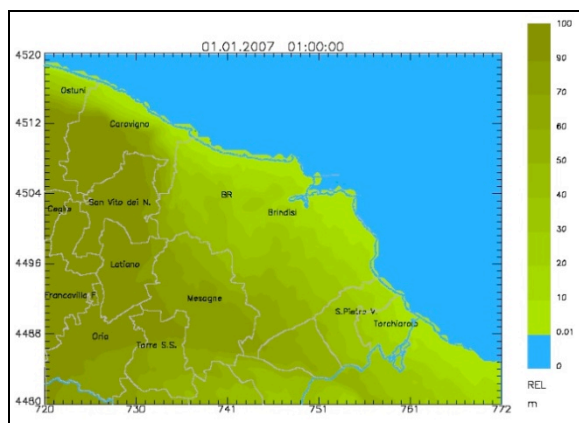


Tabella 1: Caratteristiche del dominio di simulazione

	<i>Dominio</i>
<i>Estensione</i>	53km x 41km
<i>Risoluzione</i>	500m
<i>Coordinate X, Y del punto SO</i>	UTM33 WGS34 719728m, 4479600m
<i>NX e NY</i>	105x81

Ricostruzione dell'evoluzione dell'impatto delle centrali termoelettriche per SO₂ e PM10 nel periodo 1991-2014

Nel periodo 1991-2014 hanno operato sul territorio brindisino tre centrali termoelettriche: la centrale a servizio del petrolchimico (ora ENIPOWER) e le centrali termoelettriche ENEL Nord (ora EDIPOWER, spenta a dicembre 2012) ed ENEL Sud (ora ENEL Produzione, sita in Località a Cerano a Brindisi). Per fornire una valutazione dell'impatto prodotto dalle centrali termoelettriche sono state considerate quali sorgenti emissive, di cui stimare le emissioni ed i relativi impatti per SO₂ e PM10, sia i camini, nei quali sono convogliati i fumi di combustione, che le emissioni diffuse prodotte in termini di PM10 dai carbonili per effetto dell'erosione eolica.

Per quantificare le emissioni di PM10 e SO₂, prodotte dalle sorgenti convogliate, sono stati considerati i dati misurati dai Sistemi di Monitoraggio alle Emissioni (SME)⁴, laddove disponibili, altrimenti sono state elaborate e/o utilizzate le stime acquisite dalla documentazione disponibile presso il Dipartimento Arpa Puglia di Brindisi (consistente in studi di impatto ambientale, domande di autorizzazione ai sensi del DPR 203/88, documentazione per AIA, rapporti di impatto d'area) nonché i dati e le informazioni⁵ trasmesse dalle società che attualmente gestiscono le centrali a seguito di specifica richiesta da parte di ARPA e reperite a seguito di sopralluoghi effettuati presso alcuni impianti. I dati così acquisiti hanno consentito di ricostruire l'evoluzione dello scenario emissivo delle tre centrali a partire dal 1991, in quanto per gli anni antecedenti non erano disponibili informazioni tali da consentire una quantificazione delle relative emissioni.

Per la stima delle emissioni di PM10 prodotte dai carbonili per erosione eolica è stato invece utilizzato l'algoritmo AP-42, proposto da US-EPA [4], a partire dal quantitativo di combustibile stoccato a parco.

⁴ I dati SME si riferiscono al PTS, che cautelativamente è assimilato al PM10.

⁵ Dati di produzione, consumo di combustibile, eventuale quantitativo materiale a parte, eventuali modifiche sostanziali dei layout impiantisti sia in termini di installazione di nuovi camini che di impianti di abbattimento.

La centrale termoelettrica a servizio del Petrolchimico di Brindisi, ora della Società Enipower, attiva dal 1962, ha garantito al polo petrolchimico il fabbisogno interno di energia elettrica e di vapore.

Nel periodo in esame diverse società si sono succedute nella gestione della centrale: Enichem Anic negli anni 1991 e 1992, Enichem nel 1993, Frene dal 1994 al 1996, Enichem nel 1997 e nel 1998 e Enipower dal 1999 al 2014.

Fino al 2007 la centrale del petrolchimico era costituita da 6 gruppi termici. Dalle informazioni disponibili si è desunto che solo i 4 gruppi (CTE4, CTE5, CTE6 e CTE11), aventi una potenzialità termica complessiva circa pari a 1000 MWt, fossero attivi nel periodo in esame. I gruppi potevano essere alimentati ad olio combustibile denso (OCD), gas di petrolchimico e metano e non hanno mai avuto impianti di trattamento dei fumi. A partire dal 1996 i camini sono stati dotati di SME. Dal 2007 è entrata in funzione la centrale a ciclo combinato con potenzialità elettrica complessiva pari a 1170 MWe, costituita da 3 gruppi alimentati a metano e gas di petrolchimico. Dallo stesso anno la vecchia centrale è stata disattivata.

In appendice 6 si riporta il dettaglio degli avvicendamenti societari e le caratteristiche dei gruppi.

Nelle figure 3 e 4 si riporta l'andamento delle emissioni annuali di SO₂ e PM₁₀ prodotte dalla centrale del petrolchimico nel periodo 1991-2014.

Le emissioni massiche totali relative al periodo 1996-1998 sono state acquisite da uno studio di impatto ambientale [5], le emissioni relative al 1995 sono state stimate a partire dai dati annuali di produzione riferiti al 1995 e al 1996 e dall'emissione massica del 1996. Le emissioni relative al periodo 1991-1994 sono state assunte costanti e pari a quelle del 1995, non essendo disponibili né stime dirette né informazioni utili ad effettuare tali stime. Dal 2000 al 2006 le emissioni sono state tratte dalle dichiarazioni INES e dalla documentazione AIA. Le emissioni totali sono state ripartite tra i 4 camini, come riportato nel rapporto ENEA [6]. Le caratteristiche strutturali dei camini ed i parametri fluidodinamici dei camini sono stati acquisiti dallo stesso rapporto.

Le emissioni massiche di SO₂ e PM₁₀ relative ai camini della centrale a ciclo combinato CC1, CC2, CC3 sono state stimate a partire dal dato emissivo ottenuto dagli SME per il 2010 e dai dati produttivi acquisiti dal registro E-PRTR.

Figura 3 – Andamento delle emissioni annuali di SO₂ prodotte dalla centrale del petrolchimico tra il 1991 ed il 2014

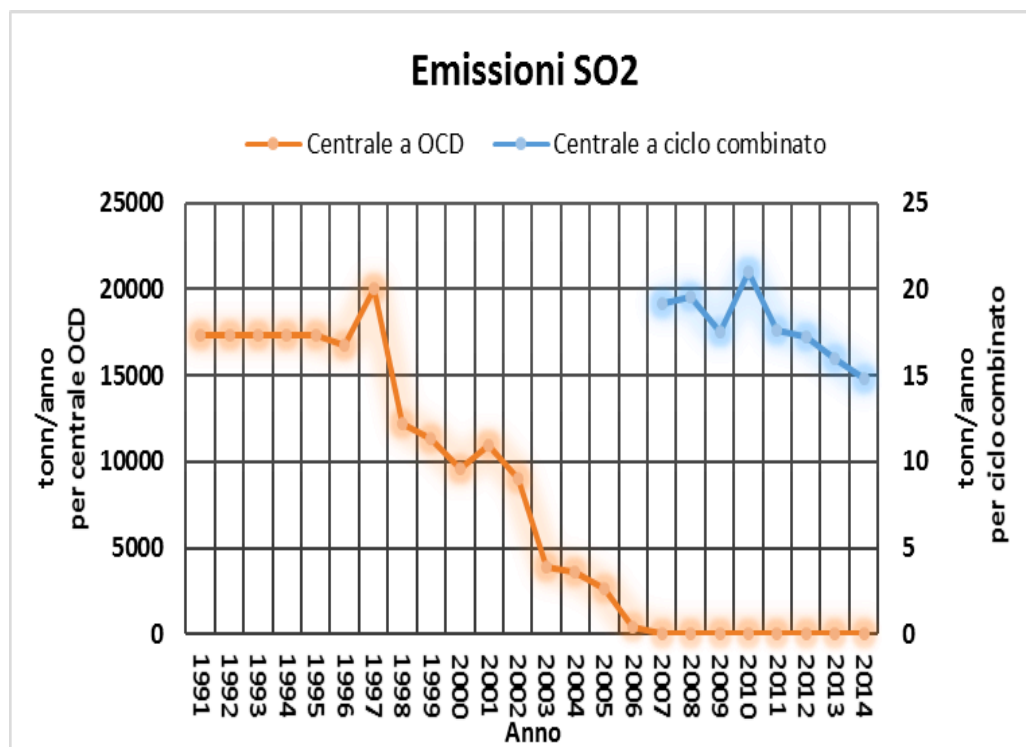
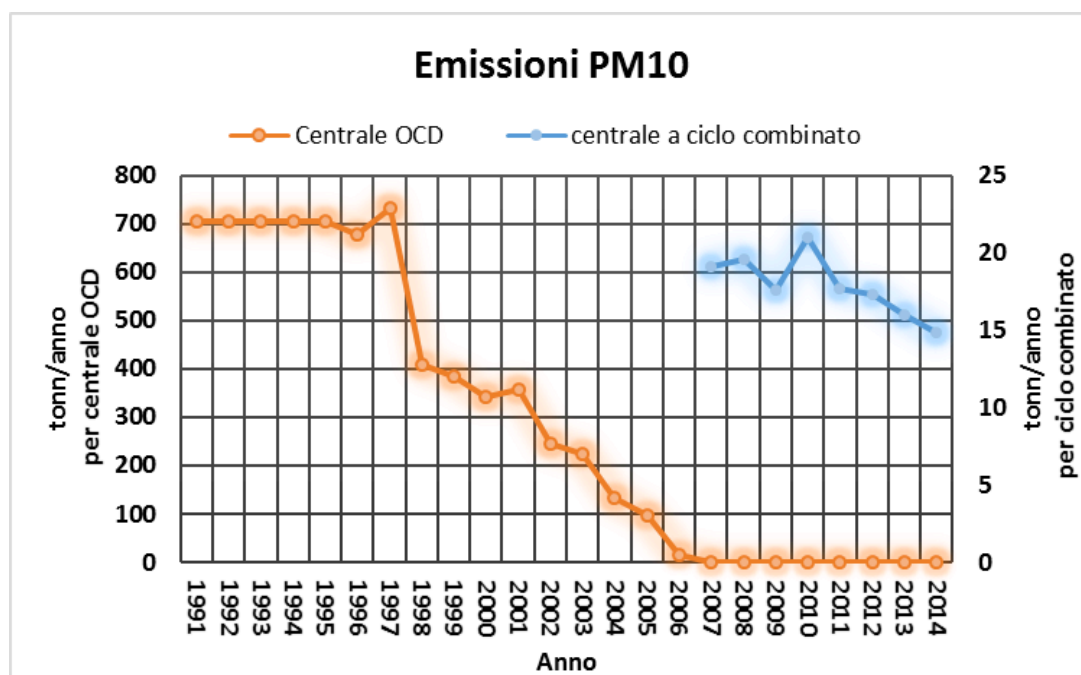


Figura 4 – Andamento delle emissioni annuali di PM₁₀ prodotte dalla centrale del petrolchimico tra il 1991 ed il 2014



I grafici evidenziano una progressiva riduzione delle emissioni nel tempo. Mentre nel 1995 il combustibile utilizzato era in larga parte olio ad alto tenore di zolfo importato dall'esterno e oli combustibili di recupero dagli impianti di processo, successivamente è stato utilizzato OCD con contenuto di zolfo sempre minore e si è ricorso ad un maggiore utilizzo di gas naturale e gas petrolchimico. Dal 2007 le emissioni di SO₂ e PM10 si sono ulteriormente ridotte perché prodotte dalla nuova centrale a ciclo combinato.

Per rappresentare l'impatto prodotto dalla centrale del petrolchimico sono state condotte due simulazioni: la prima riferita alla sola centrale ad olio combustibile, la seconda riferita alla sola centrale a ciclo combinato.

La centrale Edipower entra in esercizio nel 1969⁶. Fino al 1999 era di proprietà ENEL, per poi passare ad Eurogen fino al 2002 e successivamente ad Edipower fino al 26/12/2012, giorno in cui il gestore ne dichiara l'avvenuta fermata. Nasce come centrale alimentata a OCD (olio combustibile denso) e tra il 1983 ed il 1986 viene completata la conversione a carbone⁷, conservando però la possibilità di bruciare OCD come combustibile di supporto o alternativo. Nel 1991 la centrale si è dotata di elettrofiltri (per il contenimento del materiale particolato), nel 2004 sulle sezioni 3 e 4 sono stati installati gli impianti di denitrificazione dei fumi (DeNOx). Nell'appendice 7 si riporta il dettaglio degli avvicendamenti societari e le caratteristiche dei gruppi.

Il 3/03/2005 il parco carbonile all'aperto sul molo di Costa Morena del porto di Brindisi ed il carbone ivi stoccato furono posti sotto sequestro e da quella data il carbonile non è stato più utilizzato. Avvenuto il dissequestro del carbone, lo stesso è stato ceduto a terzi nel 2006. Da quel momento in poi, l'approvvigionamento delle materie prime è stato realizzato utilizzando l'approdo alla banchina di Costa Morena Est da navi shuttle per il carbone e da petroliere per l'olio. Il gasolio è stato rifornito tramite autobotti, nelle seguenti fasi:

- scarico del carbone presso la banchina di Costa Morena Est;
- trasporto del carbone su camion fino al nastro trasportatore prefabbricato;
- scarico del carbone da camion e caricamento sul nastro esistente N4 attraverso il nastro trasportatore prefabbricato.

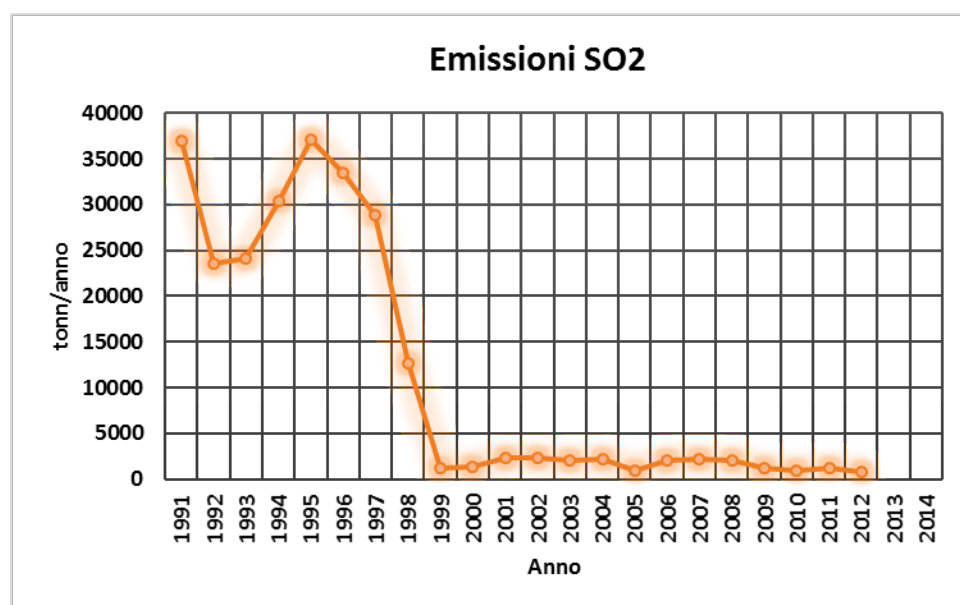
⁶ Tra il 1969 ed il 1975 entrano gradualmente in esercizio le prime 3 unità termoelettriche, la quarta unità è avviata nel 1977. Ogni gruppo ha potenza unitaria pari a 320 MWe.

⁷ Entrano quindi in funzione gli impianti connessi all'utilizzo del carbone, quali: il parco carbone, i sistemi per l'alimentazione delle caldaie, il nastro che trasporta il carbone dal molo al parco e dal parco alle caldaie, i sistemi di evacuazione delle ceneri e smaltimento e le vasche per il loro contenimento.

Nelle figure successive (5-6) si mostra l'andamento nel periodo di interesse (1991-2014) sia delle emissioni annuali di PM10 e SO₂ prodotte dalle sorgenti convogliate che delle emissioni di PM10 prodotte dal carbonile.

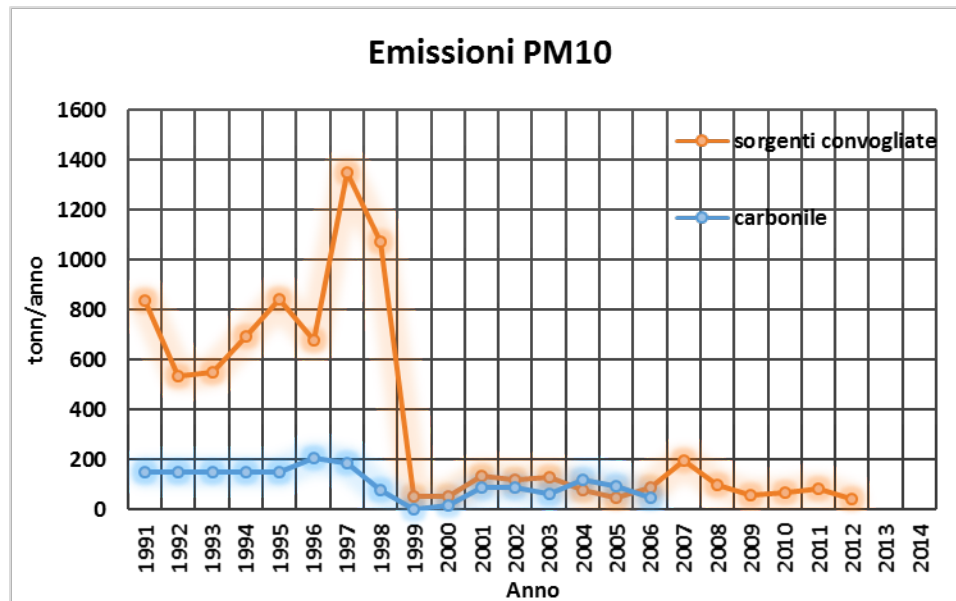
Per gli anni compresi tra il 1991 ed 1994 sono state considerate, quali emissioni massiche convogliate di SO₂ e PM10, le stime del rapporto ENEA [6], ricavate sulla base dei dati riepilogativi di esercizio dei rispettivi anni. Per gli anni compresi tra il 1995, 1996 ed il 1997 le stime emissive sono state acquisite da uno studio di impatto ambientale [7]. Dal 1998 in poi le emissioni considerate sono quelle misurate dallo SME. La stima delle emissioni diffuse del carbonile, prodotte dall'erosione eolica, è stata calcolata a partire dal quantitativo di carbone stoccato a parco. Tale informazione, fornita direttamente dal gestore [8] per il periodo 2003 – 2006⁸, è stata invece stimata nel periodo 1995 – 2003 a partire dal consumo annuale di carbone fornito da [7]. Non avendo invece informazioni relative al periodo 1991-1994, si è assunto che il quantitativo annuale di carbone stoccato a parco coincidesse per ogni anno con quello stimato per il 1995.

Figura 5 – Andamento delle emissioni annuali di SO₂ prodotte dalla centrale Edipower tra il 1991 ed il 2014



⁸ Causa sequestro del parco a partire dal 2007 il carbone non è più stoccato.

Figura 6 – Andamento delle emissioni annuali di PM10 prodotte dalla centrale Edipower tra il 1991 ed il 2014



L'andamento delle emissioni annuali convogliate di SO₂ e PM10 mostra una netta riduzione nel periodo compreso tra il 1997 ed il 1999: ciò è dovuto sia ad una diminuzione della produzione⁹ sia all'utilizzo di combustibili (OCD e carbone) con un tenore di zolfo sempre minore.

Per la valutazione degli impatti al suolo prodotti negli anni dalle sorgenti convogliate sono state condotte diverse simulazioni, così da tenere conto sia del diverso combustibile di alimentazione che dell'installazione dei DeNOx. Per il carbonile è stata condotta un'unica simulazione.

La centrale di ENEL Produzione, denominata oggi "Federico II", in passato "Enel Brindisi Sud", è costituita da quattro sezioni con una capacità di 660 MWe cadauna, entrate in esercizio tra il 1991 ed il 1993. Ciascuna sezione è alimentabile sia con combustibile liquido (olio combustibile denso, OCD) sia solido (carbone), anche simultaneamente. Nel 1997 la centrale è entrata pienamente in esercizio.

Dal 1991 fino al 1997 i gruppi sono stati alimentati a OCD, poi dal 1998 al 2004 a carbone ed orimulsion e dal 2005 al 2014 essenzialmente a carbone. I quattro gruppi sono stati avviati al servizio commerciale negli anni 1991 (BS1), 1992 (BS2 e BS3), 1993 (BS4). Dall'entrata in servizio della centrale le 4 sezioni sono state dotate di elettrofiltri; nel corso del 1998 sulle unità di produzione BS1, BS2 e BS3 e nel 1999 sull'unità BS4

⁹ Nel 1999 si osserva una riduzione del numero di ore di funzionamento dei gruppi 1 e 2, fermati negli anni successivi. A partire dal 2000 viene fermato anche il gruppo 4.

sono entrati in funzione gli impianti DeNOx e DeSOx per l'abbattimento degli ossidi di azoto e di zolfo. Nel 2007 è stata migliorata l'efficienza dei DeNOx per i gruppi 1 e 2; nel 2010 per il gruppo 3. Nel 2010 per il gruppo 3 e nel 2012 per il gruppo 4 gli elettrofiltri sono stati sostituiti con filtri a manica; nel 2012 è avvenuto il revamping dell'impianto di denitrificazione per il gruppo 4.

I fumi di combustione della centrale vengono emessi in atmosfera attraverso un unico camino, munito di quattro distinte canne, una per ogni gruppo.

Quindi, su tutti e quattro i gruppi sono attualmente in funzione impianti di abbattimento di NOx (denitrificazione di tipo catalitico selettivo SCR), SOx (Desolforazione ad umido del tipo calcare-gesso) e polveri (captazione elettrostatica gruppi 1 e 2 e filtri a manica sui gruppi 3 e 4), i cui gas di scarico confluiscono in altrettanti camini che sboccano ad una altezza di circa 200 metri dal piano campagna. Il Ministero dell'Ambiente ha autorizzato la CTE Enel Produzione SpA di Brindisi con provvedimento di AIA n. 253 del 28/06/2012[9], attualmente in fase di riesame.

Lo stoccaggio nel parco carbone è stato avviato dal 1998 (anno di avvio della combustione a carbone) in un'area presente presso la centrale, nota come carbonile all'aperto, di circa 125.000 m² con capacità massima di stoccaggio di 750.000 tonnellate di carbone. Nel mese di settembre 2015 lo stoccaggio all'aperto del carbone è terminato completamente a seguito della ultimazione di due carbonili coperti (dome).

L'approvvigionamento dei combustibili, carbone ed OCD, avviene mediante un sistema di nastri trasporto carbone (NTC) per il carbone e un sistema di oleodotti (OLD) per l'olio combustibile denso, che si sviluppano dal porto sino alla centrale. Il gasolio invece giunge in centrale mediante autobotti.

Nell'appendice 8 si riportano le caratteristiche dei gruppi.

Nelle figure 7-8 si mostra l'andamento nel periodo di interesse (1991-2014) sia delle emissioni annuali di PM10 e SO₂ prodotte dalle sorgenti convogliate che delle emissioni di PM10 prodotte dal carbonile. Dal 1998 in poi le emissioni considerate sono quelle misurate dallo SME. Quali emissioni di SO₂ e PM10 sono state utilizzate fino al 1994 le stime del rapporto ENEA [6], ricavate sulla base dei dati riepilogativi di esercizio dei rispettivi anni. Negli anni 1994 e 1995 l'attività della centrale fu sospesa a seguito dell'ordinanza del Comune di Brindisi n.2749 del 18/01/1994. Le stime emissive relative agli anni 1996 e 1997 sono state acquisite da un rapporto ambientale ENEL [10].

Figura 7 – Andamento delle emissioni annuali di SO₂ prodotte dalla centrale ENEL tra il 1991 ed il 2014

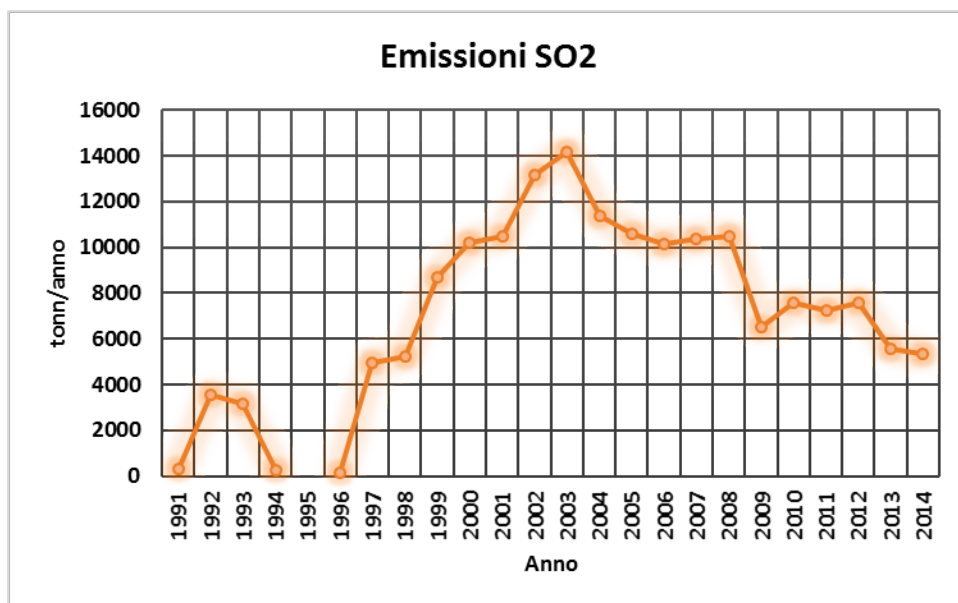
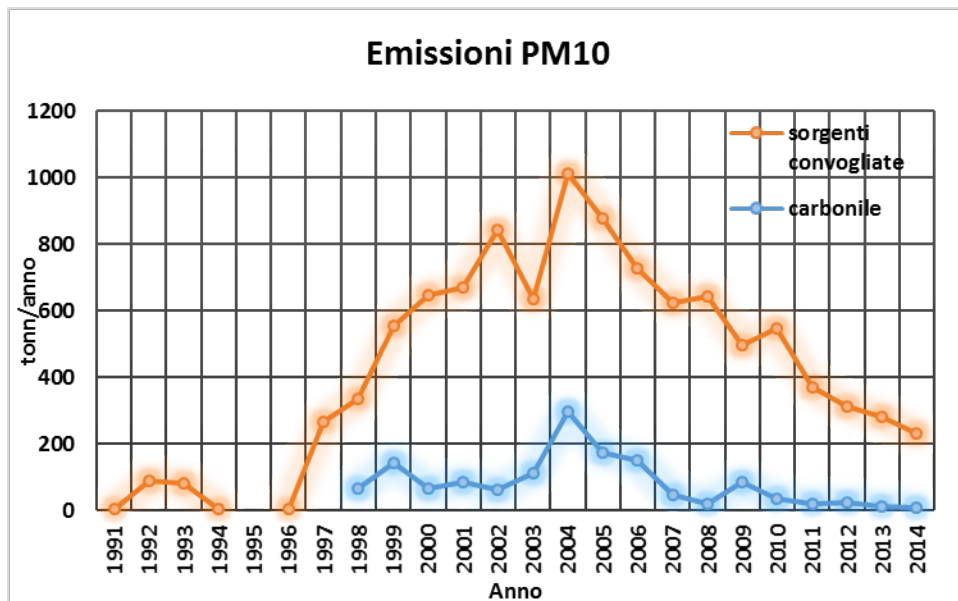


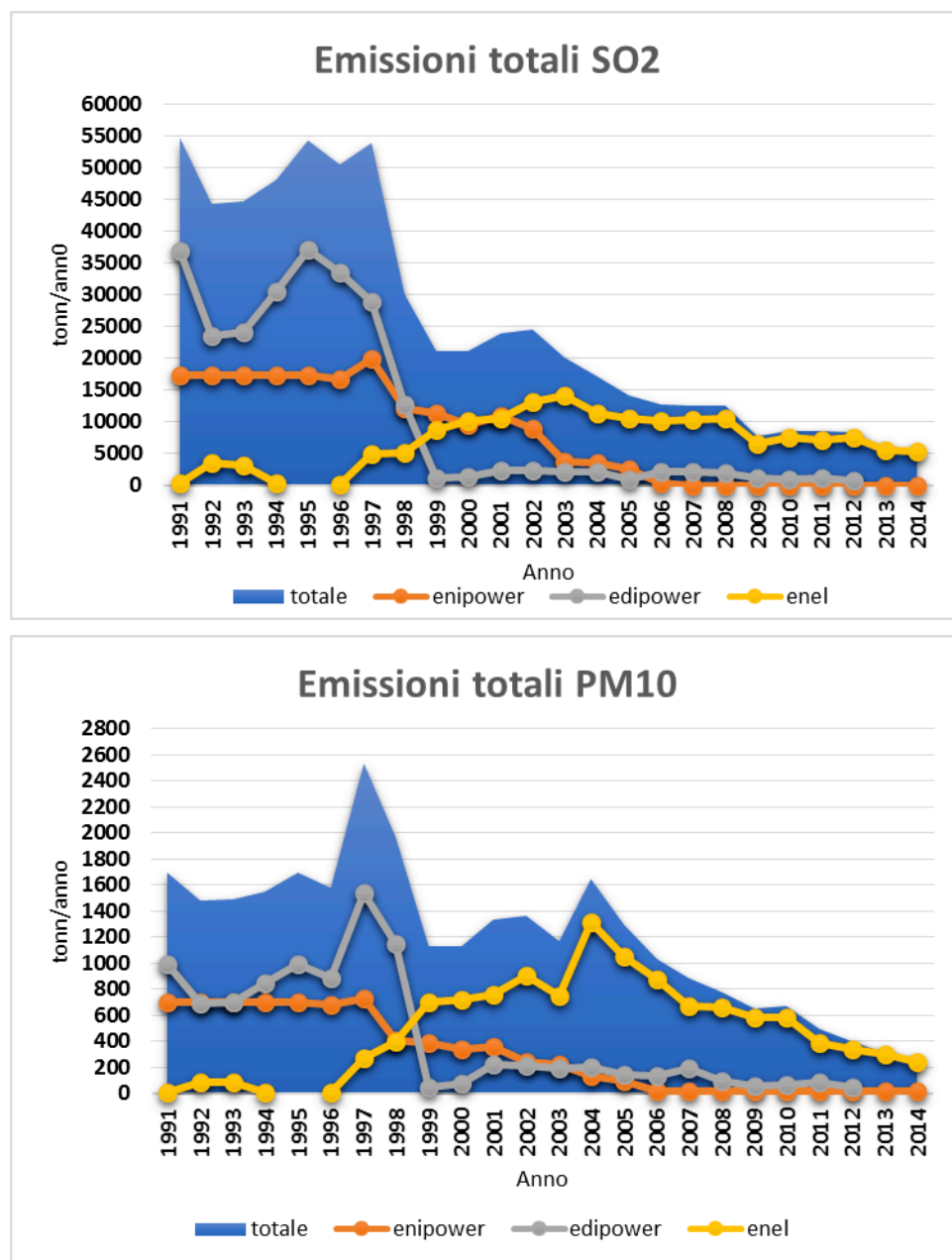
Figura 8 – Andamento delle emissioni annuali di PM₁₀ prodotte dalla centrale ENEL tra il 1991 ed il 2014



Le emissioni diffuse prodotte dal carbonile sono state stimate dal quantitativo annuale di combustibile stoccato a parco, fornito dal gestore in riscontro alle richieste di informazioni di ARPA [11]. Dal 2007 in poi tali emissioni tendono a ridursi poiché ENEL avvia progressivamente una serie di attività, atte al contenimento della polverosità.

Al fine di confrontare l'entità e gli andamenti delle emissioni di SO₂ e PM₁₀, prodotte dalle centrali nel periodo in esame, si riportano di seguito i grafici relativi (figura 9).

Figura 9- Andamenti delle emissioni industriali di SO₂ e PM₁₀



Nelle mappe successive (figure 10-11) si mostra la distribuzione spaziale della concentrazione media annuale al suolo per SO₂ e PM₁₀, prodotta dalle emissioni delle tre centrali del 1997 e simulata dal modello lagrangiano SPRAY. In appendice 9 si riportano le mappe della concentrazione media annuale totale di PM₁₀ e SO₂ prodotta dalle centrali termoelettriche per tutti gli anni compresi tra il 1991 ed il 2014.

Figura 10 - Mappa della concentrazione media annuale totale al suolo di SO₂ nell'area in studio simulata dal modello di dispersione SPRAY - Anno 1997

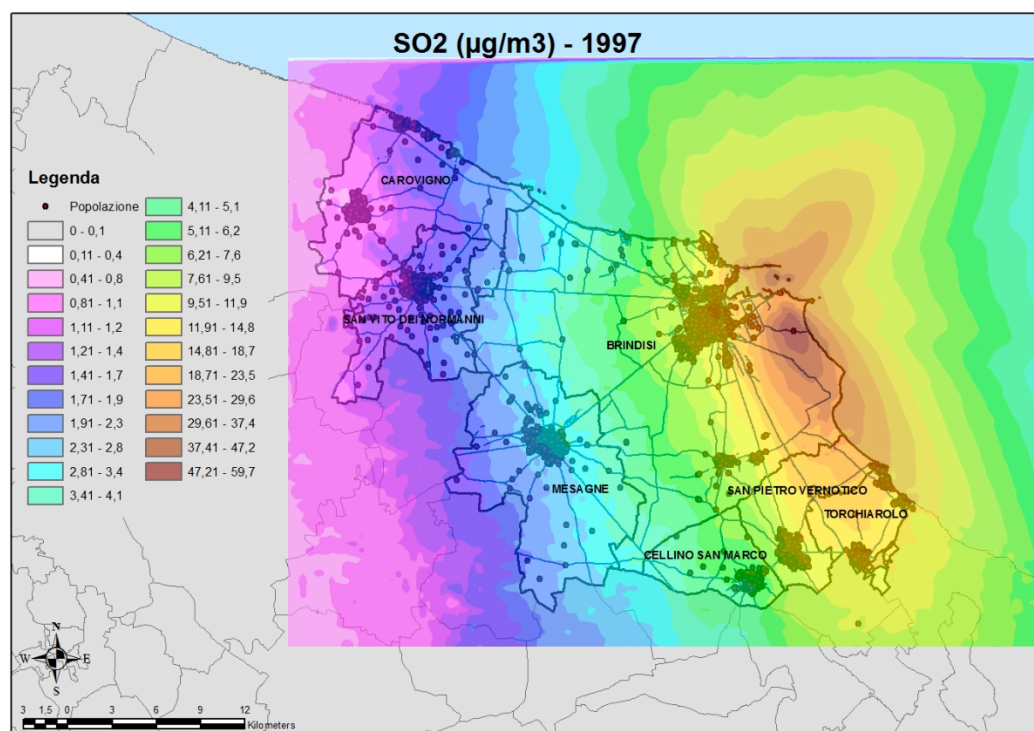
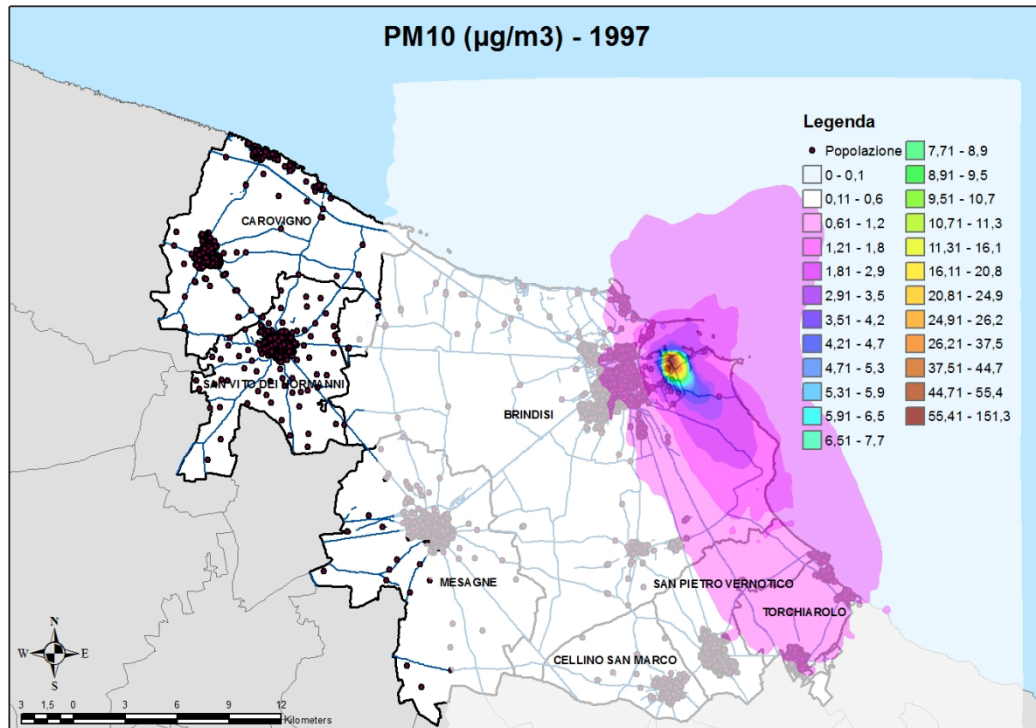


Figura 11 - Mappa della concentrazione media annuale totale al suolo di PM10 nell'area in studio simulata dal modello di dispersione SPRAY - Anno 1997



La scala cromatica utilizzata suggerisce le aree a maggiore o minore concentrazione degli inquinanti emessi dalle singole fonti.

Al fine di valutare se la ricostruzione storica dell'impatto prodotto dalle centrali fosse corrispondente ai livelli di concentrazione rilevabili nel passato, sono state confrontate in appendice 10 per SO_2 le concentrazioni medie annuali simulate con quelle misurate dal 1991 al 2007 dalle centraline di monitoraggio delle reti ENEL ed EDIPOWER, gestite da privati. Il confronto mostra come la ricostruzione modellistica possa considerarsi soddisfacentemente rappresentativa dello stato della QA.

É importante sottolineare comunque che i valori medi annuali di concentrazione ottenuti sono affetti, come già detto, da incertezza a causa delle assunzioni tipiche dell'approccio modellistico (qualità dei dati input, incertezza nella descrizione della dinamica e chimica dell'atmosfera, ecc.). A riguardo è opportuno evidenziare che ai fini dello studio di coorte, più che i valori assoluti delle concentrazioni sono importanti i relativi gradienti spaziali di esposizione della popolazione tra un punto ed un altro dell'area di ricaduta.

Ricostruzione dell'evoluzione dell'impatto del petrolchimico per COV nel periodo 1991-2014

Lo stabilimento petrolchimico ha una estensione pari a circa 4.600.000 m² ed è situato ad una distanza di circa 5 km dal centro urbano in prossimità del mare. In appendice 11 si riporta una planimetria dell'impianto. La storia del polo petrolchimico è particolarmente complessa poiché caratterizzata da numerosi avvicendamenti societari e/o cambi di denominazione sociale differenti anche per tipologia di ciclo produttivo. In appendice 12 si riporta la descrizione del ciclo produttivo e in appendice 13 si riporta una sintesi dell'evoluzione societaria e impiantistica a partire dal 1961, anno di avviamento del polo petrolchimico.

Il ciclo produttivo dell'intero stabilimento è basato essenzialmente sulla trasformazione della virgin nafta (materia prima) nei composti intermedi (etilene, propilene, frazione C4) utilizzati poi negli altri impianti dello stabilimento per la produzione dei prodotti finali (polietilene a bassa ed alta densità, butadiene, butileni, cloruro di polivinile¹⁰ e polipropilene) [6].

Una seconda linea produttiva, presente nello stabilimento fino al 2002, si basava sulla trasformazione delle materie prime (metano, aria, soda, anilina, formaldeide, cloro) nei prodotti MDI (MetilenDifenilIsocianato) e fosgene e nei coprodotti acido cloridrico e ipoclorito di sodio [6].

A completamento degli impianti di produzione lo stabilimento petrolchimico prevede tutti quei servizi che rendono autonoma la gestione degli impianti e delle strutture ausiliarie, come il parco serbatoi, la centrale elettrica, le strutture necessarie alla movimentazione delle materie prime e dei prodotti (pontile, pensiline di carico/scarico), i sistemi impiantistici per la sicurezza degli impianti e delle persone (sistemi antincendio, torce, ecc.), gli impianti di produzione e distribuzione delle utilities, ecc. Lo stabilimento importa dall'esterno, oltre alle materie prime necessarie al funzionamento degli impianti, anche il gas naturale e l'olio combustibile per alimentare la rete combustibile, le centrali termoelettriche e l'impianto per la produzione di ossido di carbonio e di idrogeno [6].

In appendice 12 è riportato lo schema a blocchi, tratto dal rapporto ENEA, con l'indicazione dell'intero ciclo produttivo e del bilancio di materia con le capacità standard degli impianti, riferito al 1994.

Le emissioni gassose prodotte dal polo petrolchimico costituiscono un fattore di impatto ambientale di notevole entità, dovuto in gran parte alla dimensione del complesso produttivo ed alla tipologia dei più importanti processi previsti dal ciclo di lavorazione, che utilizzano il cracking termico come operazione di base e che prevedono l'uso di

¹⁰ Polimero prodotto da EVC fino al 1999 insieme al monomero cloruro di vinile (CVM) a partire da dicloroetano.

composti inquinanti e pericolosi¹¹ come materia prima o composti intermedi per la produzione di alcuni polimeri [6]. Quale tracciante da utilizzare per valutare l'esposizione della popolazione alle emissioni prodotte dalle attività del petrolchimico è stata scelta quindi la classe dei Composti Organici Volatili (COV) sia perché in essa ricadono buona parte delle precedenti sostanze inquinanti, sia perché relativamente a tale classe le informazioni disponibili erano tali da garantire un'adeguata copertura temporale del periodo in esame.

In particolare per ricostruire le emissioni annuali di COV attribuibili al polo petrolchimico nel periodo 1991 – 2014 sono stati consultati i seguenti database emissivi:

- il registro INES/E-PRTR (2002-2014);
- l'inventario nazionale delle emissioni in atmosfera (1980-2014) che riporta le emissioni annuali di molteplici inquinanti, tra i quali i COV, in Italia;
- l'inventario nazionale delle emissioni (1990-2010) disaggregato a livello provinciale che riporta le emissioni locali con cadenza quinquennale dei COV con il massimo livello di dettaglio in termini di attività emissiva secondo la classificazione SNAP;
- l'inventario regionale delle emissioni in atmosfera (INEMAR Puglia);
- le dichiarazioni periodiche delle aziende del petrolchimico quali, ad esempio, i rapporti ambientali EMAS;
- le relazioni annuali degli stabilimenti soggetti ad AIA.

In particolare, relativamente all'inventario nazionale delle emissioni disaggregato a livello provinciale, sono state considerate le attività emissive SNAP:

- a) 040505 - 1,2 dicloroetano + cloruro di vinile
- b) 040508 - cloruro di polivinile
- c) 040501 - etilene
- d) 040502 - propilene
- e) 040506 - polietilene a bassa e ad alta densità
- f) 040509 - polipropilene.

Tali attività non comprendono quelle associate alla produzione di MDI, le cui emissioni non sono state pertanto considerate. Le emissioni legate alla produzione di butadiene sono invece comprese nel computo complessivo delle emissioni di COV.

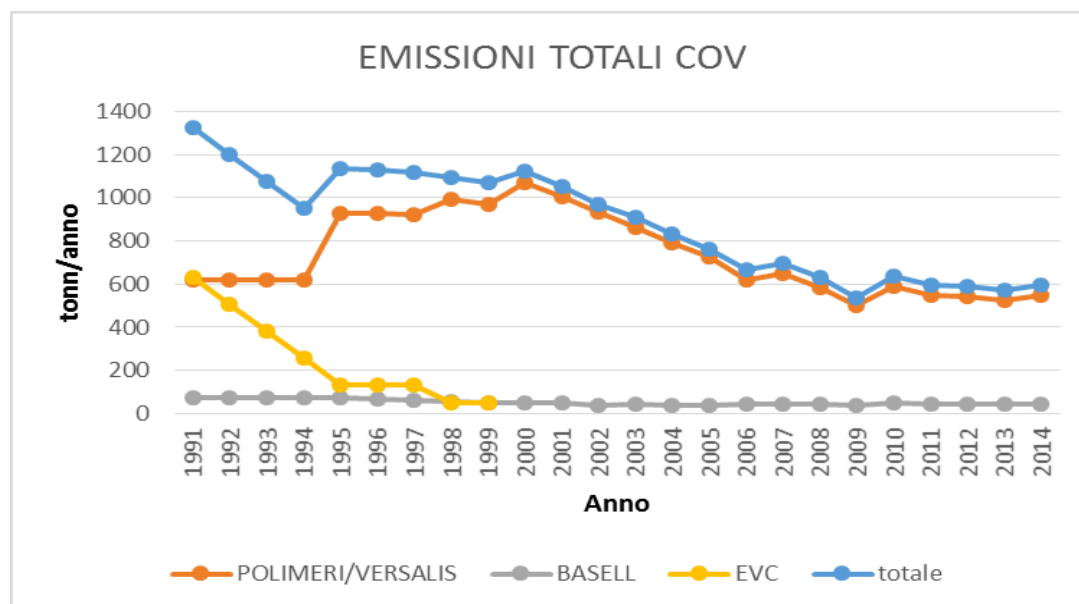
¹¹ Etilene, CVM, clorurati, anilina, ammoniaca, metanolo, monoclorobenzene (MCB), formaldeide, MDI, idrogeno solforato, fosgene.

Le attività emissive a) e b) sono state assegnate all'azienda EVC per la produzione di DCE, CVM e PVC; le attività c), d) ed e) sono state assegnate all'azienda POLIMERI/VERSALIS per la produzione di etilene, propilene e polietilene, l'attività f) è stata assegnata a BASELL per la produzione di polipropilene.

Relativamente agli anni in cui non si disponevano delle stime emissive dell'inventario nazionale su base provinciale, o le stesse stime risultavano poco realistiche e quindi non coerenti con i dati di produzione o le informazioni impiantistiche disponibili, sono state utilizzate tecniche di ricostruzione delle emissioni (interpolazioni lineari, uso di dati surrogati (proxy), ecc.) sulla base di tutte le informazioni disponibili per i vari anni (livelli produttivi, evoluzioni impiantistiche, ecc.).

Nella figura 12 si mostra l'andamento nel periodo di interesse (1991-2014) delle emissioni annuali di COV prodotte dal polo petrolchimico.

Figura 12 – Andamento delle emissioni annuali di COV prodotte dalle aziende del petrolchimico POLIMERI/VERSALIS, BASELL ed EVC tra il 1991 ed il 2014



Relativamente alle emissioni prodotte dal ciclo produttivo del DCE, CVM e PVC (azienda EVC), si precisa che la ricostruzione dei dati emissivi del quinquennio 1990-95 è stata stimata attraverso l'interpolazione lineare dei dati dell'inventario provinciale ISPRA relativi agli anni 1990 e 1995¹². Le emissioni relative agli anni 1996 e 1997 sono state assunte cautelativamente uguali a quelle del 1995 non essendo disponibili altre

¹² La riduzione delle emissioni stimate dall'inventario per il 1995 rispetto al 1990 è verosimilmente dovuta all'installazione di impianti di abbattimento (nel 1994 ad esempio avviene l'installazione di un combustore termico per l'incenerimento di tutti gli sfiati dell'impianto contenenti composti cloroderivati [6]).

informazioni. Le emissioni associate al 1998 e 1999 tengono conto dell'installazione (prevista da [6]) di sistemi di abbattimento per le emissioni prodotte dall'impianto di produzione del PVC. A partire da dicembre 1999 la produzione di CVM e PVC viene sospesa.

Relativamente alle emissioni prodotte dal ciclo produttivo dell'etilene, propilene e polietilene (azienda POLIMERI/VERSALIS) si precisa che

- a) per il periodo 1991-1995 le emissioni associate alla produzione di etilene sono considerate costanti e pari al dato emissivo stimato per il 1995 a partire dal dato emissivo dell'inventario ISPRA disaggregato a livello provinciale per l'attività 040501 riferito al 2000¹³ e scalato con il rapporto tra i dati di produzione di etilene¹⁴ relativi al 1995 e al 2000. Le emissioni associate alla produzione di propilene sono assunte costanti e pari alla stima fornita dal suddetto inventario ISPRA provinciale per l'attività 040502 relativa all'anno 1990; per il 1995 si è considerato il dato emissivo dell'inventario¹⁵. Le emissioni associate alla produzione di polietilene sono considerate costanti nel periodo 1991-1994 e pari al dato emissivo, riferito al 1990, stimato dall'inventario ISPRA disaggregato a livello provinciale per l'attività 040506; per il 1995 si è considerato il dato emissivo dello stesso inventario¹⁶.
- b) Relativamente al periodo 1996 - 2000 le emissioni associate alla produzione di etilene rispetto ad un dato anno sono state stimate utilizzando l'emissione dell'inventario relativa al 2000 scalata con il rapporto tra i dati di produzione annua dello stesso anno ed il dato di produzione del 2000. Le emissioni associate alla produzione di propilene sono state stimate dal 1996 al 1999 utilizzando l'emissione dell'inventario relativa al 1995 scalata con il rapporto tra il dato di produzione dell'anno in esame e quello del 1995. Le emissioni associate alla produzione di polietilene per gli anni 1996 e 1997 si assumono coincidenti con quelle del 1995, dal 1998 al 1999 le emissioni sono state invece stimate utilizzando l'emissione fornita dall'inventario ISPRA provinciale relativa al 2000 scalata con il rapporto tra il dato di produzione annua di polietilene¹⁷ relativa all'anno in questione ed il dato di produzione riferito al 2000; per il 2000 è stata considerata l'emissione fornita dall'inventario ISPRA provinciale.

¹³ L'inventario ISPRA disaggregato a livello provinciale fornisce le stime quinquennali delle emissioni prodotte a Brindisi dall'attività 040501 – Etilene solo a partire dall'anno 2000.

¹⁴ I dati di produzione di etilene e propilene sono forniti dall'azienda (Versalis/Polimeri) a partire dal 1995 su esplicita richiesta di ARPA[12].

¹⁵ Tale stima risultava molto vicina a quella del 1990.

¹⁶ Il dato emissivo che l'inventario stima per il 1995 è superiore rispetto a quello stimato per il 1990. Ciò è coerente con l'avviamento del nuovo impianto PE1/2 che avviene proprio a partire dal 1995.

¹⁷ I dati di produzione di polietilene ad alta e bassa densità sono stati forniti da VERSALIS a partire dal 1997 [12].

- c) Relativamente al periodo 2001-2005, le emissioni associate alla produzione di etilene, propilene e polietilene sono ottenute per interpolazione lineare tra il totale emissivo stimato dall'inventario ISPRA provinciale per il 2000 e quello stimato per il 2005¹⁸.
- d) Relativamente al periodo 2006-2014, le emissioni associate alla produzione di etilene, propilene e polietilene sono ottenute a partire dal dato dell'inventario regionale INEMAR 2010 per VERSALIS, scalato con il rapporto tra la produzione di idrocarburi (fornita annualmente dall'inventario ISPRA) per l'anno in esame ed il 2010.

Relativamente alle emissioni prodotte dal ciclo produttivo del polipropilene (azienda BASELL), si precisa che i dati emissivi riferiti al periodo 1990-1995 sono stati ricostruiti a partire dalle stime emissive fornite dall'inventario ISPRA disaggregato a livello provinciale per l'attività 040509. Le emissioni relative al periodo 1996-1999 sono state stimate per interpolazione lineare tra la stima emissiva ISPRA relativa al 1995 e la stima emissiva relativa al 1999¹⁹. Le emissioni relative al periodo 2000-2003 sono state stimate in modo analogo alla stima emissiva ricostruita per il 1999. Per il 2004 è stato utilizzato il dato LDAR fornito dallo stesso gestore in [13]. Per il 2005 è stato utilizzato il dato dell'inventario ISPRA provinciale. Le emissioni relative al periodo 2006-2014 sono state stimate a partire dalla emissione per BASELL dell'inventario regionale INEMAR 2010 scalata con il rapporto tra la produzione annua²⁰ di polipropilene dell'anno in esame rispetto a quella del 2010.

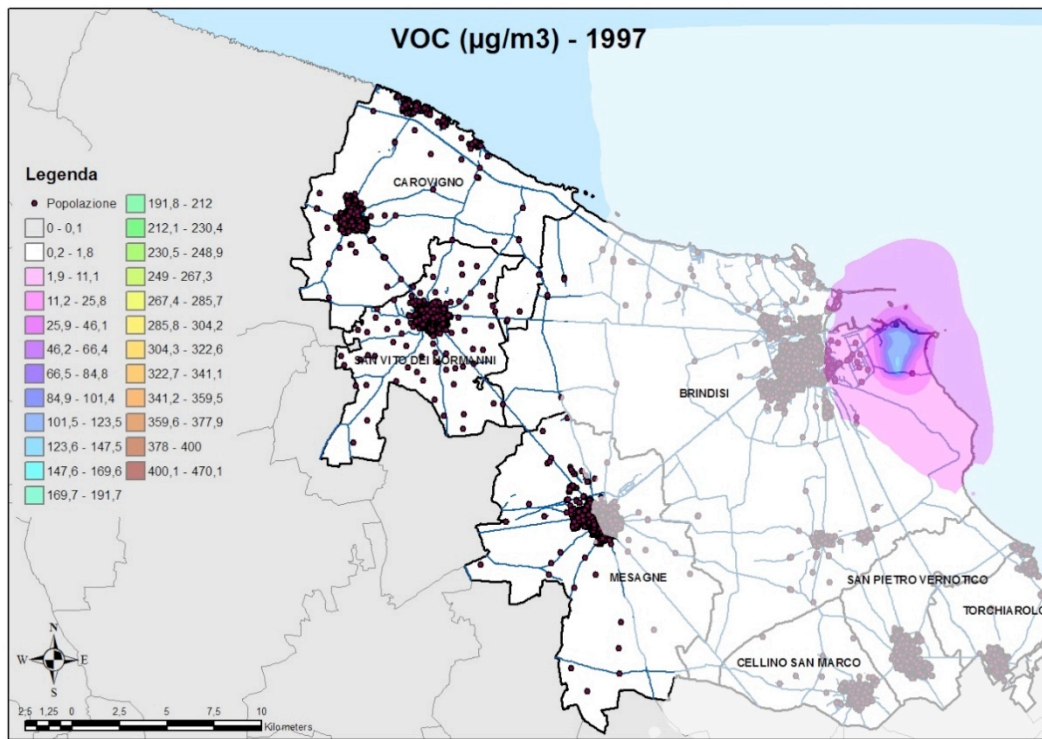
Nelle simulazioni annuali condotte con il modello lagrangiano le emissioni sono state trattate come emissioni diffuse attribuite in prossimità del suolo alla corrispondente area aziendale. Nella mappa successiva (figura 13) si mostra la distribuzione spaziale della concentrazione media annuale al suolo per COV, prodotta dalle emissioni del petrolchimico relative al 1997.

¹⁸ Tale totale emissivo è stimato non da inventario ISPRA (che non riporta alcuna emissione per la produzione di etilene e propilene), ma a partire dal dato dell'inventario regionale INEMAR 2010 per VERSALIS, scalato con il rapporto tra la produzione di idrocarburi (fornita annualmente dall'inventario ISPRA) per il 2005 ed il 2010.

¹⁹ Tale emissione è stata ottenuta a partire dal dato emissivo LDAR (Leak Detection and Repair), programma di monitoraggio e controllo previsto dalle Autorizzazioni Ambientali, per le verifiche delle emissioni fuggitive da parti impiantistiche soggette a perdite (tubi, flange, valvole, sfiati, ecc.). Il dato è riferito al 2003 (fornito dal gestore nella documentazione [13]) e scalato con il rapporto tra i dati di produzione annuale di polipropilene relative al 1999 e al 2003. I dati di produzione sono stati forniti dal gestore a partire dal 1999 fino al 2005.

²⁰ I dati di produzione sono forniti dalle dichiarazioni INES-EPRT a partire dal 2008 fino al 2014. Per gli anni 2006 e 2007 la produzione si è assunta uguale a quella comunicata dal gestore per il 2005.

Fig. 13 - Mappa della concentrazione media annuale totale al suolo di COV nell'area in studio simulata dal modello di dispersione SPRAY - Anno 1997



Nell'appendice 14 si riportano le mappe della concentrazione media annuale totale di COV prodotta dal polo petrolchimico per tutti gli anni compresi tra il 1991 ed il 2014.

Riferimenti bibliografici e documentali

- [1] Tinarelli G., Anfossi D., Bider M., Ferrero E., Trini Castelli S., 1999, A new high performance version of the Lagrangian particle dispersion model SPRAY, some case studies, Air Pollution Modelling and its Applications XIII, S.E. Gryning and E. Batchvarova eds., Kluwer Academic / Plenum Press, New York, 499-507;
- [2] Giua R., Morabito A., Tanzarella A., Spagnolo S., Pastore T, Bevere M, Valentini E, La Ghezza V. Application of a Lagrangian particle model to the source apportionment for primary macropollutants in Taranto area (South Italy). Int J.Environment and Pollution 2014; 55 (Nos 1/2/3/4): 31-40;
- [3] Zanini G. Il Sistema MINNI, modello integrato nazionale per la valutazione degli effetti dell'inquinamento atmosferico e dell'efficacia delle politiche di riduzione delle emissioni di inquinanti atmosferici. Epidemiologia e prevenzione 2009 Nov-Dic Suppl 1; anno 33(6), PMID 20418584;
- [4] EPA (U.S. Environmental Protection Agency), 2006. AP 42. Compilation of Air Pollutant Emission Factors. Volume 1: Stationary Point and Area Sources. Chapter 13. Miscellaneous Sources, Section 13.2., Fugitive Dust Sources. Fifth Edition. Research Triangle Park NC: EPA, 2006;
- [5] Studio di Impatto Ambientale della centrale a ciclo combinato realizzato da SnamProgetti, dicembre 2000;
- [6] Rapporto di Sintesi – Area di Brindisi – Fase A: Identificazione delle problematiche ambientali e di sicurezza ENEA: Area di Brindisi – Sintesi di fase A (Rev.0 - dic 1995), predisposto da ENEA.
- [7] Report "Ripotenziamento centrale di Brindisi, SIA" - Novembre 2003 - D'Appolonia;
- [8] Nota di Edipower prot. P2015001961 del 07/07/15;
- [9] Decreto di AIA n. 253 del 28/06/2012 del MATTM per la CTE Enel Produzione SpA di Brindisi provvedimento di AIA n. 253 del 28/06/2012 del MATTM per la CTE Enel Produzione SpA di Brindisi;
- [10] Rapporto Ambientale Enel – 1998. url: https://www.enel.com/content/dam/enel-com/governance_pdf/reports/bilanci-annuali/1998/rapp_amb_1998_it.pdf;
- [11] Nota di ENEL (N. Prot. 36545 del 29/06/2015) in riscontro alla richiesta di ARPA Puglia N.32127 del 8/06/2015;
- [12] Nota di Versalis in risposta al verbale di constatazione ARPA del 28-05-2015;
- [13] Nota in risposta alle richieste a seguito di verbale di constatazione – N°13 del 28 Maggio 2015 – Basell Poliolefine Italia – Stabilimento di Brindisi.

APPENDICE 2

Cause di morte analizzate e relativi codici ICD IX

CAUSE (ICD IX)
Mortalità naturale (001-799)
Tumori maligni (140-208)
Stomaco (151)
Colon e retto (153-154; 159)
Fegato (155-156)
Pancreas (157)
Laringe (161)
Trachea, bronchi e polmoni (162)
Pleura (163)
Vescica (188)
Reni (189)
Cervello e altre parti del SNC (191-192; 225)
Tessuti linfatici ed ematopoietici (200-208)
Leucemie (204-208)
Malattie neurologiche (330-349)
Malattie cardiovascolari (390-459)
Malattie cardiache (390-429)
Eventi coronarici acuti (410-411)
Malattie cerebrovascolari (430-438)
Malattie respiratorie (460-519)
Infezioni delle vie respiratorie (460-466)
Bronco Pneumopatia Cronico Ostruttiva - BPCO (490-492, 494, 496)
Malattie renali (580-599)

Cause di ospedalizzazione analizzate e relativi codici ICD IX

CAUSE (ICD IX)
Diabete (250)
Malattie neurologiche (330-349)
Malattie cardiovascolari (390-459)
Malattie cardiache (390-429)
Malattie ischemiche (410-414)
Eventi coronarici acuti (410-411)
Scompenso cardiaco (428)
Malattie cerebrovascolari (430-438)
Malattie respiratorie (460-519)
Infezioni delle vie respiratorie (460-466)
Bronco Pneumopatia Cronico Ostruttiva - BPCO (490-492, 494, 496)
Asma (493)
Malattie del sistema digerente (520-579)
Malattie renali (580-599)
Gravidanza con esito abortivo (630-634)
Malformazioni congenite (740-759)

Tumori incidenti analizzati e relativi codici

Sede del tumore (ICDO3T-ICDO3M)
Tutti i tumori (ICDO3T C00-C809)
Vie aerodigestive superiori (ICDO3T C00-C14)
Esofago (ICDO3T C15)
Stomaco (ICDO3T C16)
Colon-retto (ICDO3T C18-C21)
Fegato (ICDO3T C22)
Colecisti e vie biliari (ICDO3T C23-C24)
Pancreas (ICDO3T C25)
Laringe (ICDO3T C32)
Trachea, bronchi e polmoni (ICDO3T C33-C34)
Pleura (ICDO3T C384)
Osso (ICDO3T C40-C41)
Cute (ICDO3T C44)
Tessuti (ICDO3T C49)
Mammella (ICDO3T C50)
Prostata (ICDO3T C61)
Testicolo (ICDO3T C62)
Rene (ICDO3T C64)
Pelvi e vie urinarie (ICDO3T C65-C66, C68)
Vescica (ICDO3T C67)
Sistema nervoso centrale (ICDO3T C69-C72)
Tiroide (ICDO3T C73-C75)
Mesotelioma (ICDO3M 9050-9055)
Linfoematopoietico (ICDO3M 9140, 9650-9667, 9590-9596, 9732, 9800-9948; ICDO3T 9421)
Sarcoma di Kaposi (ICDO3M 9140)
Linfoma di Hodgkin (ICDO3M 9650-9667)
Linfoma non-Hodgkin (ICDO3M 9590-9596)
Mieloma (ICDO3M 9732)
Leucemie (ICDO3T 9421, ICDO3M 9800-9948)

APPENDICE 3 - Guida alla lettura delle tabelle

Calcolo dell'Hazard Ratio (HR) e sua interpretazione

L'associazione tra gli indicatori di esposizione e la mortalità causa specifica della coorte è stata valutata mediante il modello di sopravvivenza di Cox. Questo modello semiparametrico è basato sull'assunto che il rapporto tra i rischi sia costante nel tempo, senza specificare il rischio al baseline. Il Rischio Relativo (RR), stimato dal modello di Cox che nello specifico prende il nome di Hazard Ratio (HR), è calcolato come rapporto tra due rischi di morire (o contrarre la malattia) ed esprime l'eccesso (o il difetto) di rischio del gruppo posto al numeratore rispetto al gruppo posto al denominatore. Per esempio, se l'HR di mortalità del gruppo A rispetto al gruppo B (riferimento) risulta pari a 1.58, si può concludere che i soggetti del gruppo A hanno un rischio di morte del 58% superiore a quello del gruppo B. Viceversa, se per il gruppo C l'HR di mortalità è pari a 0.25, i soggetti di questo gruppo hanno un rischio di morte quattro volte più piccolo di quello osservato tra i soggetti di riferimento.

A questi rischi sono associati gli intervalli di confidenza (IC), che rappresentano gli estremi inferiore e superiore dell'intervallo di valori all'interno del quale è probabile che ricada il vero valore del HR (la probabilità è stabilita a priori, in questo caso è il 95%). L'ampiezza dell'intervallo dà una misura della precisione statistica della stima (tanto più è ampio l'intervallo, tanto più la stima è imprecisa) ed è influenzato dalle dimensioni della popolazione in studio e dalla frequenza della malattia (tanto più piccolo è il numero di eventi, tanto più imprecisa è la stima del HR e dunque tanto più ampio è l'intervallo di confidenza).

L'intervallo di confidenza fornisce l'informazione sulla variabilità casuale dell'associazione osservata: per intervalli stimati a 95%, la probabilità che l'associazione osservata sia nella popolazione diversa per effetto del caso è minore o uguale a 5%. La stima puntuale del HR rappresenta la miglior approssimazione dell'associazione nella popolazione studiata, tuttavia tutti i valori di HR compresi negli intervalli di confidenza stimati con questa metodologia sono ugualmente probabili.

Limiti di Confidenza

I limiti di confidenza indicano gli estremi inferiore e superiore dell'intervallo di valori all'interno del quale è probabile che ricada il valore vero del rischio relativo (la probabilità è stabilita a priori, in questo caso è il 95%). L'ampiezza dell'intervallo dà una misura della precisione statistica della stima (tanto più è ampio l'intervallo, tanto più la stima è imprecisa) ed è influenzato dalle dimensioni della popolazione in studio e dalla rarità della

malattia (tanto più piccolo è il numero di eventi, tanto più imprecisa è la stima del RR e dunque tanto più ampio è l'intervallo di confidenza). L'intervallo di confidenza fornisce l'informazione sulla probabilità che l'associazione osservata sia statisticamente significativa (vedi dopo p-value): se entrambi gli estremi dell'intervallo sono al di sopra (o al di sotto) del valore nullo (in questo caso $RR=1.0$), significa che con una probabilità del 95% l'RR stimato indica un eccesso (o un difetto) di mortalità.

La significatività statistica

Il valore di p rappresenta la probabilità che il rischio relativo osservato differisca da 1 (ipotesi nulla) solo per effetto del caso. Un valore di p prossimo all'unità indica, ad esempio, che un RR di mortalità non è diverso da 1; in altri termini le mortalità nei due gruppi posti a confronto non sono, dal punto di vista statistico, significativamente diverse. Un valore di p basso, al contrario, indica che la differenza osservata tra i due gruppi non è imputabile esclusivamente all'effetto del caso. In particolare, valori di p minori o uguali a 0.05 (per convenzione) indicano che le mortalità nei due gruppi sono, dal punto di vista statistico, significativamente diverse.

Misura dell'effetto "aggiustato" in presenza di confondimento

Negli studi osservazionali la valutazione epidemiologica deve tenere conto delle possibili disomogeneità tra esposti e non esposti per diverse caratteristiche quali età, genere, stato socioeconomico, etc. che a loro volta sono associate al rischio di malattia. Questi fattori possono agire come confondenti dell'associazione tra esposizione ed esito, ed è pertanto necessario effettuare un aggiustamento attraverso l'utilizzo di metodi multivariati. Questi metodi permettono di studiare le differenze tra esposti e non esposti (esprese in termini di RR), "al netto" del possibile effetto confondente della disomogenea distribuzione delle caratteristiche date.

APPENDICE 4 - Analisi di mortalità per quartiere/comune di residenza periodo 2000-2013

Per ciascun quartiere del comune di Brindisi (Centro, Cappuccini - Minnuta, Casale, Commenda - Sant'Angelo - Santa Chiara, Paradiso, Bozzano - Perrino, La Rosa - S. Elia, Tutturano, Zona industriale) e per gli altri comuni dell'area (Carovigno, Cellino San Marco, Mesagne, San Pietro Vernotico, San Vito dei Normanni, Torchiarolo) sono stati calcolati i tassi standardizzati con metodo diretto di mortalità nel periodo 2000-2013 e relativi intervalli di confidenza al 95%. Con questo metodo di standardizzazione si può confrontare la mortalità sperimentata in ciascun quartiere/città con quella sperimentata in tutti gli altri quartieri/città in quanto è possibile neutralizzare gli effetti dovuti alla diversa composizione per età delle popolazioni, trasformando un confronto che dipendeva da due fattori (diversa intensità della mortalità e diversa struttura per età tra le popolazioni) in un confronto in cui si eliminano gli effetti delle differenze di struttura per età. La popolazione scelta come standard è quella Italiana al 2001. I limiti di confidenza indicano gli estremi inferiore e superiore dell'intervallo di valori all'interno del quale è probabile che ricada il valore vero del tasso (la probabilità è stabilita a priori, in questo caso è il 95%). L'ampiezza dell'intervallo dà una misura della precisione statistica della stima (tanto più è ampio l'intervallo, tanto più la stima è imprecisa) ed è influenzato dalle dimensioni della popolazione in studio e dalla rarità della malattia (tanto più piccolo è il numero di eventi, tanto più imprecisa è la stima del tasso e dunque tanto più ampio è l'intervallo di confidenza).

I tassi sono stati calcolati per tutte quelle cause di morte con un numero osservato di decessi totale nell'area superiore a 200 e per ciascun quartiere in cui il numero totale di decessi per la causa specifica era superiore a 3 (per entrambi i sessi).

Di seguito (figura 14) viene riportata la mappa dei quartieri e i risultati dei tassi di mortalità standardizzati (per 100.000 abitanti), specifici per quartiere/città di residenza, sesso e causa di morte (figura 15 - figura 61 trovaqui). La linea grigia all'interno di ciascun grafico indica il valore del tasso di mortalità nell'intera area.

Figura 14 – Mappa dei quartieri del comune di Brindisi e degli altri comuni in studio

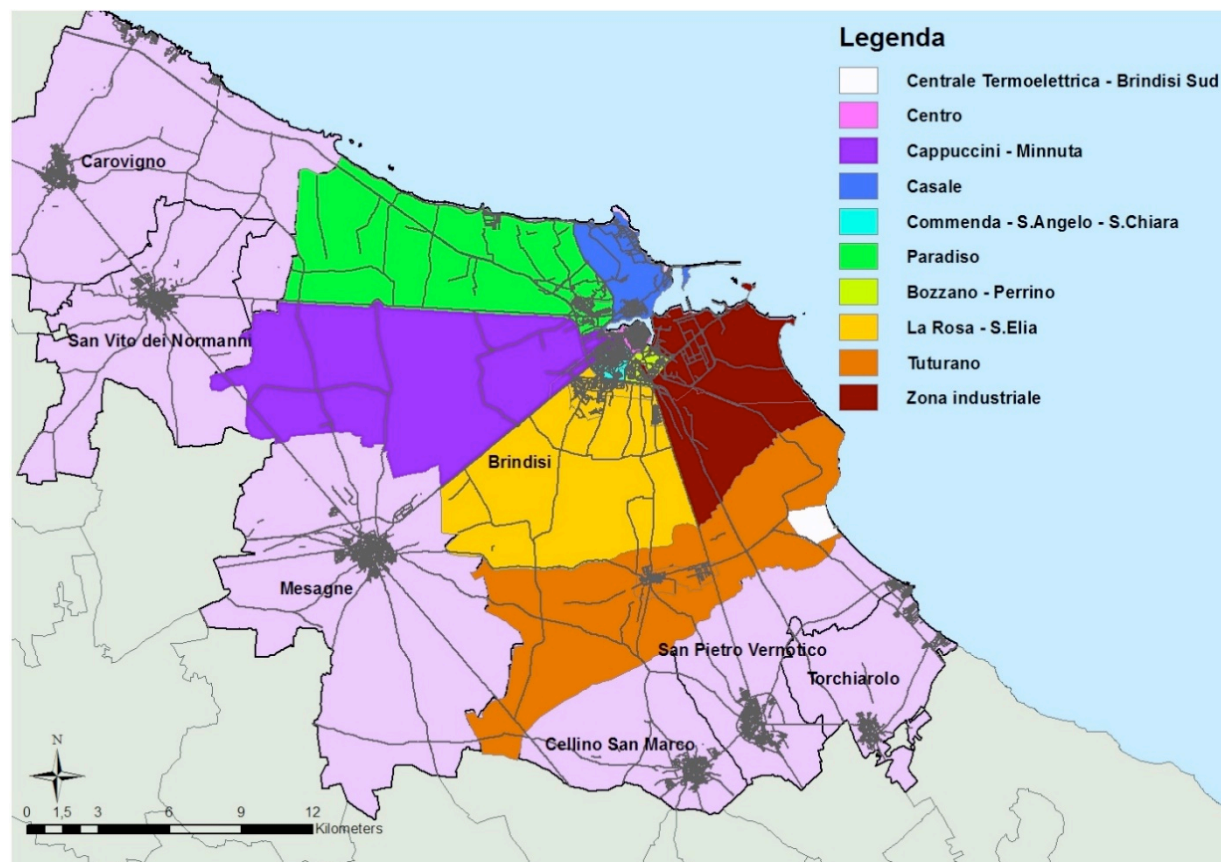


Figura 15 - Tasso standardizzato di mortalità per 100.000 per quartiere/comune di residenza - Tutte le cause di morte

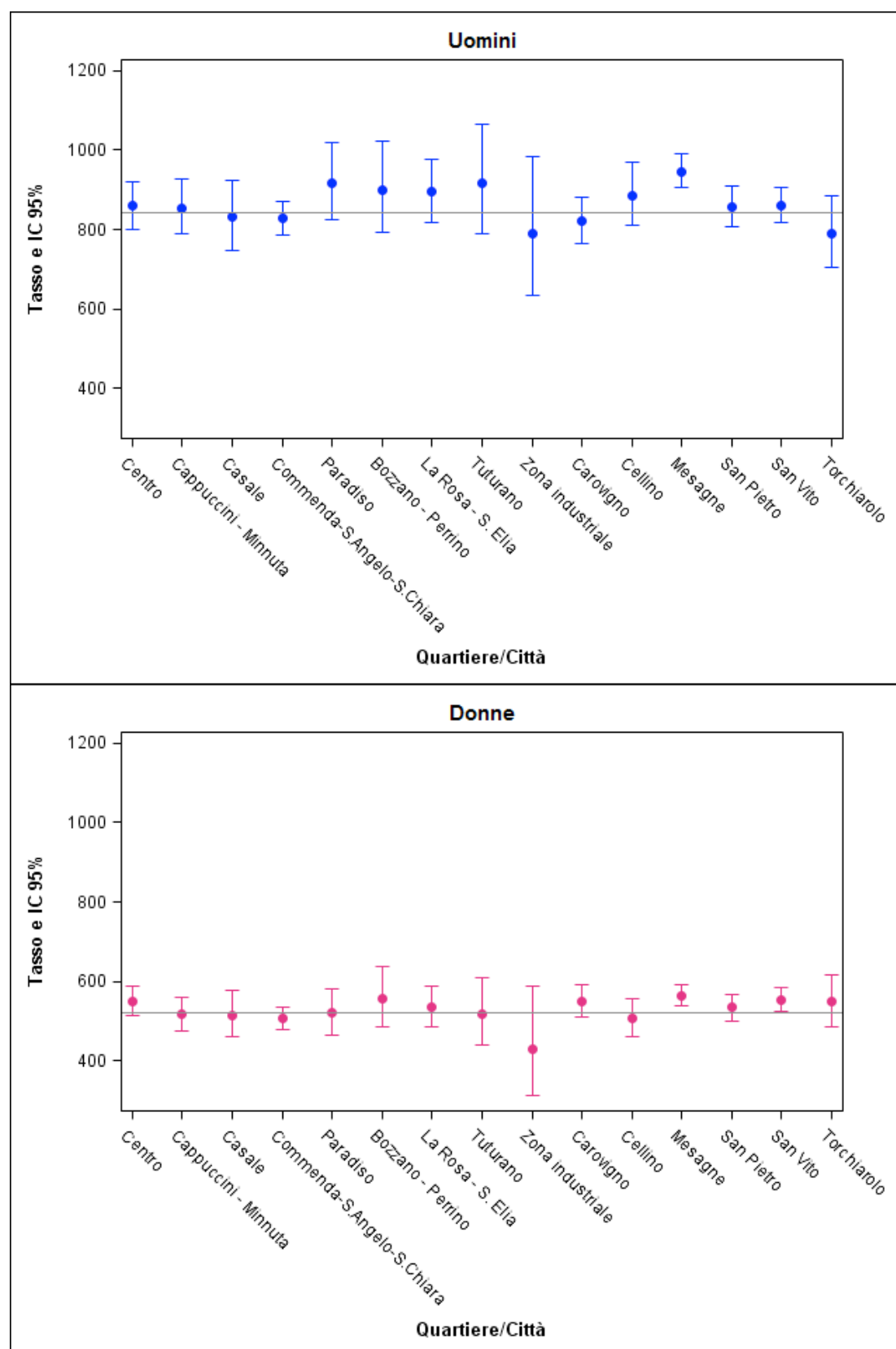


Figura 16 - Tasso standardizzato di mortalità per 100.000 per quartiere/comune di residenza – Cause naturali

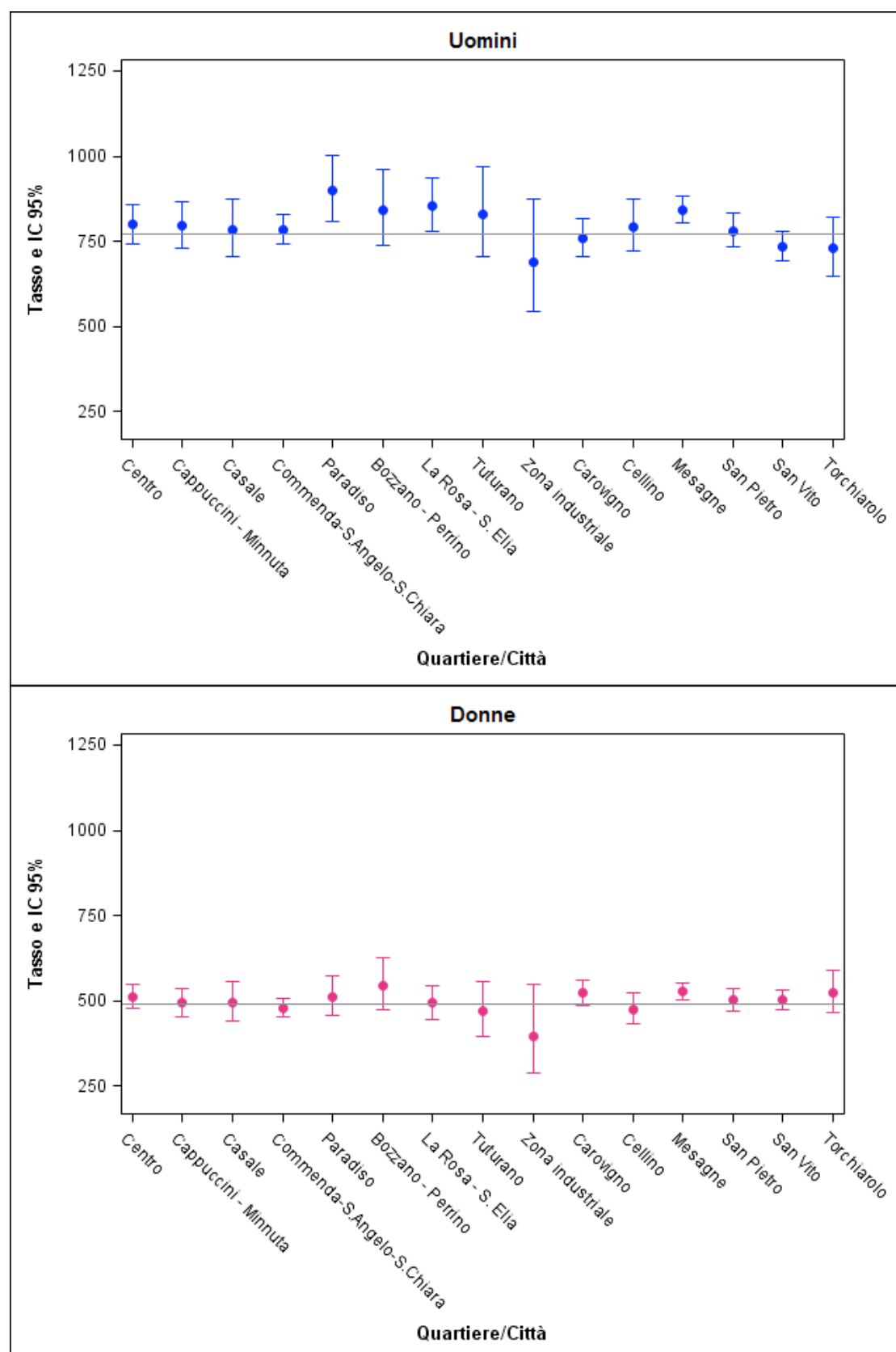


Figura 17 - Tasso standardizzato di mortalità per 100.000 per quartiere/comune di residenza - Tumori maligni

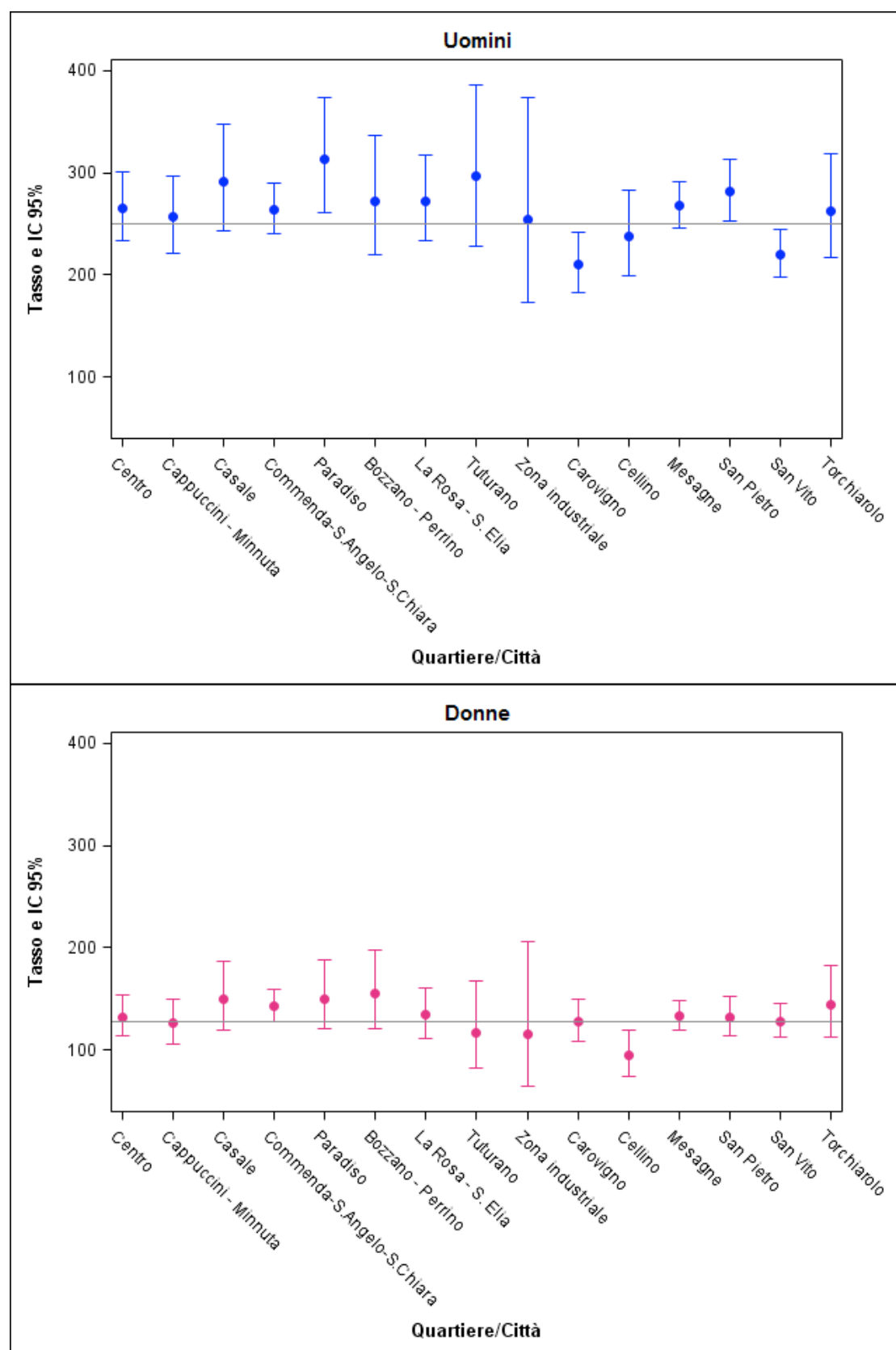


Figura 18 - Tasso standardizzato di mortalità per 100.000 per quartiere/comune di residenza – Tumori maligni dello stomaco

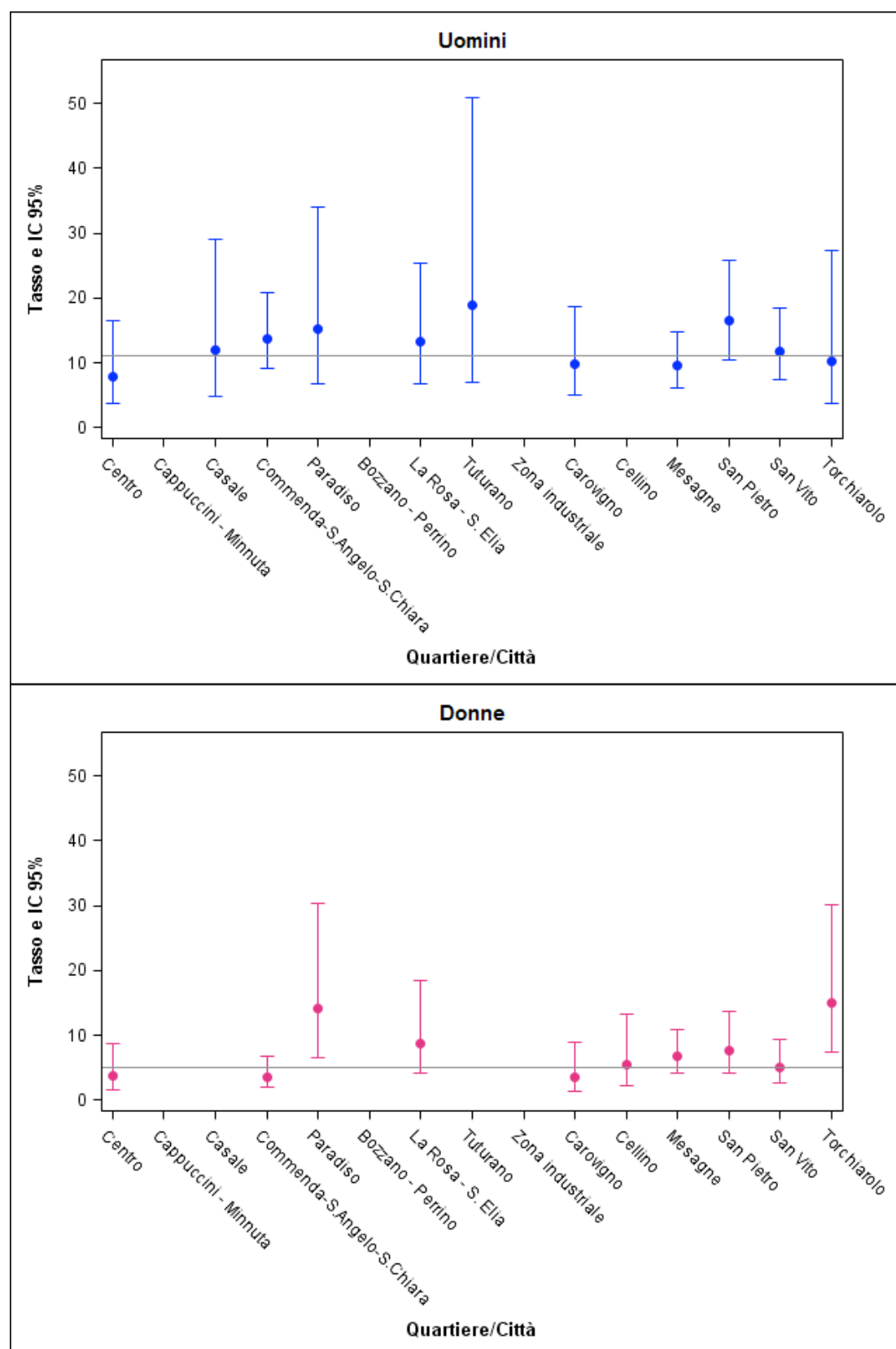


Figura 19 - Tasso standardizzato di mortalità per 100.000 per quartiere/comune di residenza – Tumori maligni del colon e del retto

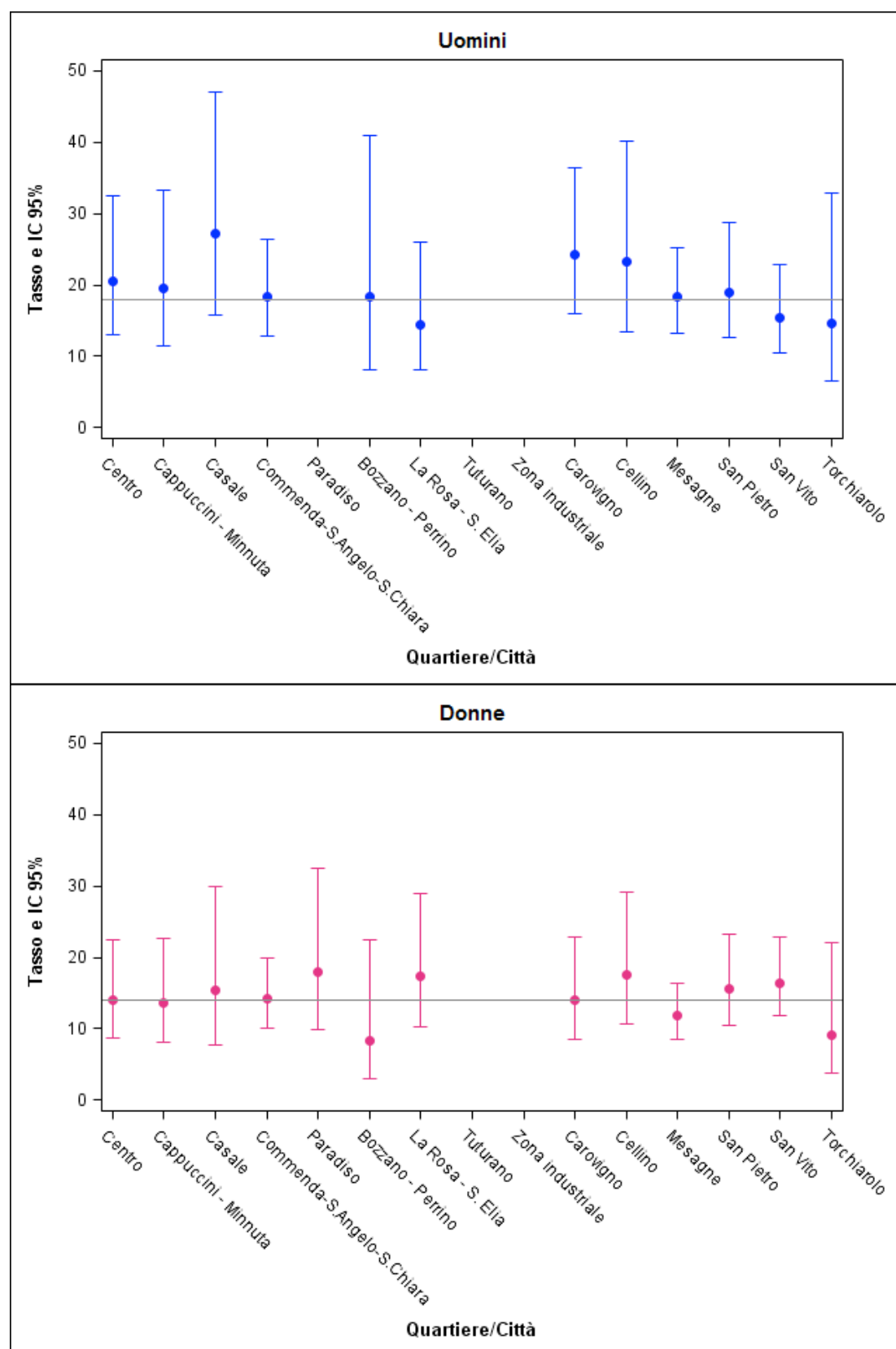


Figura 20 - Tasso standardizzato di mortalità per 100.000 per quartiere/comune di residenza – Tumori maligni del fegato e dotti biliari

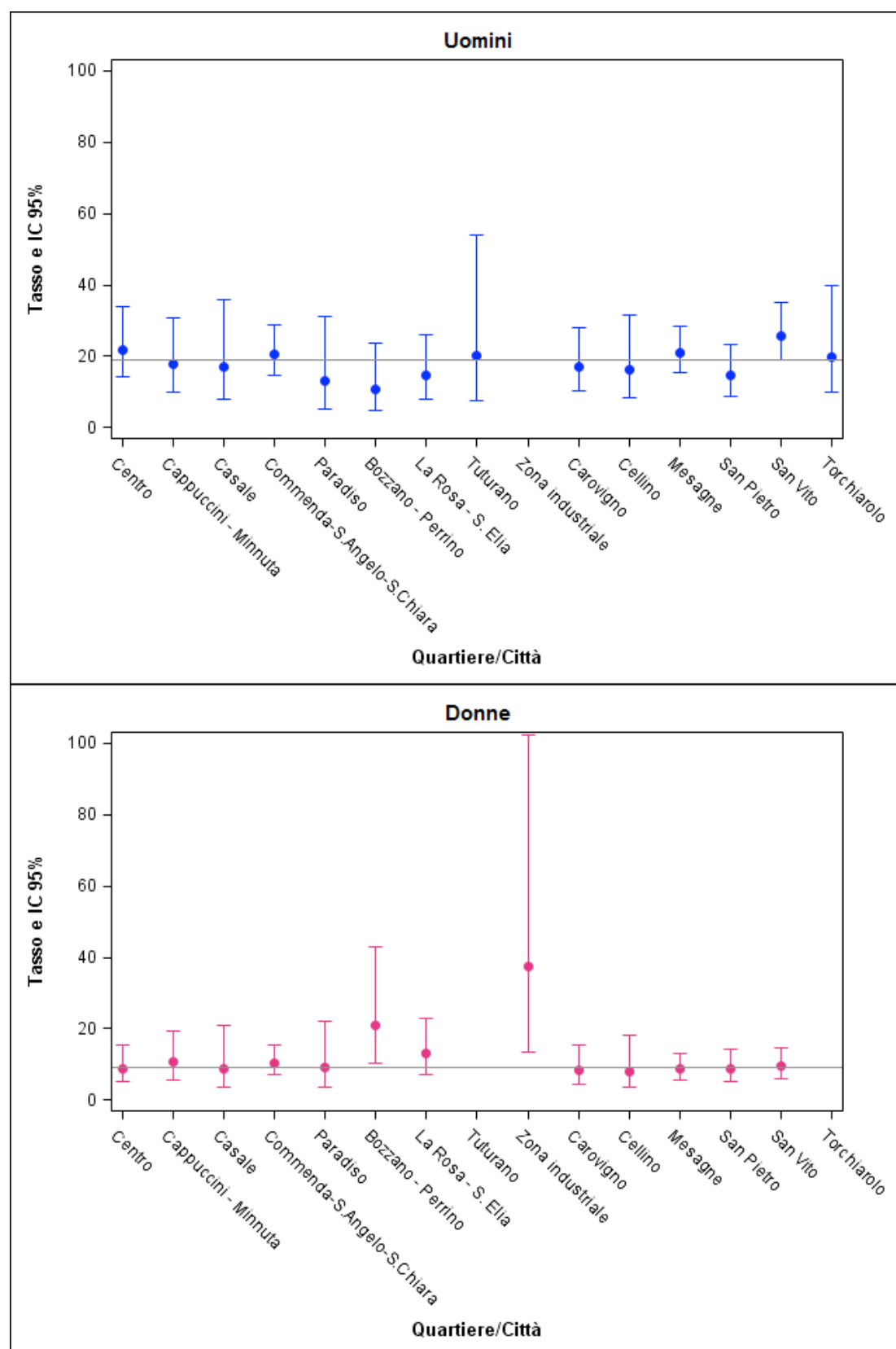


Figura 21 - Tasso standardizzato di mortalità per 100.000 per quartiere/ comune di residenza – Tumori maligni del pancreas

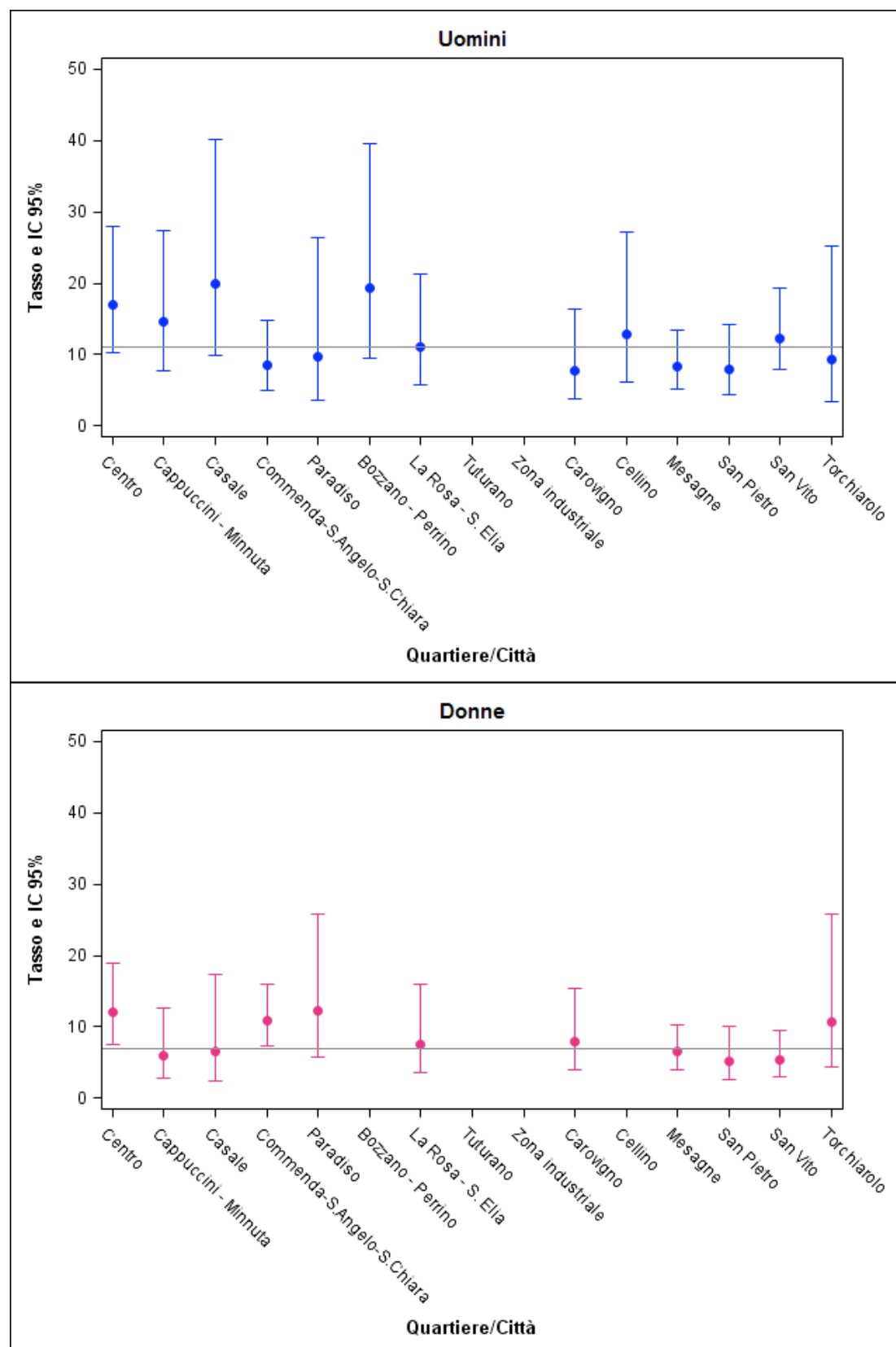


Figura 22 - Tasso standardizzato di mortalità per 100.000 per quartiere/ comune di residenza – Tumori maligni della trachea, dei bronchi e dei polmoni

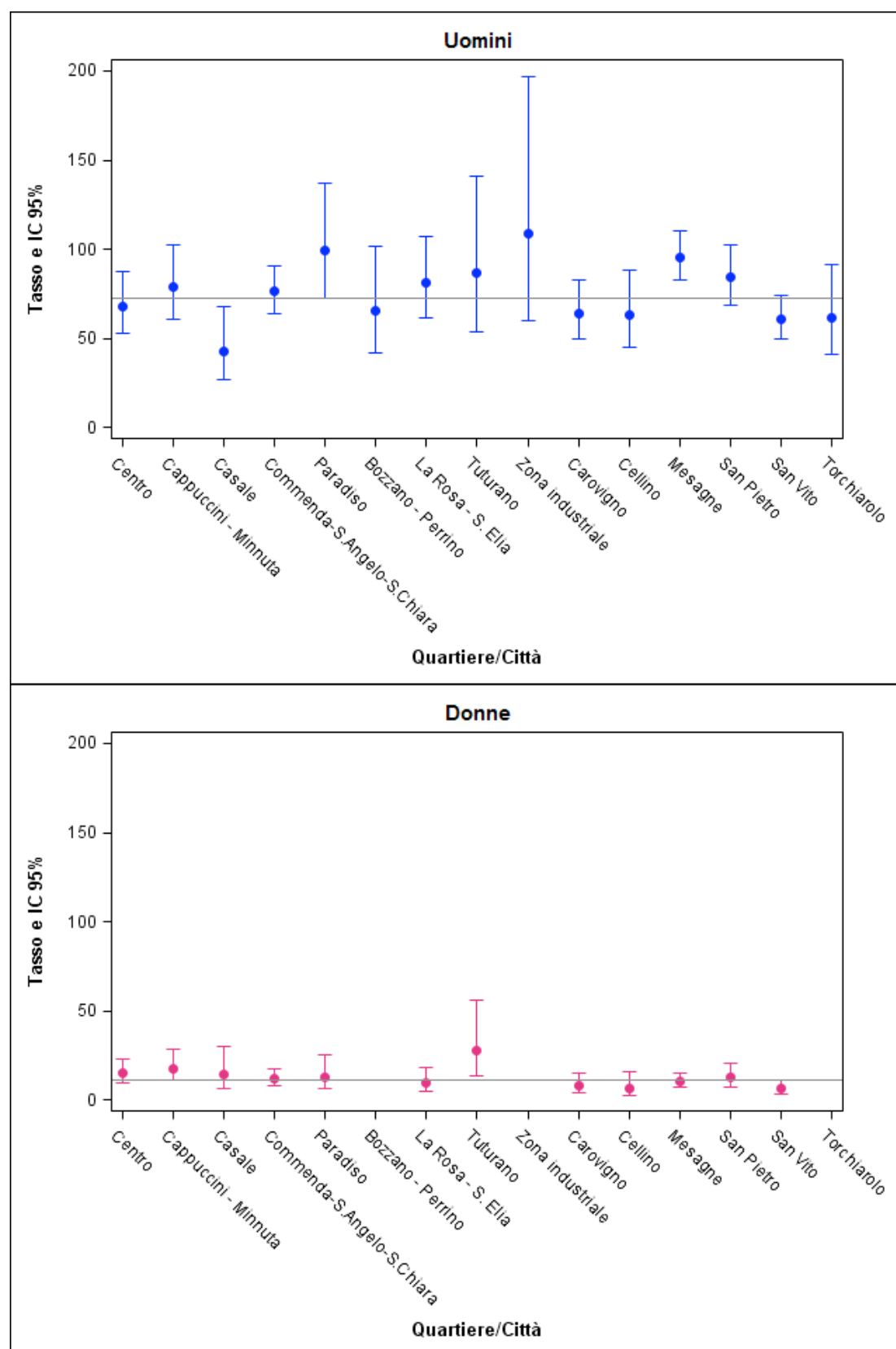


Figura 23 - Tasso standardizzato di mortalità per 100.000 per quartiere/ comune di residenza – Tumori maligni della mammella della donna

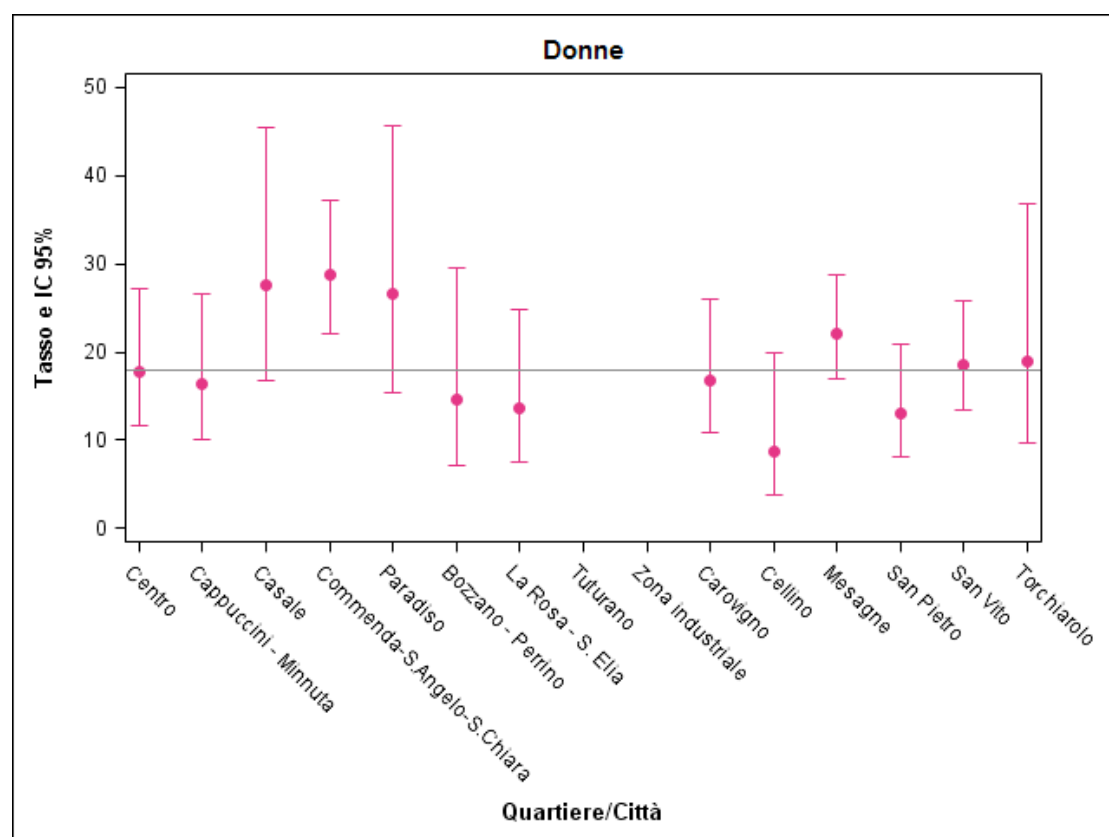


Figura 24 - Tasso standardizzato di mortalità per 100.000 per quartiere/ comune di residenza – Tumori maligni della vescica

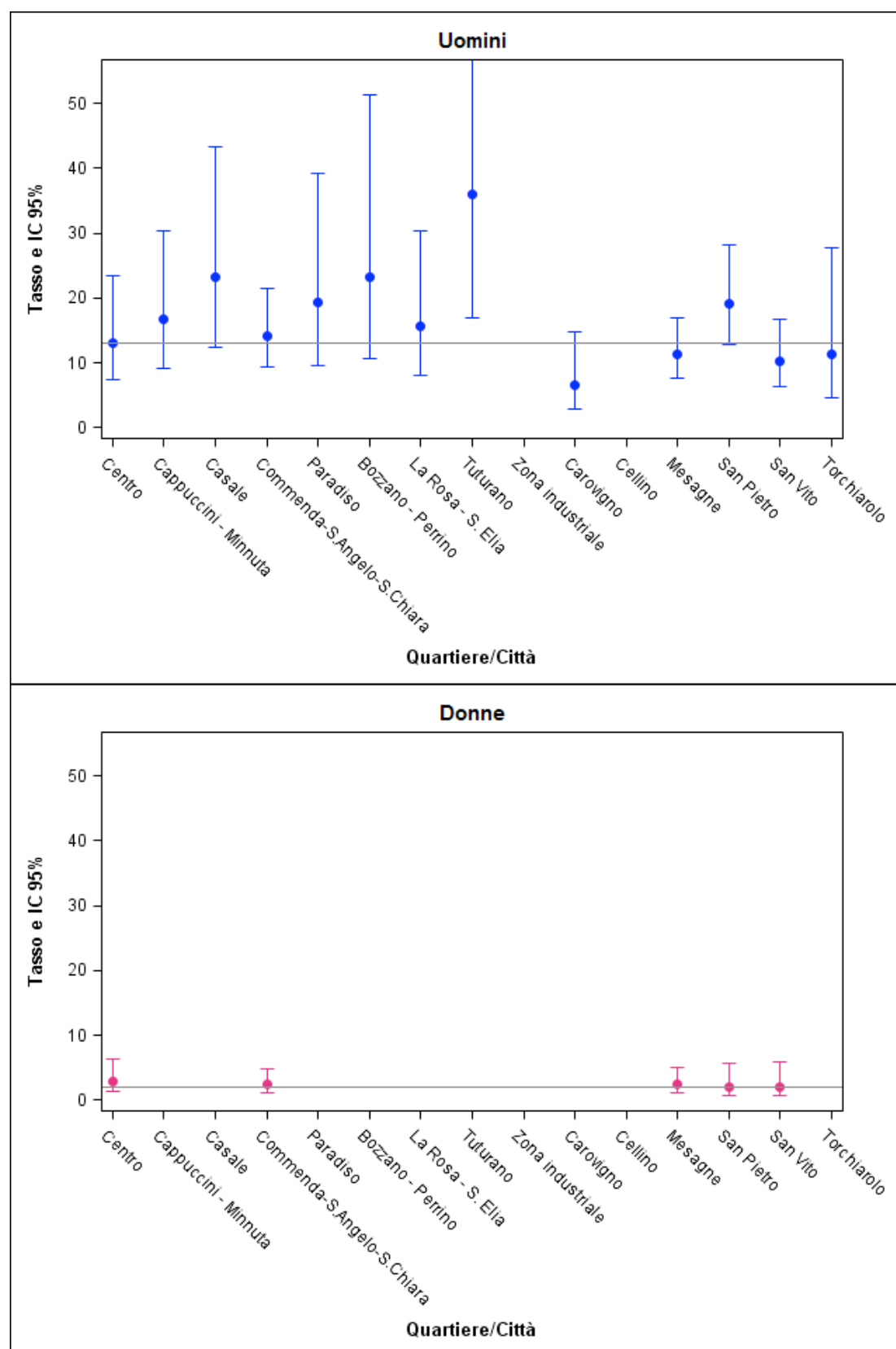


Figura 25 - Tasso standardizzato di mortalità per 100.000 per quartiere/ comune di residenza – Tumori maligni della prostata

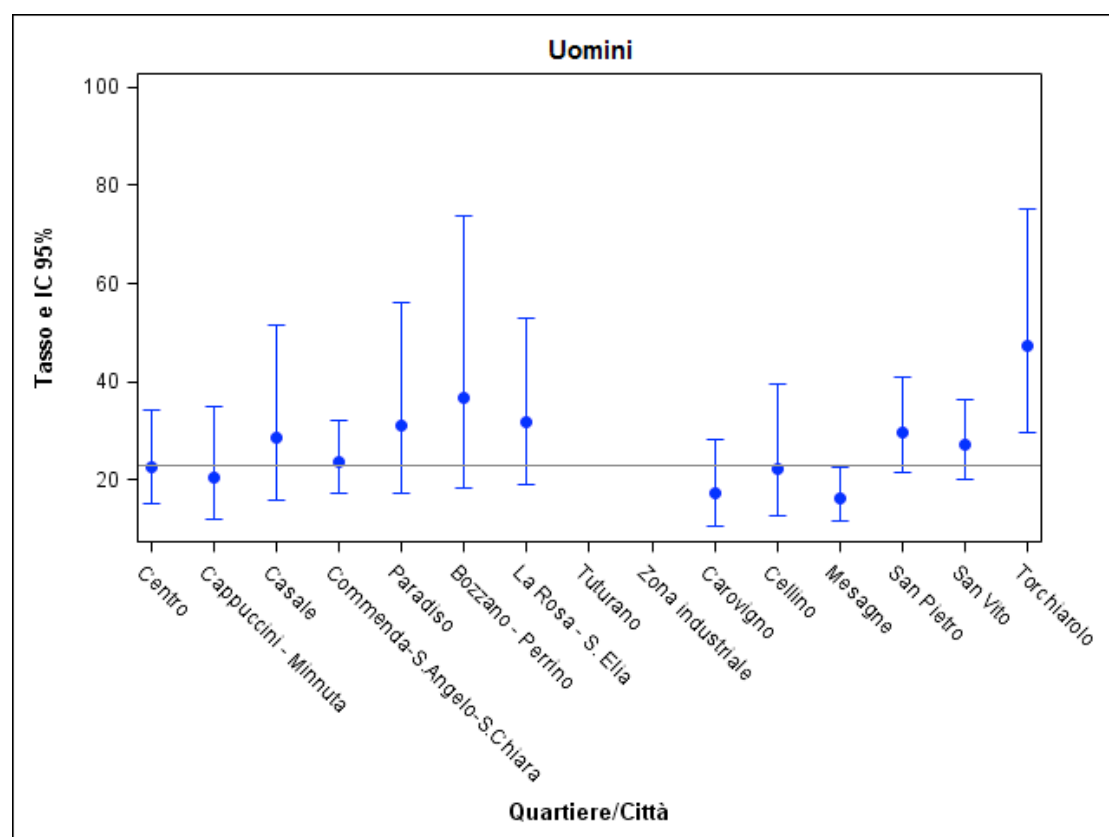


Figura 26 - Tasso standardizzato di mortalità per 100.000 per quartiere/ comune di residenza – Tumori maligni del sistema nervoso centrale

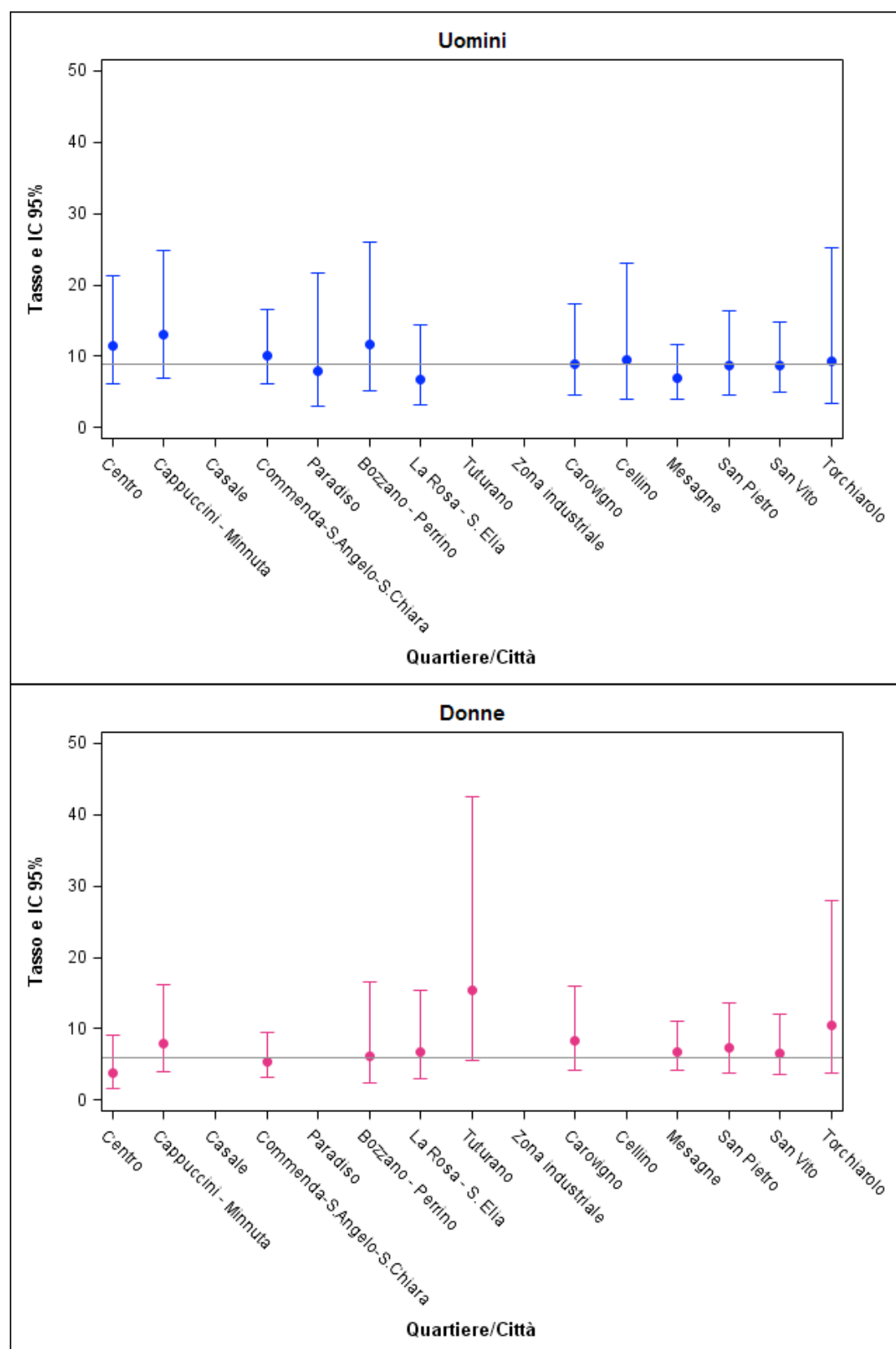


Figura 27 - Tasso standardizzato di mortalità per 100.000 per quartiere/ comune di residenza – Tumori maligni del tessuto linfatico ed ematopoietico

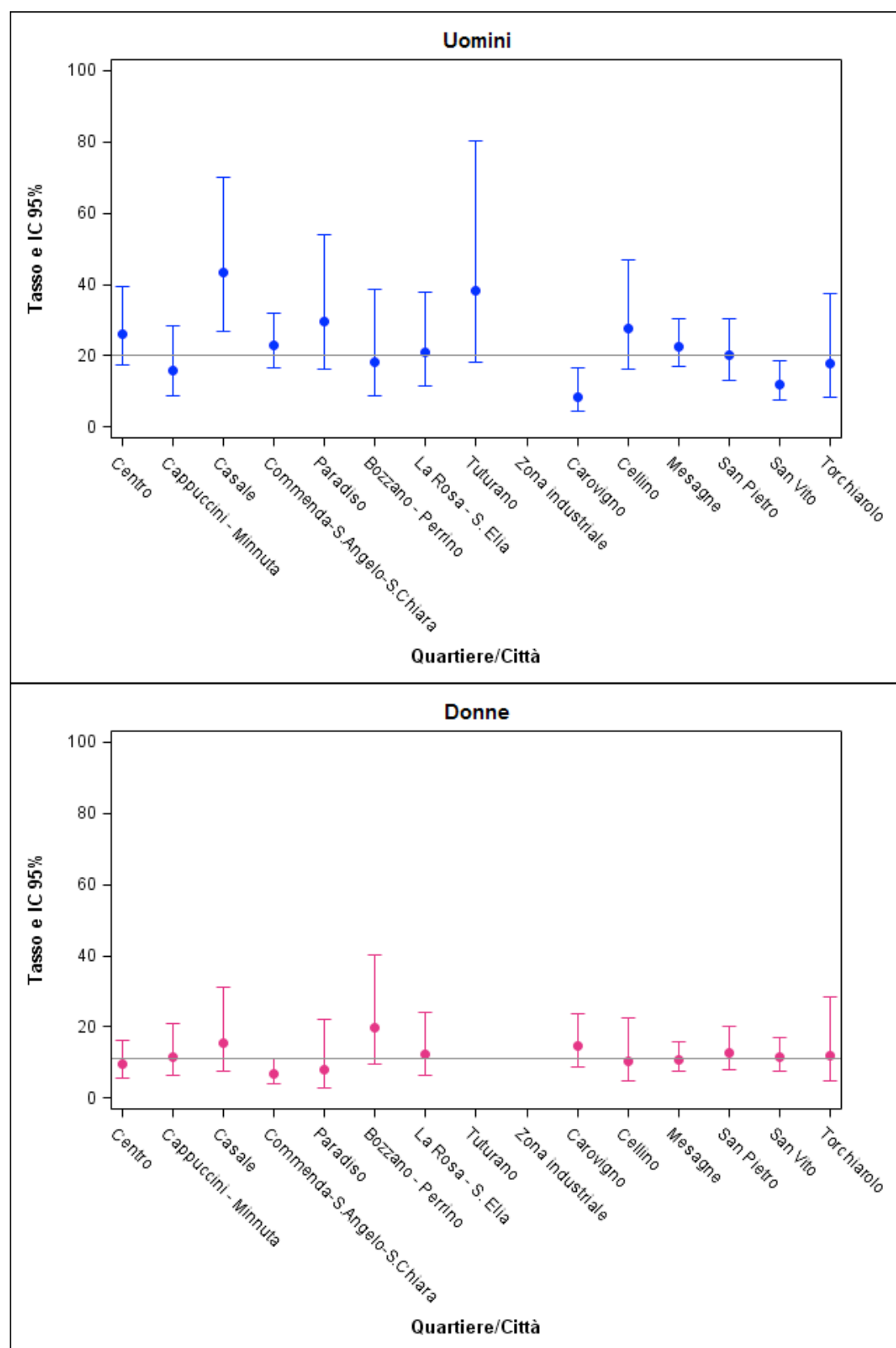


Figura 28 - Tasso standardizzato di mortalità per 100.000 per quartiere/ comune di residenza – Leucemie

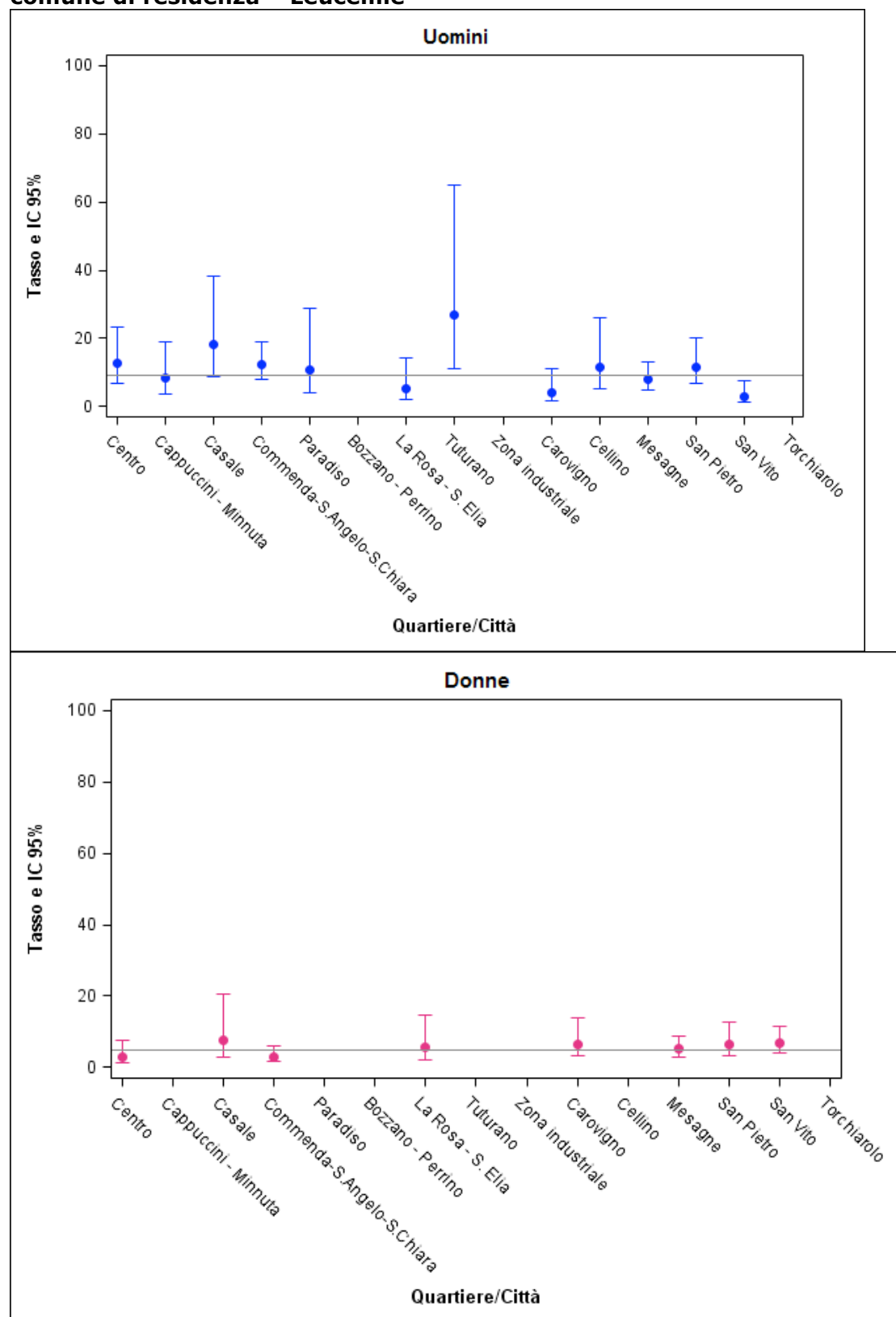


Figura 29 - Tasso standardizzato di mortalità per 100.000 per quartiere/ comune di residenza – Malattie neurologiche

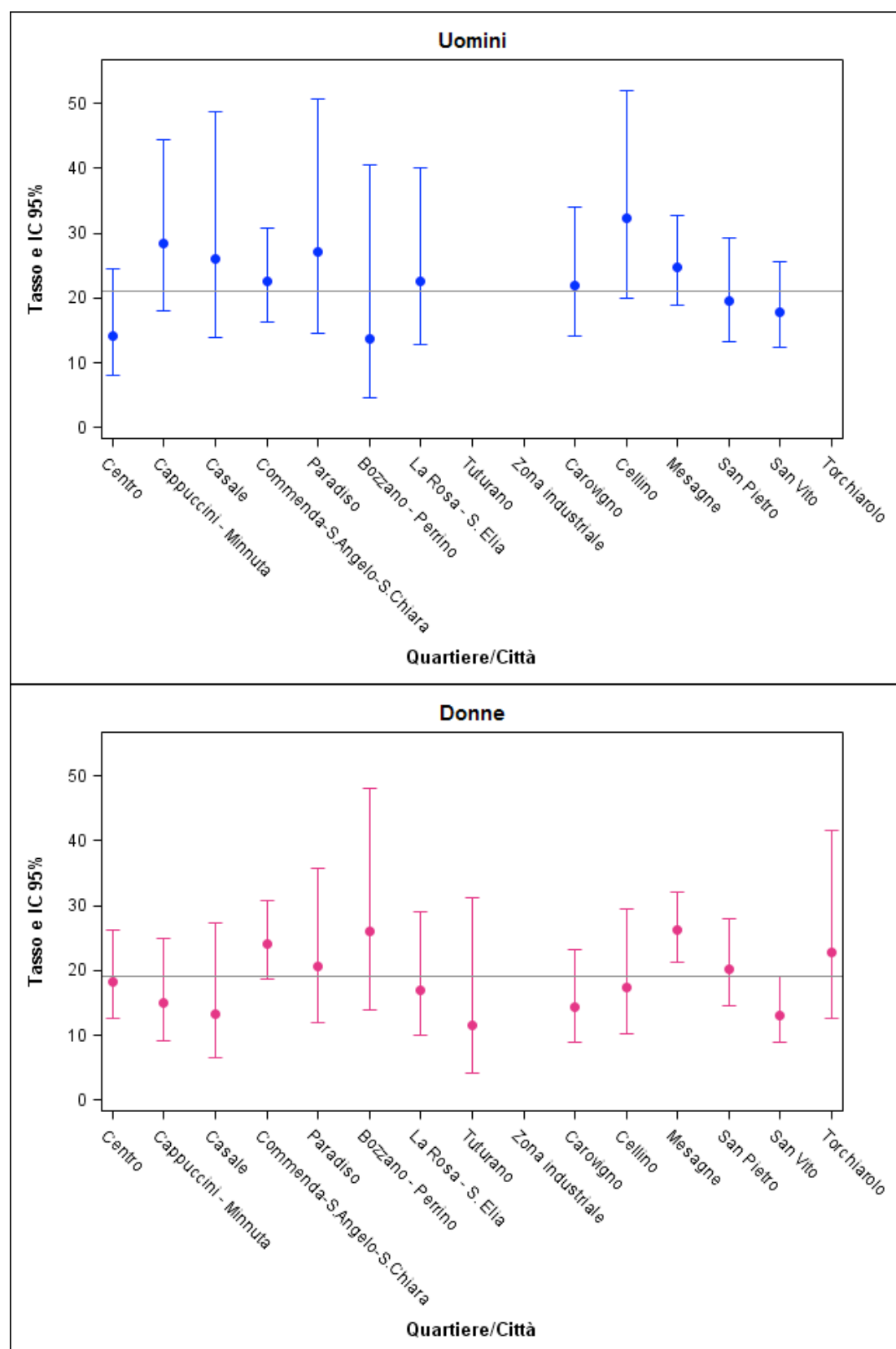


Figura 30 - Tasso standardizzato di mortalità per 100.000 per quartiere/ comune di residenza – Malattie del sistema circolatorio

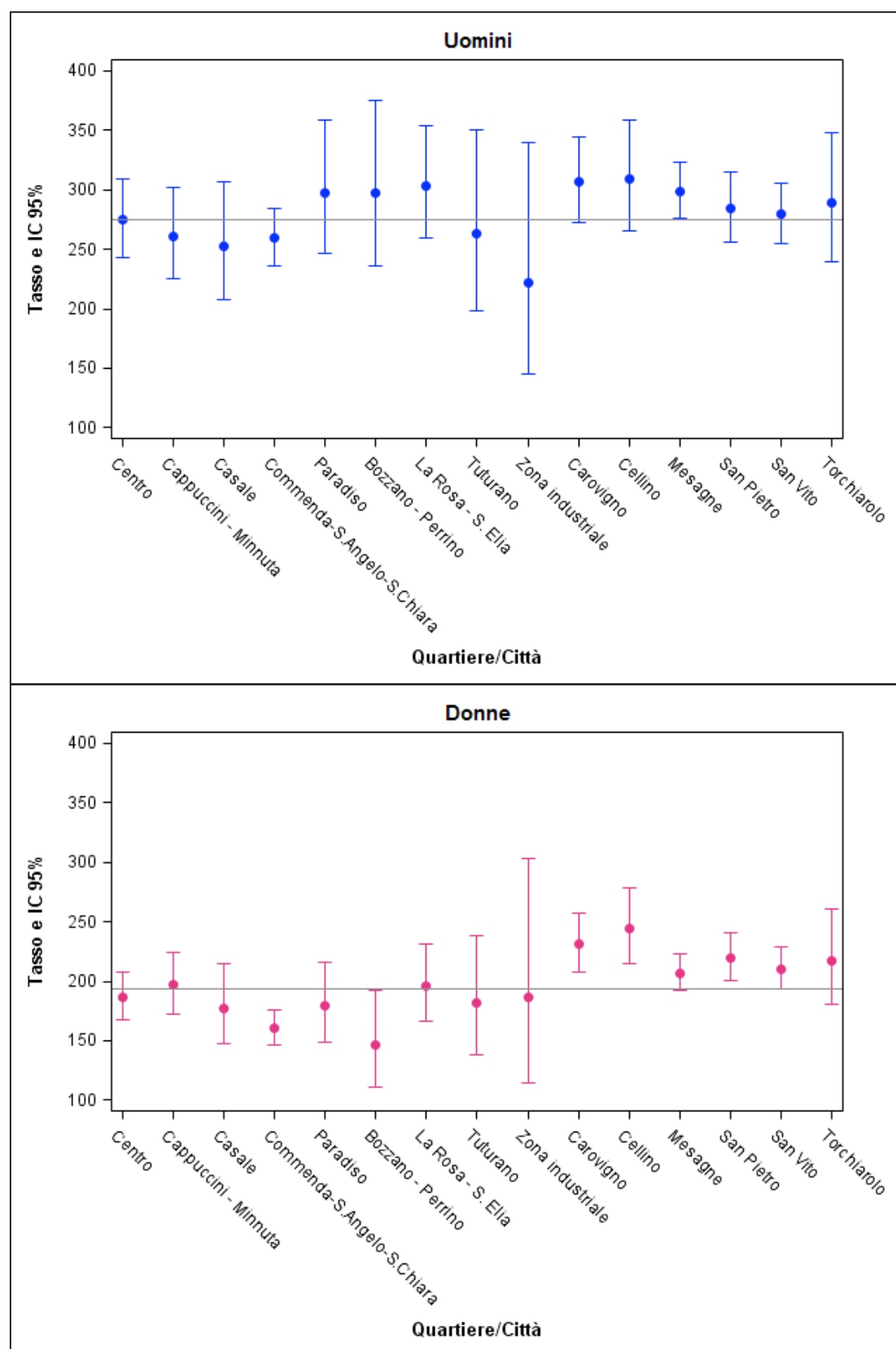


Figura 31 - Tasso standardizzato di mortalità per 100.000 per quartiere/ comune di residenza – Malattie cardiache

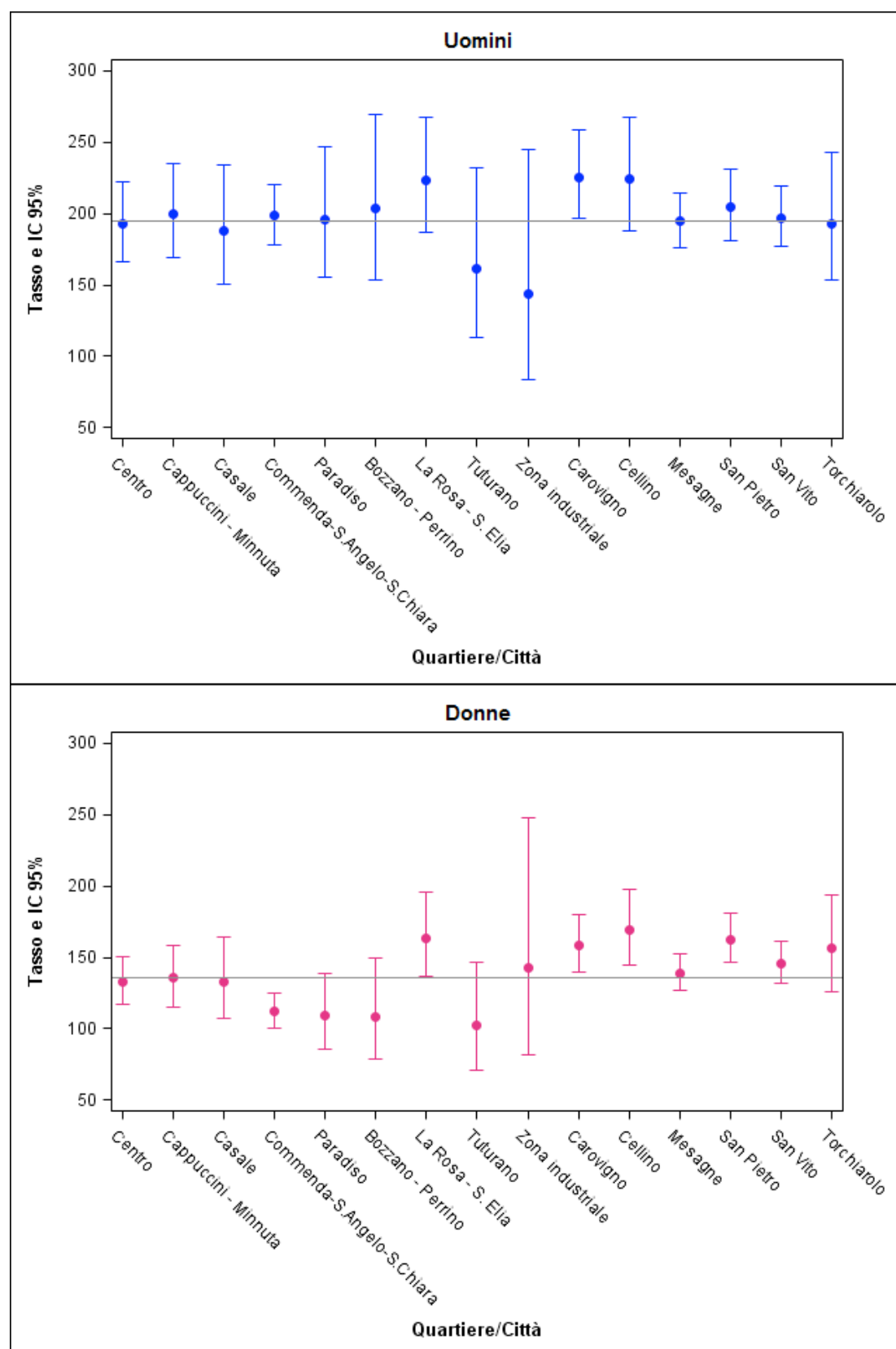


Figura 32 - Tasso standardizzato di mortalità per 100.000 per quartiere/ comune di residenza – Malattie ischemiche

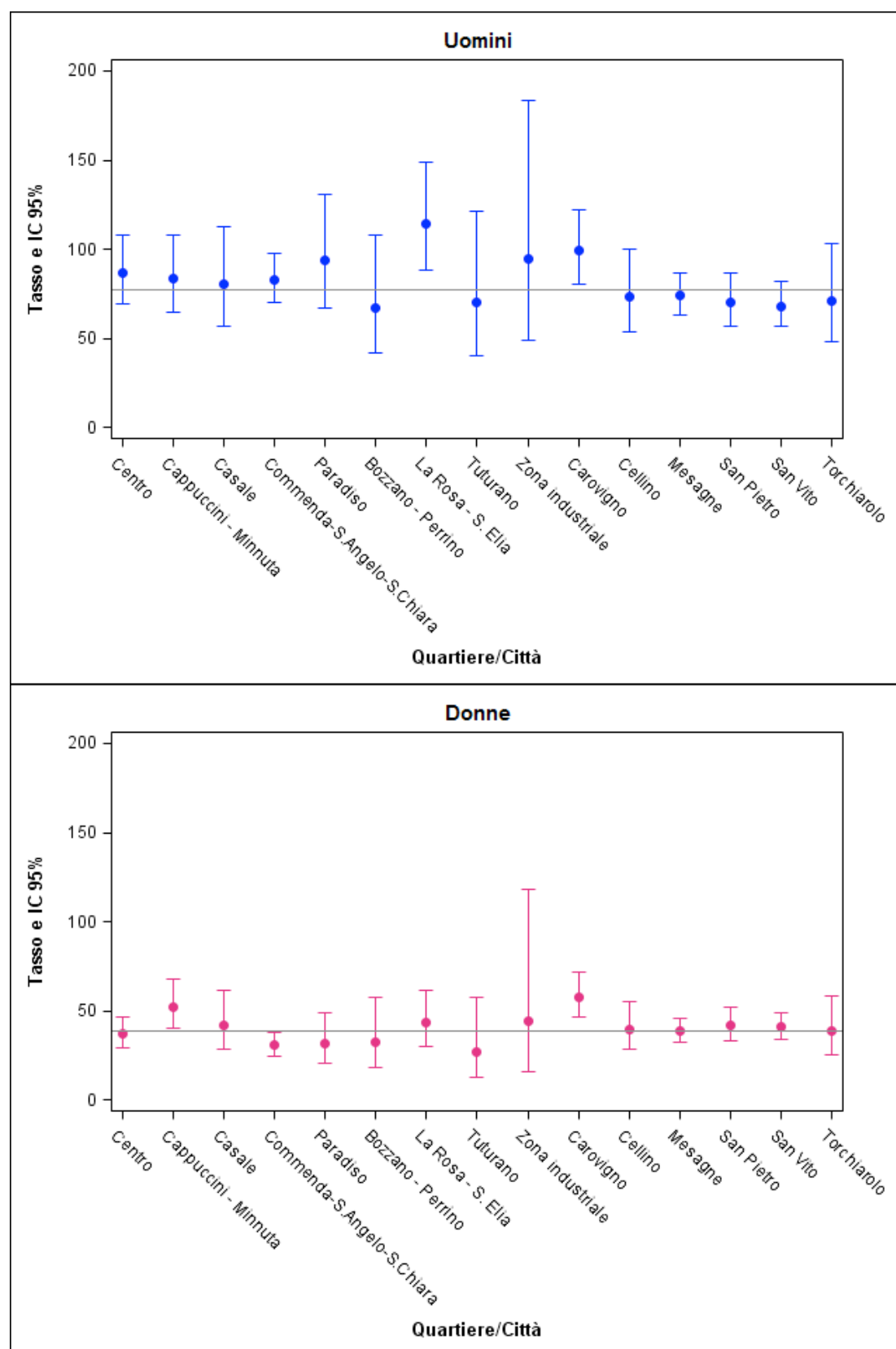


Figura 33 - Tasso standardizzato di mortalità per 100.000 per quartiere/ comune di residenza – Malattie cerebrovascolari

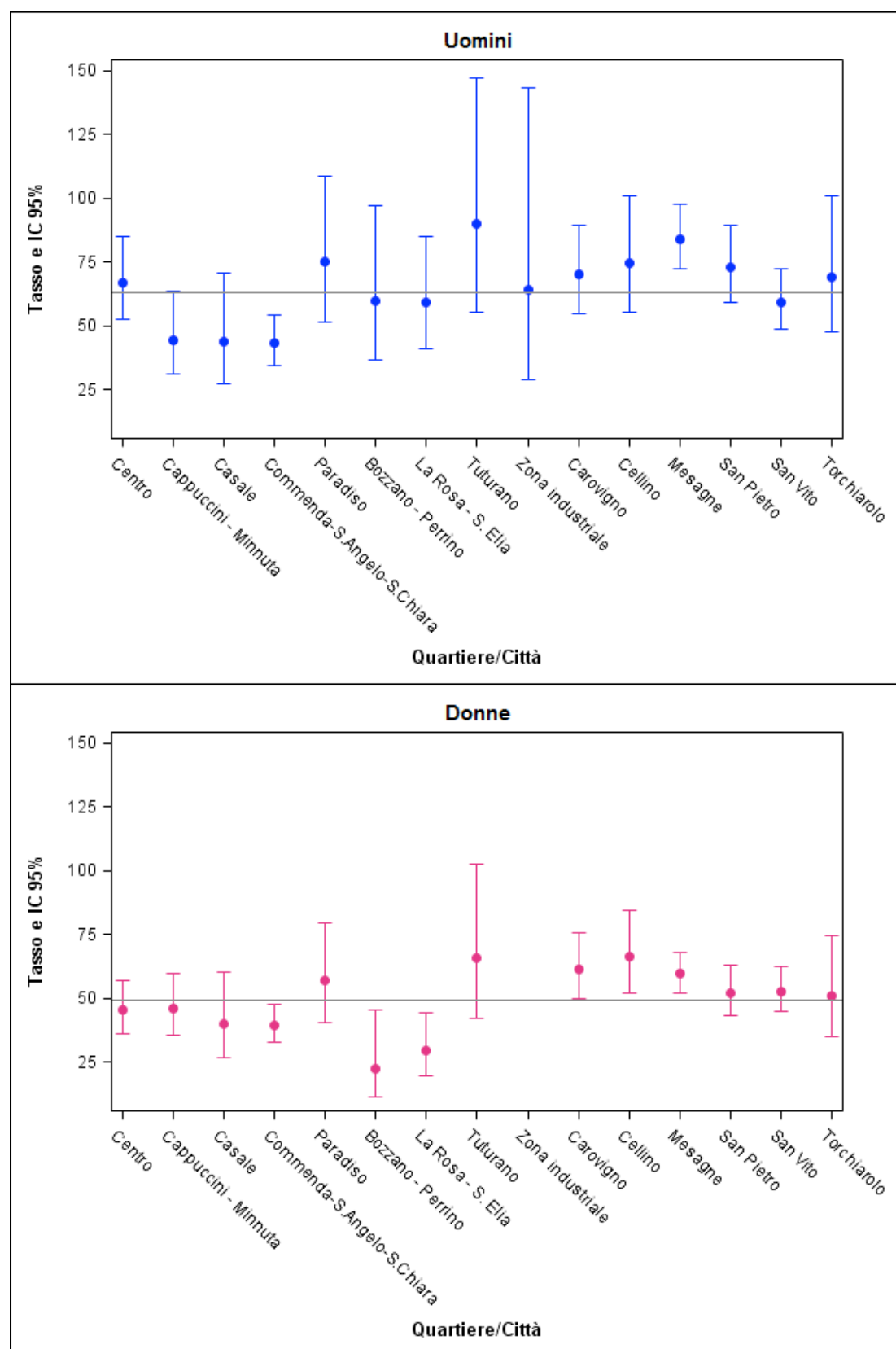


Figura 34 - Tasso standardizzato di mortalità per 100.000 per quartiere/ comune di residenza – Malattie dell'apparato respiratorio

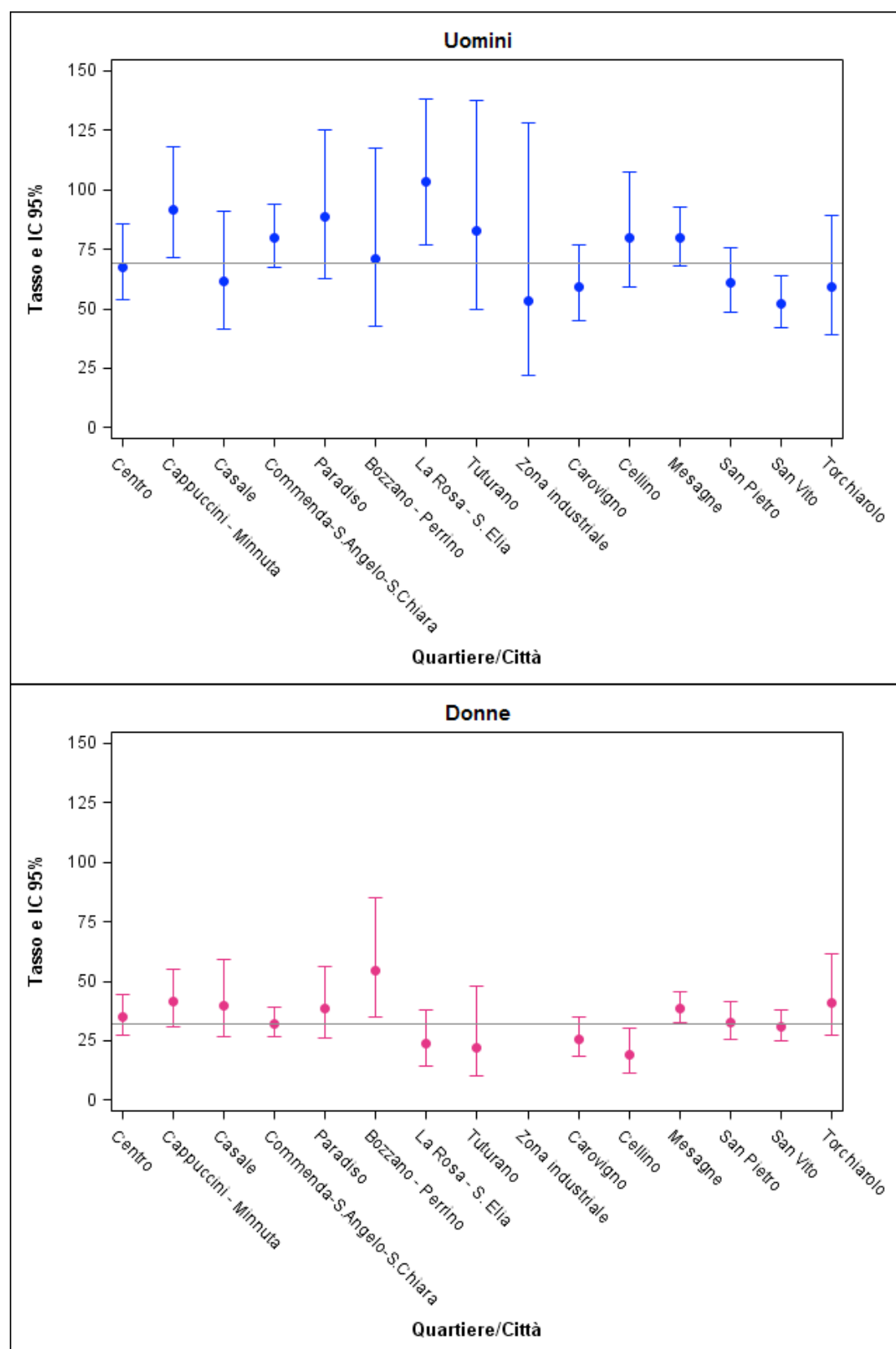


Figura 35 - Tasso standardizzato di mortalità per 100.000 per quartiere/ comune di residenza – Infezioni delle vie respiratorie

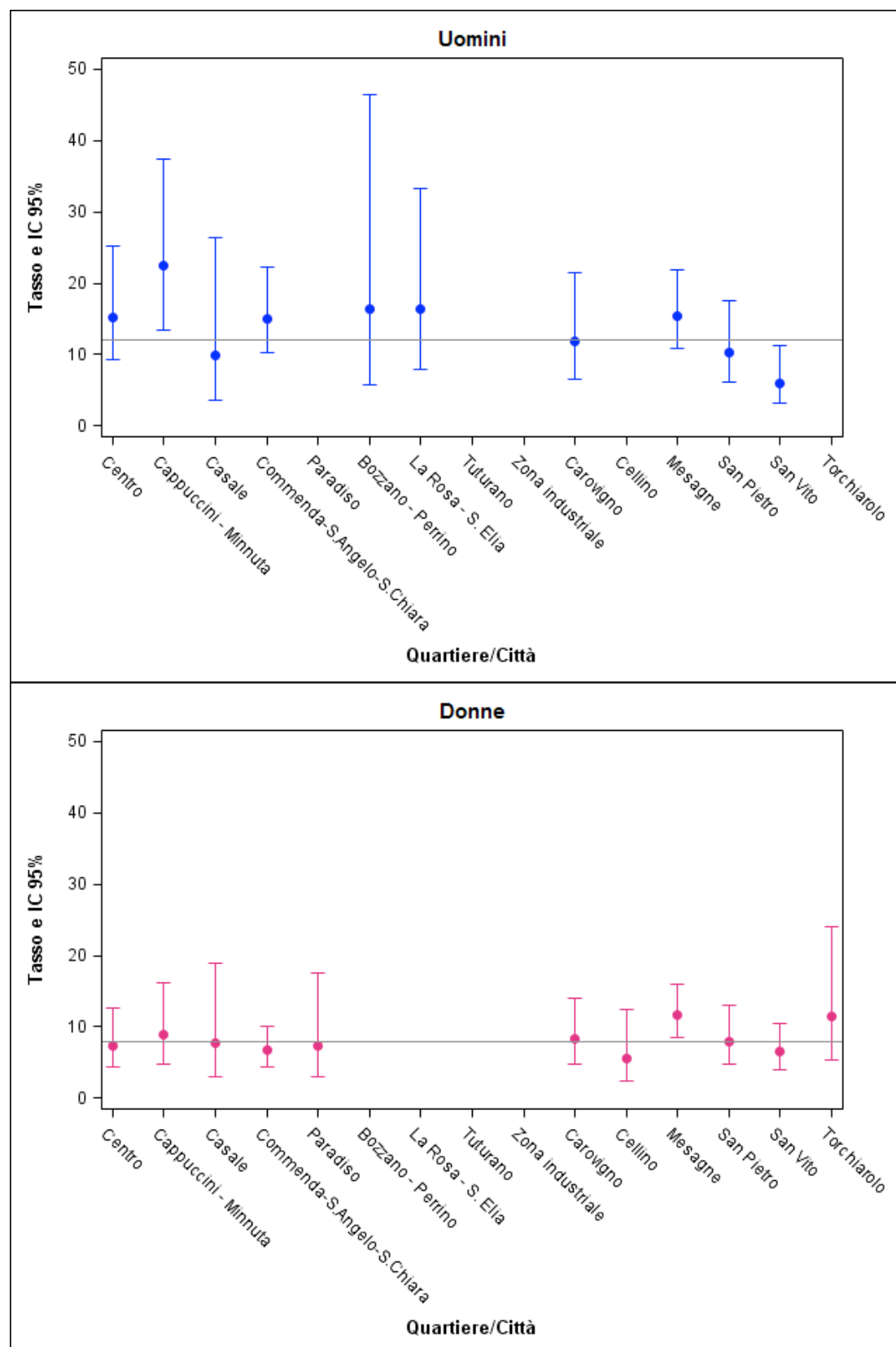


Figura 36 - Tasso standardizzato di mortalità per 100.000 per quartiere/ comune di residenza – Malattie polmonari cronico ostruttive (BPCO)

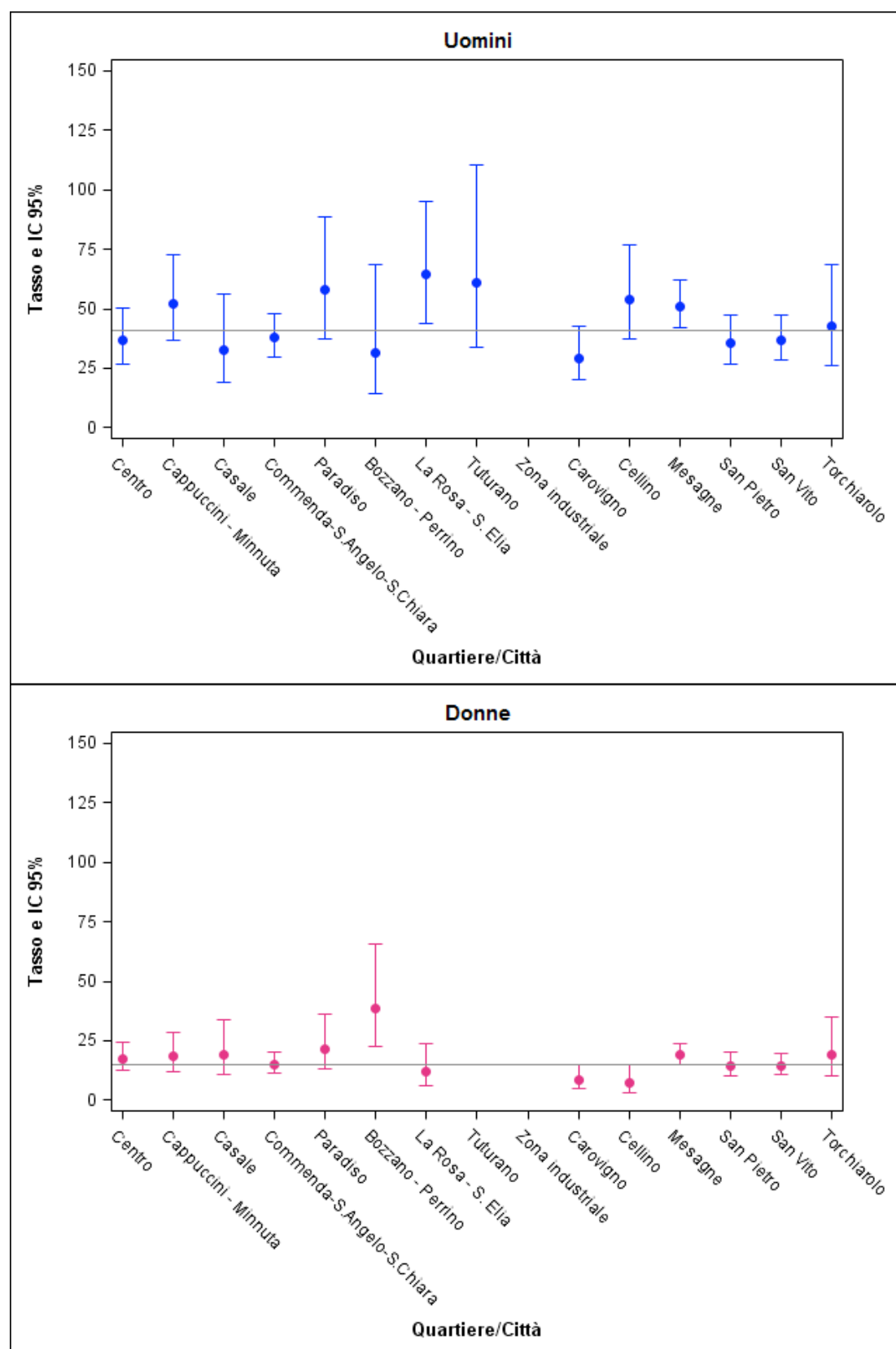


Figura 37 - Tasso standardizzato di mortalità per 100.000 per quartiere/ comune di residenza – Malattie dell'apparato digerente

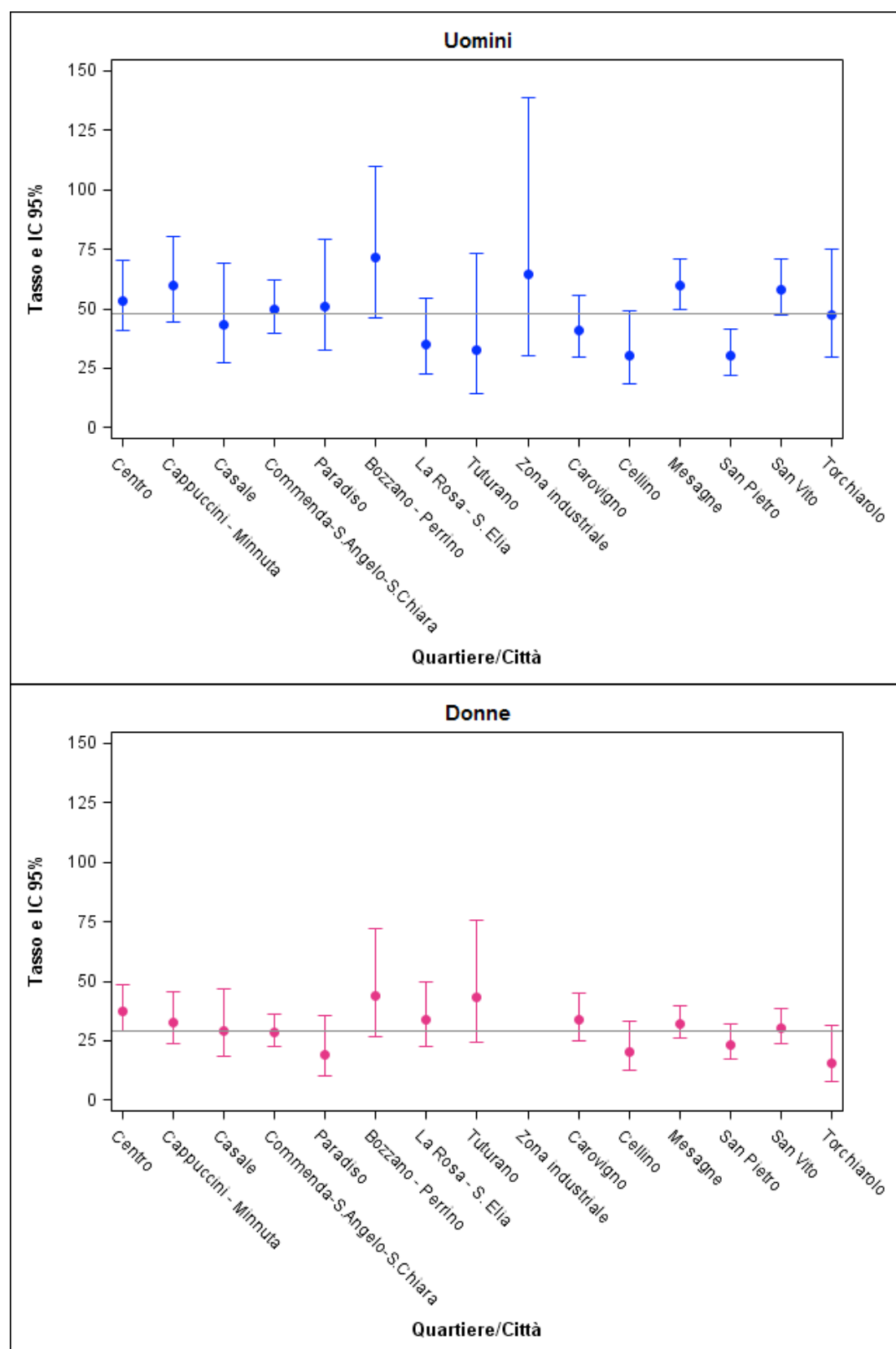


Figura 38 - Tasso standardizzato di mortalità per 100.000 per quartiere/ comune di residenza – Malattie renali

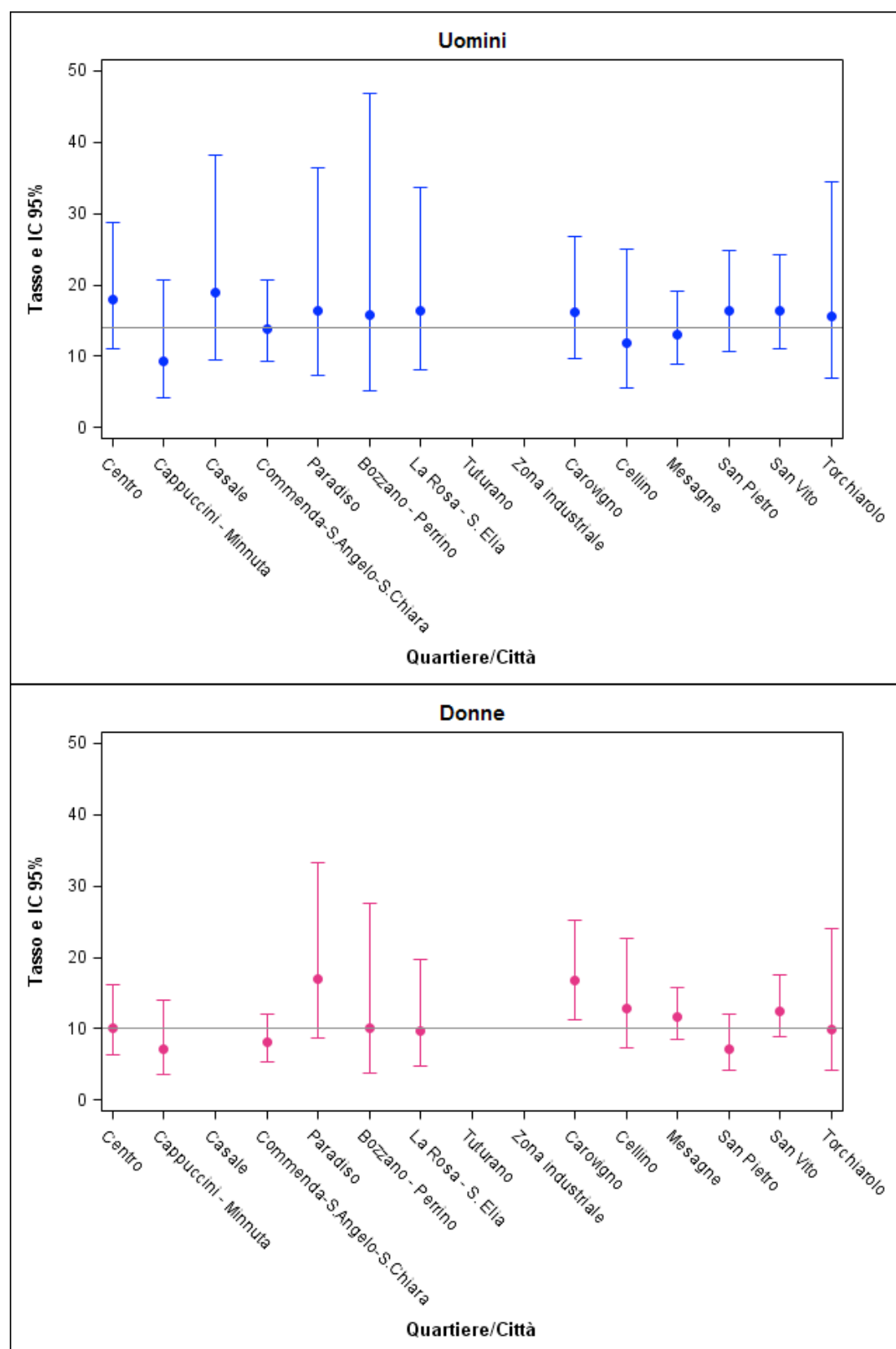
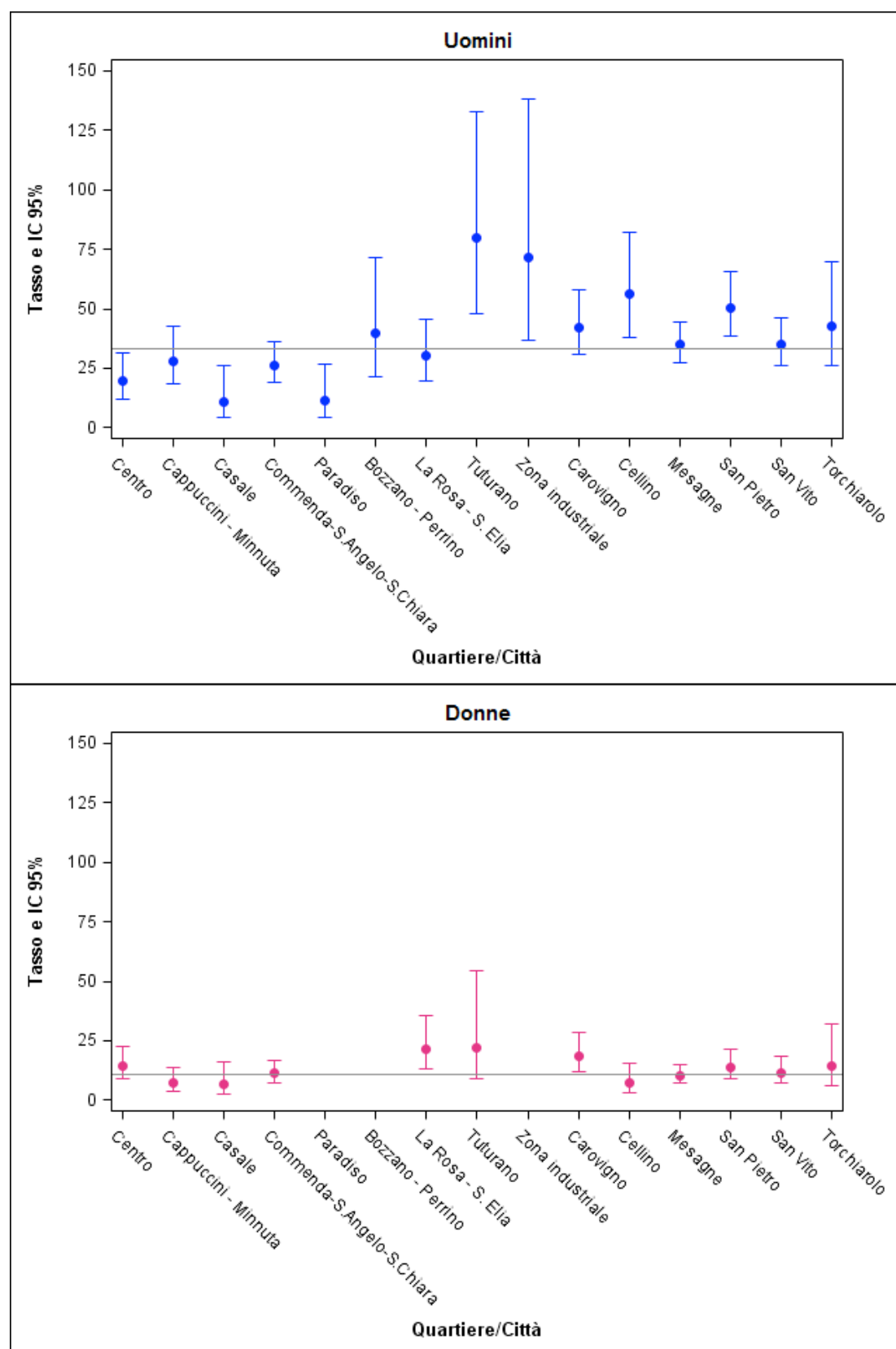


Figura 39 - Tasso standardizzato di mortalità per 100.000 per quartiere/ comune di residenza – Traumatismi e avvelenamenti



APPENDICE 5 – Analisi aggiuntive di mortalità

Tabella 2 - Associazione tra posizione socioeconomica (SEP) e mortalità causa-specifica della coorte di Brindisi, 2000-2013

CAUSA	N	Medio-Alto			Medio			Medio-Basso			Basso		
		HR*	Low	Up	HR*	Low	Up	HR*	Low	Up	HR*	Low	Up
Cause naturali	19653	1.08	1.02	1.15	1.08	1.02	1.15	1.13	1.07	1.20	1.24	1.16	1.32
Tumori maligni	5375	1.09	0.97	1.21	1.07	0.96	1.19	1.11	0.99	1.24	1.23	1.10	1.38
Stomaco	229	0.72	0.43	1.19	0.88	0.54	1.43	0.83	0.50	1.37	0.92	0.55	1.56
Colon													
Fegato	400	1.39	0.92	2.10	1.20	0.80	1.81	1.08	0.70	1.65	1.19	0.76	1.86
Pancreas	267	1.25	0.78	2.00	1.11	0.70	1.76	0.82	0.50	1.34	1.06	0.64	1.75
Laringe	53	0.80	0.27	2.41	0.88	0.30	2.54	0.86	0.28	2.62	1.83	0.65	5.12
Trachea, bronchi e polmoni	1103	0.98	0.77	1.26	1.07	0.85	1.36	1.26	0.99	1.60	1.35	1.05	1.73
Pleura	41	0.47	0.17	1.25	0.13	0.03	0.51	0.56	0.21	1.45	1.03	0.42	2.55
Mammella	305	1.43	0.86	2.36	1.17	0.71	1.94	1.82	1.11	2.98	1.57	0.94	2.64
Vescica	209	0.90	0.53	1.52	0.84	0.51	1.40	0.93	0.55	1.56	1.11	0.65	1.90
Rene	98	1.08	0.52	2.26	0.86	0.41	1.81	0.69	0.31	1.51	0.87	0.39	1.97
Encefalo ed altri tumori del SNC	214	0.90	0.55	1.46	0.88	0.54	1.41	0.62	0.37	1.05	0.76	0.44	1.31
Tessuto linfatico ed ematopoietico	427	1.04	0.72	1.52	1.00	0.70	1.45	1.01	0.69	1.48	1.21	0.82	1.79
Leucemie	185	1.22	0.66	2.25	1.26	0.70	2.29	1.30	0.71	2.39	1.53	0.82	2.87
Malattie neurologiche	642	1.20	0.84	1.70	1.23	0.87	1.74	1.23	0.86	1.76	1.48	1.04	2.12
Malattie cardiovascolari	7695	1.07	0.97	1.18	1.09	0.99	1.20	1.13	1.03	1.25	1.18	1.07	1.31
Malattie cardiache	5417	1.06	0.94	1.19	1.10	0.98	1.23	1.15	1.02	1.29	1.22	1.08	1.38
Malattie ischemiche	1795	0.94	0.77	1.14	0.98	0.81	1.18	1.08	0.89	1.31	1.07	0.88	1.31
Eventi coronarici acuti	530	0.91	0.65	1.28	0.93	0.67	1.29	1.08	0.78	1.50	0.96	0.67	1.37
Malattie cerebro-vascolari	1865	1.29	1.04	1.60	1.26	1.02	1.56	1.32	1.06	1.63	1.26	1.01	1.58
Malattie apparato respiratorio	1590	1.22	0.99	1.51	1.08	0.87	1.33	1.19	0.97	1.47	1.35	1.09	1.69
Infezioni delle vie respiratorie	324	1.13	0.73	1.76	0.90	0.58	1.39	0.89	0.56	1.40	1.12	0.70	1.78
BPCO	867	1.21	0.90	1.64	1.16	0.87	1.55	1.30	0.97	1.75	1.52	1.12	2.06
Malattie renali	398	0.87	0.54	1.41	1.25	0.80	1.96	1.13	0.71	1.81	1.85	1.17	2.92

*Hazard Ratio (HR) da modello di Cox stratificato per periodo di follow-up (tre classi) e aggiustato per sesso, età (asse temporale), esposizione ambientale, regione di nascita, occupazione

Tabella 3 - Associazione tra esposizione pregressa (fissa al 1997) a PM₁₀ da centrali elettriche e mortalità causa-specifica della coorte di Brindisi, 2000-2013. Hazard Ratios espressi per incrementi lineari pari alla differenza tra 95° e 5° percentile della concentrazione del PM₁₀ (0.97 µg/m³) (HRs e IC 95%) – Maschi e Femmine.

CAUSA	MASCHI				FEMMINE			
	N	HR*	Low	Up	N	HR*	Low	Up
Cause naturali	9651	1.01	0.96	1.07	10002	0.99	0.93	1.06
Tumori maligni	3151	1.05	1.00	1.09	2224	1.04	0.98	1.11
Stomaco	134	0.81	0.46	1.45	95	0.79	0.39	1.60
Colon	227	1.04	0.85	1.27	257	0.94	0.62	1.43
Fegato	235	0.87	0.57	1.35	165	1.07	0.96	1.20
Pancreas	136	1.06	0.95	1.18	131	1.09	0.97	1.22
Laringe	47	0.63	0.23	1.72	6			
Trachea, bronchi e polmoni	923	1.04	0.93	1.15	180	1.08	0.96	1.22
Pleura	33	1.06	0.79	1.43	8			
Mammella	0				305	1.05	0.92	1.19
Vescica	170	1.09	0.98	1.21	39	1.14	0.41	3.18
Rene	55	1.03	0.70	1.52	43	1.26	0.48	3.33
Encefalo ed altri tumori del SNC	110	1.06	0.92	1.22	104	0.58	0.29	1.18
Tessuto linfatico ed ematopoietico	247	1.06	0.97	1.16	180	1.00	0.64	1.55
Leucemie	104	1.07	0.96	1.19	81	0.80	0.37	1.72
Malattie neurologiche	257	0.66	0.43	1.01	385	1.01	0.73	1.39
Malattie cardiovascolari	3454	0.92	0.82	1.03	4241	0.84	0.76	0.93
Malattie cardiache	2446	0.98	0.86	1.11	2971	0.91	0.81	1.03
Malattie ischemiche	963	1.06	0.97	1.15	832	0.86	0.67	1.09
Eventi coronarici acuti	330	1.08	1.00	1.16	200	0.86	0.53	1.40
Malattie cerebro-vascolari	794	0.82	0.64	1.04	1071	0.69	0.55	0.85
Malattie apparato respiratorio	868	1.07	0.97	1.17	722	1.10	1.01	1.19
Infezioni delle vie respiratorie	152	1.29	0.78	2.16	172	0.69	0.41	1.16
BPCO	509	1.01	0.78	1.31	358	1.46	1.04	2.04
Malattie renali	179	1.07	0.87	1.33	219	0.52	0.32	0.84

*Hazard Ratio (HR) da modello di Cox stratificato per periodo di follow-up (tre classi) e aggiustato per sesso, età (asse temporale), stato socioeconomico, regione di nascita, occupazione

L'analisi separata per genere mostra un'associazione tra pregressa esposizione a PM₁₀ da centrale termoelettrica e mortalità per tumori maligni e malattie respiratorie negli uomini (HR=1.05 IC 95% 1.00-1.09, HR=1.08 IC 95% 1.00-1.16 rispettivamente) e mortalità per malattie dell'apparato respiratorio e in particolare BPCO (HR=1.10 IC 95% 1.01-1.19, HR=1.46 IC 95% 1.04-2.04 rispettivamente) nelle donne.

APPENDICE 6 – Centrale del Petrolchimico – ora ENIPOWER

La centrale termoelettrica a servizio del petrolchimico di Brindisi, ora di proprietà della Società **Enipower**, attiva dal 1962, ha garantito al polo il fabbisogno interno di energia elettrica e di vapore. L'impianto è collocato all'interno dell'area petrolchimico nella zona industriale di Brindisi ed è principalmente a servizio delle realtà presenti nel suddetto sito produttivo cedendo l'eccesso di produzione alla Rete Nazionale.

Fino al 2007 la centrale del petrolchimico era costituita da 6 gruppi termici, alimentati ad olio combustibile denso (OCD), gas di petrolchimico e metano.

Attualmente la centrale consta di una centrale denominata CT3 composta da 3 gruppi, distinti ma uguali, a ciclo combinato (CC1, CC2, CC3) ognuno costituito da:

- una turbina a gas della potenza di 266 MW;
- una caldaia a recupero;
- una turbina a gas della potenza di 127 MW;
- un condensatore raffreddato in ciclo chiuso dall'acqua di mare proveniente da 12 torri di raffreddamento ibride per i cicli CC1 e CC2, mentre per il terzo gruppo CC3 in ciclo aperto;
- n. 12 torri di raffreddamento a tiraggio forzato del tipo umido/secco a controcorrente comune per CC1 e CC2.

Il CC3 è entrato in esercizio nell'anno 2006. Alla fine del 2006 sono cessate le combustioni di OCD nelle caldaie tradizionali GT4, GT5, GT11 e GT6.

La caldaia GT6 è stata fermata nel settembre del 2005 dopo l'avviamento del primo ciclo combinato; essa costituisce la riserva fredda al fine di poter assicurare la fornitura di vapore agli impianti petrolchimici dello stabilimento in caso di fermate eccezionali dovuti a guasti dell'impianto o indisponibilità di gas combustibile dal metanodotto Snam – Rete Gas. La caldaia GT6 viene mantenuta ai soli fini di garantire l'affidabilità alla produzione di energia elettrica e vapore allo Stabilimento.

Oltre al gas naturale viene utilizzato come combustibile anche gas di recupero dall'impianto petrolchimico, nei gruppi CC2 e CC3. Il ciclo combinato è alimentato da:

- gas naturale addotto tramite la rete nazionale che, dopo una riduzione alla pressione di 30 bar, viene immesso in turbina;

- gas proveniente dal petrolchimico che, in miscela con il gas naturale, è bruciato presso i cicli combinati CC2 e CC3.

Si evidenzia che le turbine a gas sono dotate di bruciatori tipo Dry Low NO_x (DLN), il filtro ad aria è del tipo multistadio, il sistema dei gas di scarico è del tipo a recupero semplice (senza by pass). Il gas naturale è addotto tramite rete SNAM, il consumo medio con i tre gruppi in marcia è pari a 180.000 Sm³/h.

Nei gruppi CC2 e CC3 è utilizzata una miscela di gas metano e gas provenienti dal petrolchimico con un contenuto di idrogeno al massimo pari al 15%. Il gas petrolchimico proviene da Polimeri Europa tramite un collettore appositamente dedicato.

La CTE Enipower Brindisi è stata autorizzata con decreto AIA rilasciato con provvedimento del MATTM prot. DM-0000233 del 30 settembre 2014 (pubblicato su G.U Serie Generale n. 256 del 04.11.2014).

Avvicendamenti societari

1962 -1968	1969-1982	1983-1984	1985	1986	1987-1989	1990	1991-1992	1993	1994-1996	1997-1998	1999-2014
Montecatini	Montedison	Riveda	Enichem Polimeri	Enichem Base	Enichem Anic	Enimont Anic	Enichem Anic	Enichem	Frene	Enichem	Enipower

Caratteristiche dei gruppi termici

GRUPPO	Camino	Anno ACCENSIONE	Anno DISMISSIONE	Potenzialità nominale termica (MWe)	Altezza (m)
CTE 2	E1	1961	?	20	50
CTE 3	E2	1961	?	20	50
CTE 4 - utilizza policombustibile (OCD, gas di petrolchimico, metano)	E3	1961	2007	40	60
CTE 5 - utilizza policombustibile (OCD, gas di petrolchimico, metano)	E4	1961	2007	40	60
CTE 6 - utilizza policombustibile (OCD, gas di petrolchimico, metano)	E5	1969	per emergenza	70	60
CTE11- utilizza policombustibile (OCD, gas di petrolchimico, metano)	E6	1972	2007	70	60
CTE – ciclo combinato, utilizza gas naturale	CC1	2005	ad oggi funzionante	1170	80
CTE – ciclo combinato, utilizza gas naturale e gas di petrolchimico	CC2	2005	ad oggi funzionante		80
CTE – ciclo combinato, utilizza gas naturale e gas di petrolchimico	CC3	2006	ad oggi funzionante		80

APPENDICE 7 – centrale EDIPOWER

La centrale **Edipower** Brindisi è entrata in esercizio nel 1969. L'impianto si estende su un'area di 225.000 m², di cui 46.569 m² coperti. La Centrale è costituita da quattro sezioni aventi ciascuna una potenza lorda di 320 MWe per un totale complessivo di 1.280 MWe, con potenza termica di combustione di circa 800 MWTh per ogni sezione, di cui solo due sezioni autorizzate, per cui la potenza elettrica nominale totale è pari a 620 MWe e la potenza termica di combustione totale è pari a 1.714 MWTh.

Con il decreto AIA DVA-DEC-2012-0000434 del 7 agosto 2012, la centrale è stata autorizzata dal MATTM per l'esercizio dei gruppi 3 e 4, alimentati a carbone.

Il Gestore, con nota prot. 373 del 24 gennaio 2014 (acquisita dal MATTM con prot. DVA-2014-0002132 del 28 gennaio 2014), ha comunicato che la centrale nell'anno 2013 non ha funzionato e che sarebbe stata posta in conservazione per l'anno 2014 e lo è stata anche successivamente nell'anno 2015. Tutt'ora l'impianto è fermo.

Con Decreto del MAP N. 011/2003 del 22/09/2003, la Centrale era stata autorizzata all'esercizio delle sole sezioni 3 e 4 previo adeguamento tecnologico (installazione di un sistema di denitrificazione dei fumi). L'attuale configurazione coincide con l'assetto impiantistico per il quale il gestore ha chiesto l'Autorizzazione Integrata Ambientale. Il progetto di adeguamento ambientale delle sezioni 3 e 4 è stato escluso dalla procedura VIA (Parere di esclusione dalla VIA 7610/VIA/2003), a condizione che venisse avviata la procedura VIA per la realizzazione di due nuovi gruppi a ciclo combinato. Il Gestore ha avviato il 2/12/2003 una procedura ex Legge 55/02 (Decreto "sblocca centrali"), comprensiva di Valutazione di Impatto Ambientale, per la quale è stato dato parere di VIA favorevole (Parere n. 237 del 29/01/2009), per ottenere l'autorizzazione al ripotenziamento della centrale²¹, che prevedeva i seguenti interventi:

- installazione di un ciclo combinato alimentato a metano della potenza elettrica di circa 430 MWe (in sostituzione dei gruppi 1 e 2 inattivi dal 2000, che verranno contestualmente dismessi);
- installazione di un sistema di desolforazione (DeSOx) sui gruppi 3 e 4;
- realizzazione di un carbonile coperto e di infrastrutture per la movimentazione del carbone e delle altre rinfuse;

²¹ Per il funzionamento della centrale nel nuovo assetto di progetto, è prevista la realizzazione delle seguenti opere complementari indispensabili:

- un nuovo elettrodotto 380 kV di collegamento alla stazione Pignicelle, per una lunghezza di circa 11,5 km, e la demolizione dell'elettrodotto esistente 220kV;
- un nuovo metanodotto di collegamento con la rete nazionale per una lunghezza di 3,14 km.

-
- modifica dell'opera di presa dell'acqua di raffreddamento.

Con l'istanza prot. 5753 del 10 settembre 2013, il Gestore ha presentato un progetto di adeguamento della centrale (denominato "scenario AIA 36 mesi") per il rispetto dei limiti emissivi validi dopo 36 mesi dal rilascio dell'AIA (ovvero a partire dal 13 settembre 2015) in accordo a quanto previsto nel decreto VIA prot. DSA-DEC-2009-1634 del 12 novembre 2009 e dall'art. 1 comma 2 del decreto AIA prot. DVA-DEC-2012-0000434 del 7 agosto 2012.

Tale progetto prevedeva, in sintesi:

- interventi sui sistemi di denitrificazione catalitica esistenti sui gruppi 3 e 4;
- miglioramento dell'efficienza di combustione con la riduzione degli incombusti e del CO, mediante retrofit dei mulini con l'installazione di classificatori rotanti;
- sostituzione dei bruciatori esistenti con dei nuovi bruciatori di tipo ULNB (Ultra Low NO_x Burner), al fine di migliorare il sistema di regolazione della combustione e di ridurre le emissioni di ossidi di azoto e CO;
- interventi sugli attuali precipitatori elettrostatici dei gruppi 3 e 4 attraverso la loro trasformazione in filtri a maniche;
- realizzazione del sistema di desolforazione ad umido (DeSO_x) e dei relativi sistemi ausiliari a servizio dei gruppi 3 e 4.

Il progetto di adeguamento ("scenario AIA 36 mesi") presentato è stato accolto dal Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare alle condizioni di cui al Parere Istruttorio Conclusivo, prot. DVA-2014-0034573 del 24 ottobre 2014.

Si fa presente, quindi, che i sistemi di desolforazione ad umido (DeSO_x) sui gruppi 3 e 4, come adeguamento impiantistico previsto dall'Aia, non sono stati mai realizzati. I gruppi 3 e 4 della centrale sono dotati di linea trattamento fumi composta da denitrificatore catalitico per l'abbattimento degli ossidi di azoto e da precipitatore elettrostatico per la rimozione di polveri.

Il Gestore, con nota prot. 373 del 24 gennaio 2014 (acquisita dal MATTM con prot. DVA-2014-0002132 del 28 gennaio 2014), ha comunicato che la centrale nell'anno 2013 non ha funzionato e che sarebbe stata posta in conservazione per l'anno 2014 e, presumibilmente, anche per il 2015.

Avvicendamenti societari

1969	1999-2002	2002-2012
ENEL	EUROGEN	EDIPOWER

Caratteristiche dei gruppi termici

GRUPPO	Camino	Anno di inizio esercizio	Anno di avvio della combustione a carbone	Potenzialità nominale termica (MWe)	Potenzialità nominale termica (MWT)	Anno DISMISSIONE
GT1	E1	1969	1983	320	800	2000
GT2	E2	1971	1984	320	800	2000
GT3	E3	1974	1985	320	800	2012
GT4	E4	1977	1986	320	800	2012

APPENDICE 8 – Centrale ENEL – Cerano

La centrale **Enel Federico II** si trova in località Cerano a 12 Km da Brindisi ed è costituita da quattro sezioni con una capacità di 660 MW cadauna, entrate in funzione tra il 1991 ed il 1993. Le quattro sezioni sono alimentate a carbone (come combustibile primario), olio combustibile e gasolio per una potenza nominale complessiva di 2640 Mwe.

L'impianto occupa un'area di circa 2.700.000 m², con una struttura funzionale molto complessa: due sale di comando e controllo, spazi per i trasformatori e la stazione elettrica, impianti di depurazione, parco combustibili liquidi e parco carbone, impianti ausiliari come evaporatori, impianti di trattamento delle acque reflue, opere di presa e di scarico a mare. Il nastro trasportatore del carbone, dal porto carbonifero di Costa Morena, nell'avamposto di Brindisi, con un tragitto di 13 Km, è in grado di trasferire 2.000 tonnellate di combustibile.

Il MATTM ha autorizzato la CTE Enel Produzione SpA di Brindisi con provvedimento di AIA n. 253 del 28/06/2012.

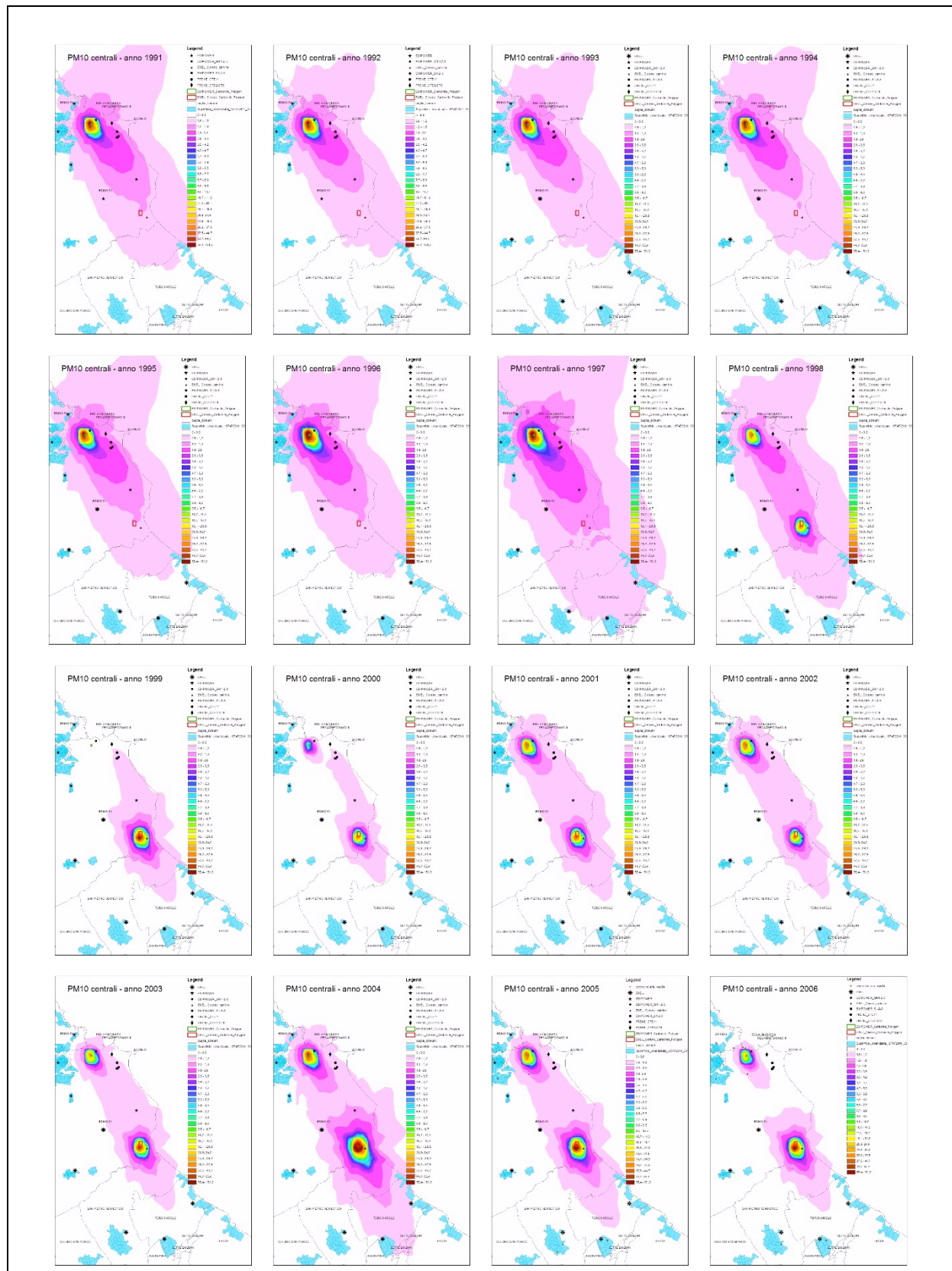
L'autorizzazione integrata ambientale (AIA - DVA-DEC-2012-253) prevede, in effetti, una progressiva riduzione dei valori limite di emissione per gli inquinanti SO₂, NO_x, polveri e CO. Attualmente le emissioni in aria sono soggette a limiti di concentrazioni durante le fasi a regime.

Caratteristiche dei gruppi termici

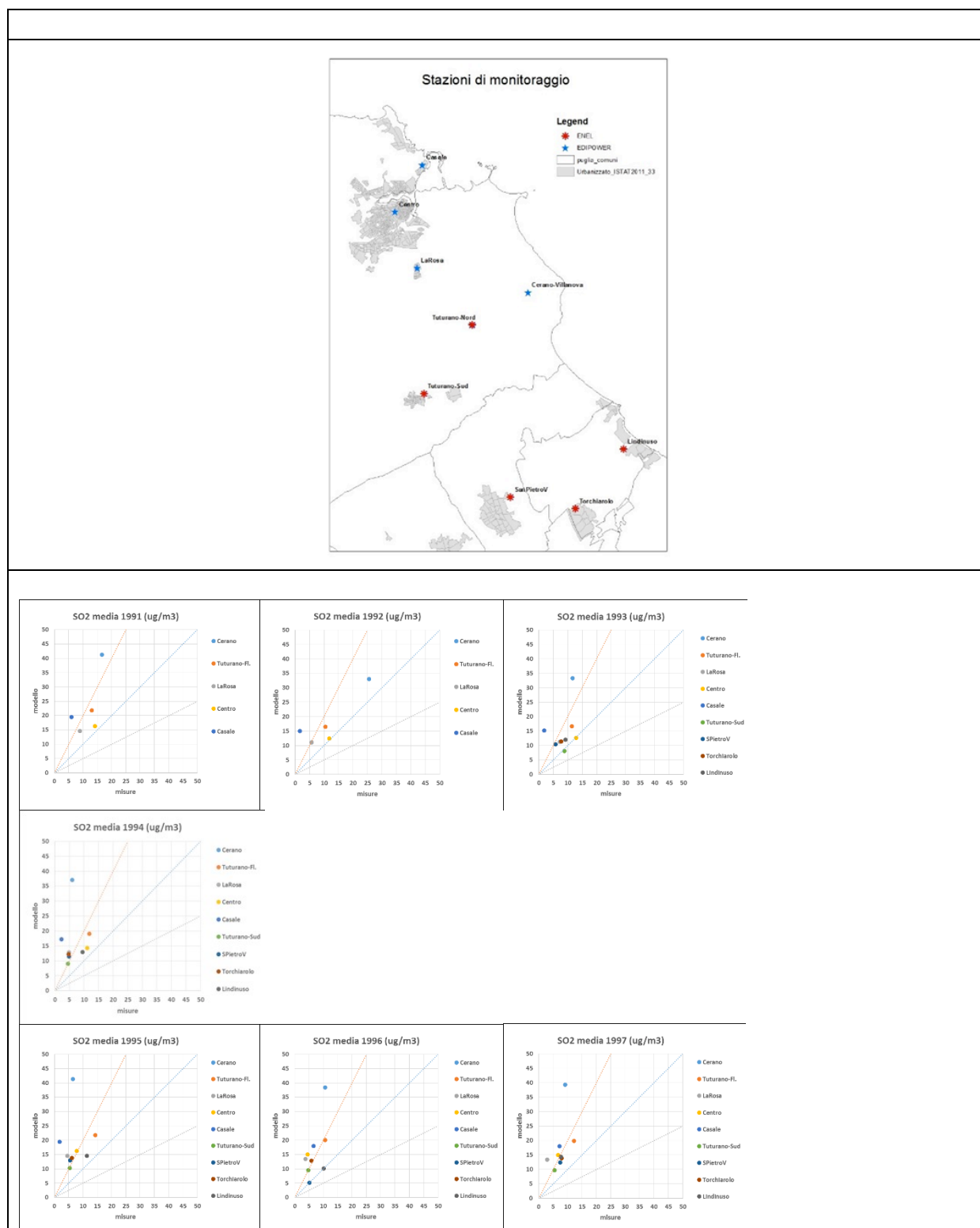
GRUPPO	Camino		Anno di avvio della combustione a carbone	Potenzialità nominale termica (MWe)	Anno DISMISSIONE	Altezza (m)
BS1	E1	1991	1998	660	Attualmente in funzione	200
BS2	E2	1992	1998	660	Attualmente in funzione	200
BS3	E3	1992	1998	660	Attualmente in funzione	200
BS4	E4	1993	1998	660	Attualmente in funzione	200

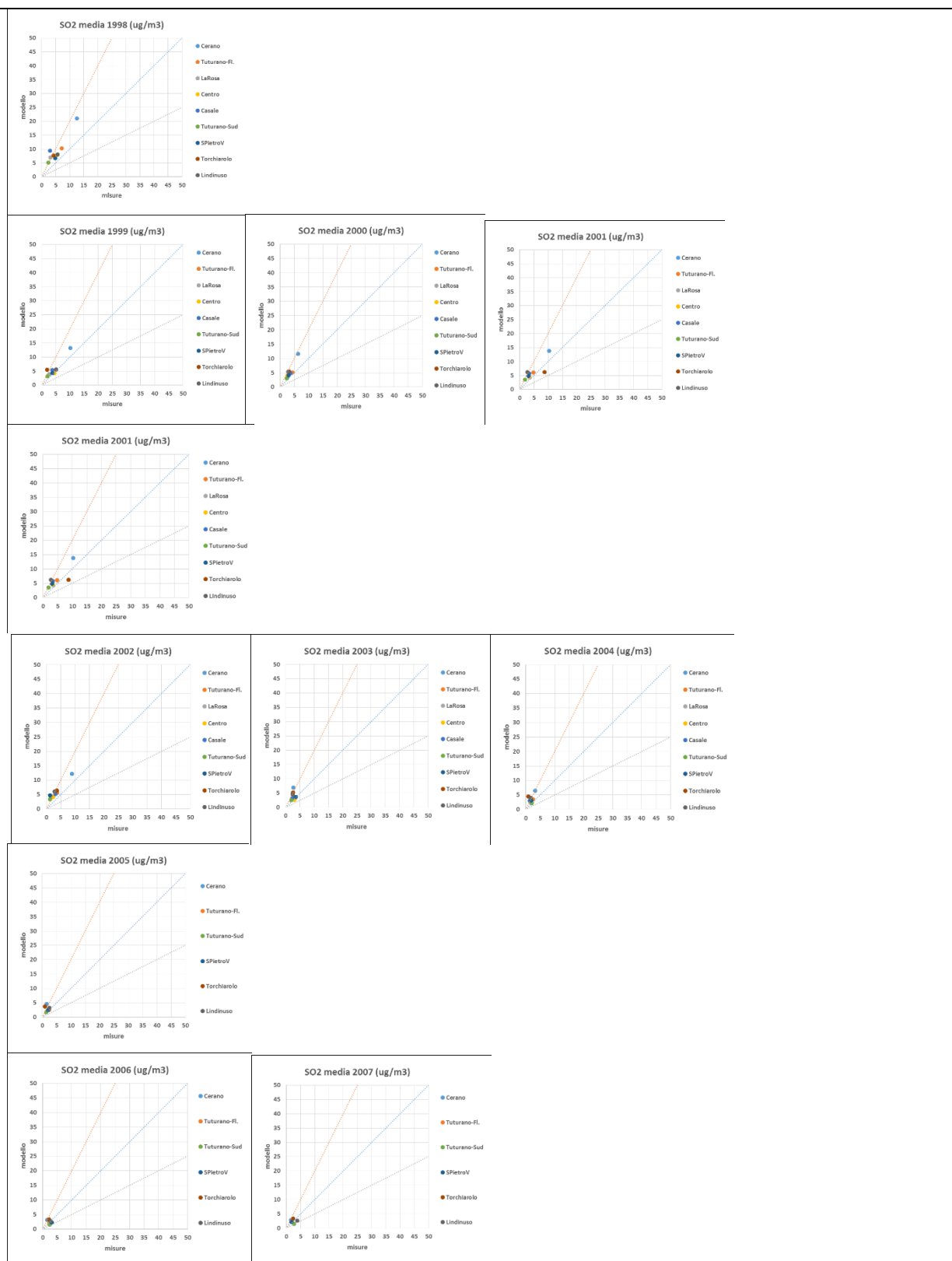
[illegible]

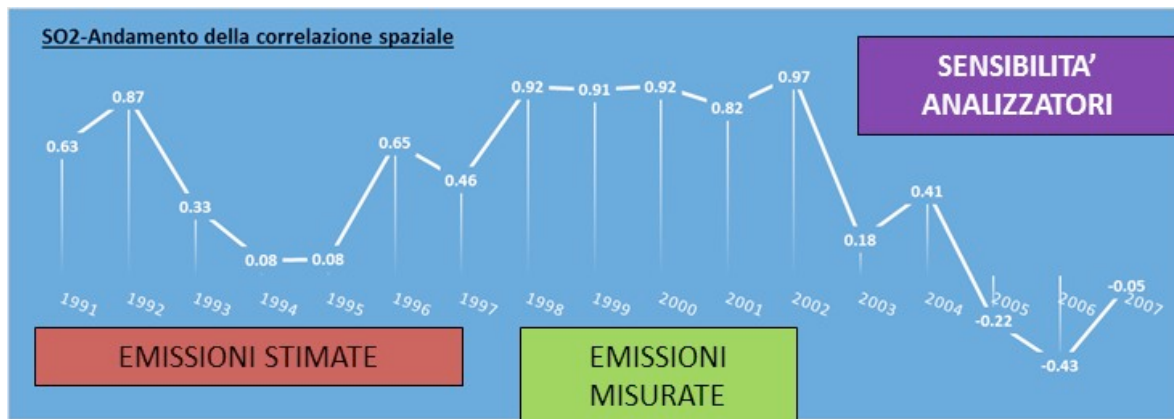
PM10



APPENDICE 10 - Confronto tra i livelli medi annuali di SO₂ misurati e modellati nell'area di Brindisi – periodo 1991 – 2007





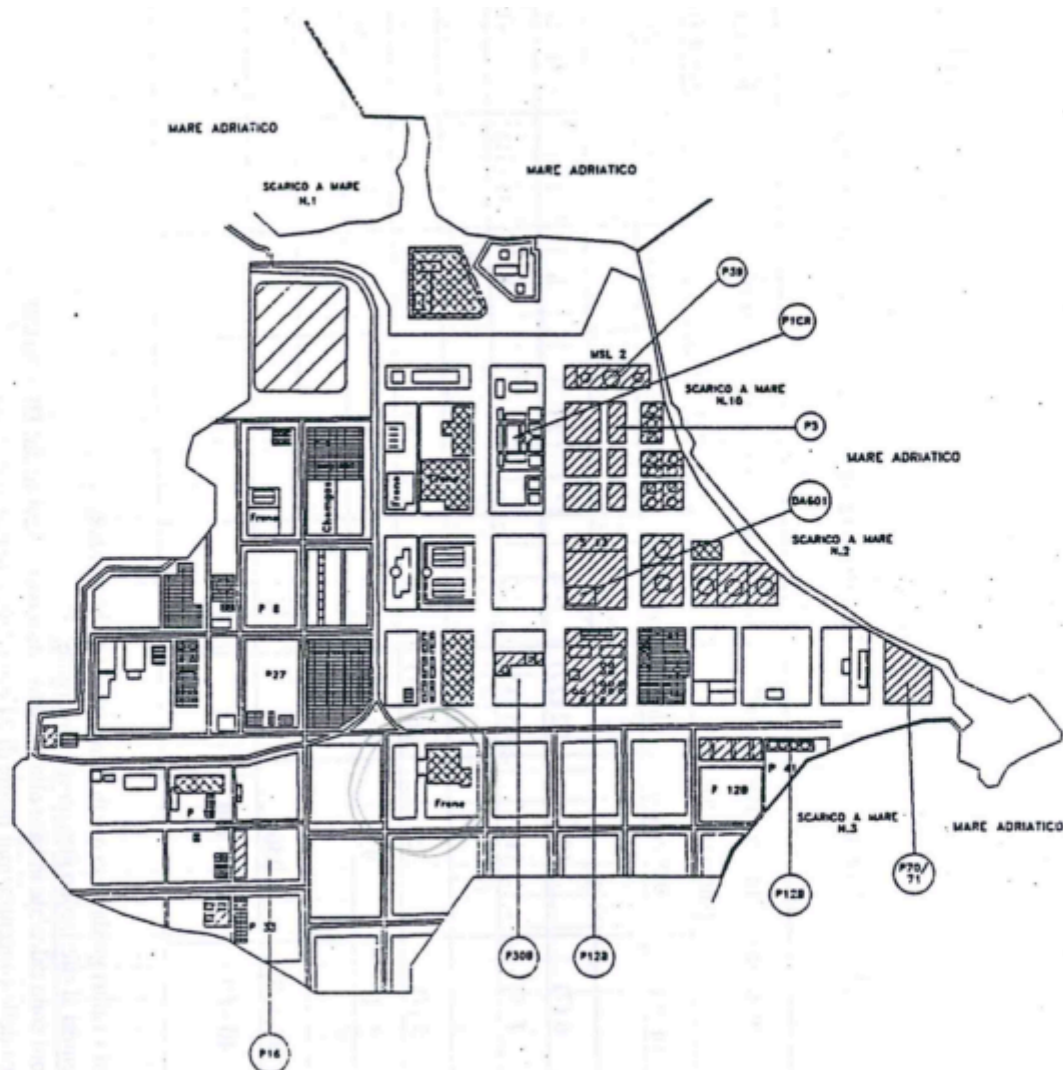


Gli scatterplot indicano, come d'altro canto atteso, che la qualità della ricostruzione tende a migliorare allorché i dati emissivi non derivano da stime ma dalle misure fornite dagli SME.

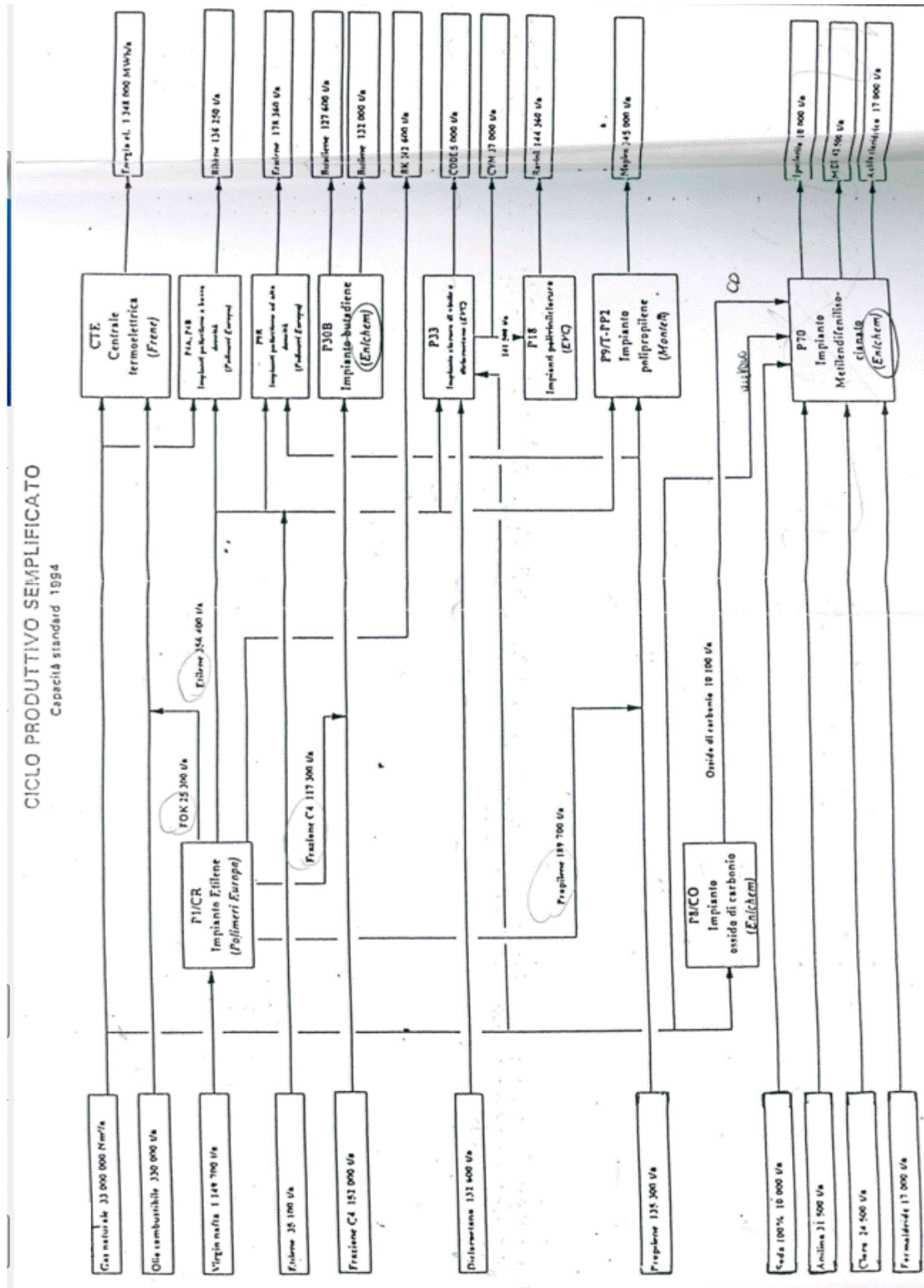
Questa analoga considerazione giustifica l'andamento nel periodo in esame della correlazione spaziale annuale che stima quanto l'impronta annuale dell'impatto al suolo, prodotto dalle centrali, sia simile a quella misurata in corrispondenza delle centraline di monitoraggio. Se dal 1991 al 1997 questa correlazione, pur essendo sempre positiva, ha un andamento molto variabile, a partire dal 1998 (anno in cui tutte le centrali dispongono di SME) fino al 2002 si attesta su valori molto elevati.

Successivamente le correlazioni crollano drasticamente perché le emissioni si riducono così tanto che entrambe le variabili (dati modellati e misurati) a quei bassissimi livelli sono più caratterizzate dal rumore di fondo che dal fenomeno chimico che dovrebbero descrivere.

APPENDICE 11 – PLANIMETRIA DEL PETROLCHIMICO

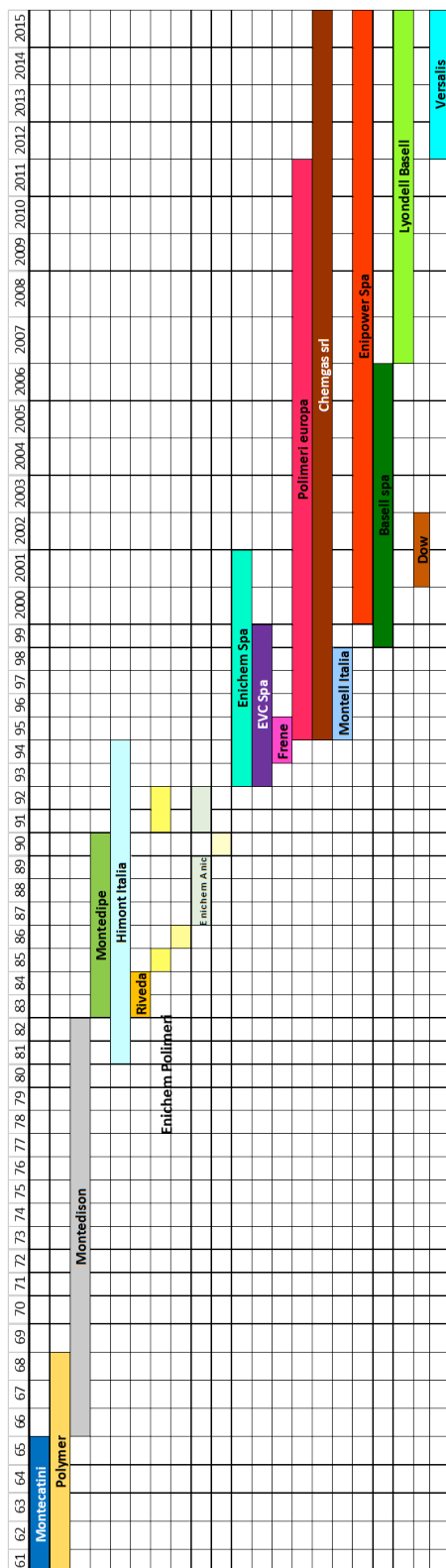


APPENDICE 12 – CICLO PRODUTTIVO PETROLCHIMICO - 1994



APPENDICE 13 - STORIA SOCIETARIA ED IMPIANTISTICA DEL POLO PETROLCHIMICO

EVOLUZIONE SOCIETARIA



Lo stabilimento petrolchimico ha una estensione pari a circa 4.600.000 m² ed è situato ad una distanza di circa 5km dal centro urbano in prossimità del mare. La storia del polo petrolchimico è particolarmente complessa poiché caratterizzata da numerosi avvicendamenti societari.

Il ciclo produttivo dell'intero stabilimento è basato essenzialmente sulla trasformazione della virgin nafta (materia prima) nei composti intermedi (etilene, propilene, frazione C4) utilizzati poi negli altri impianti dello stabilimento per la produzione dei prodotti finali (polietilene a bassa ed alta densità, butadiene, butileni, cloruro di polivinile²² e polipropilene).

Una seconda linea produttiva presente nello stabilimento fino al 2002 si basava sulla trasformazione delle materie prime (metano, aria, soda, anilina, formaldeide, cloro) nel prodotto MDI (MetilenDifenilIsocianato) e nei coprodotti acido cloridrico e ipoclorito di sodio.

A completamento degli impianti di produzione lo stabilimento petrolchimico prevede tutti quei servizi che rendono autonoma la gestione degli impianti e delle strutture ausiliarie. Come il parco serbatoi, la centrale elettrica, le strutture necessarie alla movimentazione delle materie prime e dei prodotti (pontile, pensiline di carico/scarico), i sistemi impiantistici per la sicurezza degli impianti e delle persone (sistemi antincendio, torce, ecc.), gli impianti di produzione e distribuzione delle utilities, ecc. Lo stabilimento importa dall'esterno oltre alle materie prime necessarie al funzionamento degli impianti anche il gas naturale e l'olio combustibile per alimentare la rete combustibile, le centrali termoelettriche e l'impianto per la produzione di ossido di carbonio e di idrogeno.

PERIODO DAL 1961 AL 1966

Le società che gestivano il polo petrolchimico sono MONTECATINI e POLYMER. In questo periodo vengono gradualmente installati ed avviati diversi impianti, alcuni dei quali dismessi dopo pochi anni. MONTECATINI possedeva gli impianti per la produzione dei derivati del petrolio con le 2 linee di cracking P2X e P2R, l'impianto di topping (P1) per la distillazione del petrolio, l'impianto per la produzione di Dicloroetano (DCE), l'impianto per la produzione di Bromo da acqua di mare (P28), successivamente utilizzato per la produzione di Dibromoetano (P29), gli impianti per la produzione di polietilene ad alta e bassa densità (P9B e P4A), l'impianto di produzione di polipropilene (P9A), l'impianto di produzione alcool metilico (P8), l'impianto per la produzione di butadiene (P30A), l'impianto per la produzione di aromatici (P5), l'impianto per la produzione di naftalina

²² Polimero prodotto da EVC fino al 1999 insieme al monomero cloruro di vinile a partire da dicloroetano.

(P38), l'impianto per la produzione di ossido di etilene e glicoli etilenici (P11), l'impianto di produzione di acetilene (P22), la centrale termoelettrica.

POLYMER possedeva gli impianti per la produzione del CVM e PVC a partire da Dicloroetano (DCE, prodotto dalla Montecatini).

PERIODO DAL 1966 al 1982

E' il lungo periodo MONTEDISON (dal 1968 anche Polymer viene accorpata nella suddetta società). L'attività del petrolchimico si caratterizza per la produzione di olefine, poliolefine, MDI e fosgene, produzione CVM e PVC. Gli impianti di produzione olefine e poliolefine vengono rinnovati e potenziati con i nuovi impianti di craking (P2T), di produzione del butadiene (P30B), del polietilene (P4B) e del polipropilene (P9R). Si riammodernano gli ex impianti Polymer per la produzione di DCE, CVM e PVC (P33). Dal 1978 si avviano gli impianti di produzione di MDI e fosgene (P8-P70- P71-P12).

Nel periodo dal 1970 al 1974 l'occupazione presso il petrolchimico raggiunge i massimi livelli storici con oltre 5000 dipendenti, ai quali si aggiungono 2500 lavoratori delle imprese appaltatrici (manutenzione, insacco prodotti, movimentazione, ecc.).

A dicembre del 1977 un'esplosione distrugge parte dell'impianto di cracking P2T. Negli anni successivi vengono rimessi in marcia i vecchi impianti di cracking (P2XR), ma l'approvvigionamento di etilene e propilene avviene anche via mare con successivo stoccaggio in serbatoi criogenici.

PERIODO DAL 1983 AL 1992

La società MONTEDIPE gestisce fino al 1990 gli impianti per la produzione dell'MDI e del fosgene. Dal 1991 al 1992 gli stessi impianti sono gestiti da ENICHEM POLIMERI.

La produzione di propilene dal 1981 viene gestita da HIMONT con l'impianto P9T, ammodernato e potenziato.

Tutti gli altri impianti del petrolchimico sono soggetti ad una serie di complessi avvicendamenti societari.

PERIODO DAL 1993 AL 2002

Si rimanda all'appendice precedente 6 per gli avvicendamenti societari della centrale asservita al petrolchimico. La società EVC ITALIA subentra alla società Enichem Anic nella titolarità e gestione degli impianti di produzione CVM e PVC fino al 1999, anno in cui la produzione viene sospesa.

Gli impianti per la produzione di MDI e fosgene passano ad ENICHEM e dal 2001 alla DOW CHEMICAL fino al 2002, anno in cui la produzione viene sospesa.

Gli impianti di cracking e di produzione polietilene passano ad ENICHEM e a partire dal 1995 a POLIMERI Italia. A partire dal 1993 viene avviato il nuovo impianto di cracking (P1CR) in grado di produrre 400000 tonn/anno di etilene e 200000 tonn/annodi propilene. A partire dal 1995 viene avviato l'impianto PE1/2 per la produzione di polietilene.

Gli impianti per la produzione di butadiene passano ad ENICHEM e a partire dal 2002 a POLIMERI.

Per gli impianti di produzione del polipropilene a partire dal 1994 viene avviata una seconda linea di produzione (PP2), potenziata nel 1998. Gli impianti P9T vengono rinnovati e potenziati nel 2002. Nel 1995 la società HIMONT modifica la ragione sociale in Montell Italia. In data 1/10/2000 la Montell Italia cambia nuovamente denominazione sociale in Basell Poliolefine.

PERIODO DAL 2003 AL 2014

La produzione di olefine e poliolefine (polietilene e butadiene) viene gestita da Polimeri fino al 2012 con il passaggio a Versalis. Il MATTM rilascia a Versalis l'Autorizzazione Integrata Ambientale con il provvedimento DVA_DEC-2011-0000514 del 16.09.2011. La produzione di polipropilene con P9T e PP2 viene gestita da Basell che nel 2007 cambia denominazione societaria in Lyondell Basell.

La Basell Poliolefine Italia S.r.l. è stata autorizzata dal MATTM con Decreto autorizzativo DVA-DEC-2010-0000807 del 09/11/2010 e decreti di modifica dell'autorizzazione DVA-DEC-2012-000232 del 24/05/2012 e DVA-DEC-2012-0031508 del 27/12/2012.

APPENDICE 14 – MAPPE DELLE CONCENTRAZIONI MEDIE ANNUALI TOTALI AL SUOLO dal 1991 al 2014 – Polo petrolchimico

COV

