



**Atlante dei dati di qualità dell'aria
della rete di controllo della
Provincia di Ravenna
1972 - 2010**



Sezione Provinciale di Ravenna
via Alberoni 17 - 48100 Ravenna

Servizio Sistemi Ambientali
Area Monitoraggio e Valutazione
Qualità dell'Aria, Rumore e CEM
Tel 0544 – 210629- 30-31 – Fax 210650

Autori:

Patrizia Luciali
Elisa Pollini
Deborah Valbonetti

Hanno collaborato :

Lorenzo Bettini
Andrea Caccoli
Loris Geminiani
Valter Gnani
Emilio Rambelli
Roberto Tinarelli

Il capitolo relativo all'inquadramento meteorologico è *a cura di G. Antolini (SIMC – Arpa ER)* e, per i contenuti dell'Atlante idroclimatico, gli autori: *V. Marletto, G. Antolini, F. Tomei, V. Pavan, R. Tomozeiu.* - Servizio *IdroMeteoClima - ARPA Emilia-Romagna*

Si ringrazia per il contributo e la "memoria storica" il dott. Francesco Fortezza

INDICE**Introduzione**

- CAPITOLO 1 Atlante climatico della provincia di Ravenna**
Premessa
Introduzione
Indicatore: Temperatura (°C)
Indicatore: Precipitazioni (mm)
Indicatore: Vento – Intensità (m/s) e Avvezione
Indicatore: Altezza strato di rimescolamento (m)
Tabella climatica comunale - Provincia Ravenna
Stazioni termopluviometriche - Provincia Ravenna
- CAPITOLO 2 Riferimenti Normativi**
Valori guida dell'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS)
- CAPITOLO 3 La rete di monitoraggio della qualità dell'aria a Ravenna**
Introduzione
Evoluzione della configurazione della rete
1972 - 1988
1989 - 1996
1997 - 2008
2009 - 2010
- CAPITOLO 4 Scheda Indicatore 1: Biossido di zolfo (SO₂)**
Descrizione dell'indicatore
Scopo dell'indicatore
SO₂ - Generalità ed effetti sull'ambiente e sull'uomo
Livelli fissati dal DLvo 155/2010 e valori guida OMS
SO₂ – Evoluzione dei fattori di pressione sul territorio
Monitoraggio dell'inquinante in Provincia di Ravenna
Grafici e tabelle
- CAPITOLO 4 Scheda Indicatore 2: Biossido di azoto (NO₂)**
Descrizione dell'indicatore
Scopo dell'indicatore
NO_x - Generalità ed effetti sull'ambiente e sull'uomo
Livelli fissati dal DLvo 155/2010 e valori guida OMS
NO_x – Evoluzione dei fattori di pressione sul territorio
Monitoraggio dell'inquinante in Provincia di Ravenna
Grafici e tabelle
- CAPITOLO 4 Scheda Indicatore 3: Ozono (O₃)**
Descrizione dell'indicatore
Scopo dell'indicatore
O₃ - Generalità ed effetti sull'ambiente e sull'uomo
Livelli fissati dal DLvo 155/2010 e valori guida OMS
Monitoraggio dell'inquinante in Provincia di Ravenna

Grafici e tabelle

- CAPITOLO 4 Scheda Indicatore 4: Monossido di Carbonio (CO)**
Descrizione dell'indicatore
Scopo dell'indicatore
CO - Generalità ed effetti sull'ambiente e sull'uomo
Livelli fissati dal DLvo 155/2010
CO – Evoluzione dei fattori di pressione sul territorio
Monitoraggio dell'inquinante in Provincia di Ravenna
Grafici e tabelle
- CAPITOLO 4 Scheda Indicatore 5: Benzene (C₆H₆)**
Descrizione dell'indicatore
Scopo dell'indicatore
C₆H₆ - Generalità ed effetti sull'ambiente e sull'uomo
Livelli fissati dal DLvo 155/2010 e valori guida OMS
COV – Evoluzione dei fattori di pressione sul territorio
Monitoraggio dell'inquinante in Provincia di Ravenna
Grafici e tabelle
- CAPITOLO 4 Scheda Indicatore 6: Toluene (C₇H₈)**
Descrizione dell'indicatore
Scopo dell'indicatore
C₇H₈ - Generalità ed effetti sull'ambiente e sull'uomo
Livelli fissati dal DLvo 155/2010 e valori guida OMS
Monitoraggio dell'inquinante in Provincia di Ravenna
Grafici e tabelle
- CAPITOLO 4 Scheda Indicatore 7: Xilene (C₈H₁₀)**
Descrizione dell'indicatore
Scopo dell'indicatore
(C₈H₁₀) - Generalità ed effetti sull'ambiente e sull'uomo
Livelli fissati dal DLvo 155/2010 e valori guida OMS
Monitoraggio dell'inquinante in Provincia di Ravenna
Grafici e tabelle
- CAPITOLO 4 Scheda Indicatore 8: Particolato PM 10 e Particolato totale (PM10 / PTS)**
Descrizione dell'indicatore
Scopo dell'indicatore
PM - Generalità ed effetti sull'ambiente e sull'uomo
Livelli fissati dal DLvo 155/2010 e valori guida OMS
PM – Evoluzione dei fattori di pressione sul territorio
Monitoraggio dell'inquinante in Provincia di Ravenna
Grafici e tabelle
- CAPITOLO 4 Scheda Indicatore 9: Particolato PM 2.5**
Descrizione dell'indicatore
Scopo dell'indicatore
PM 2.5 - Generalità ed effetti sull'ambiente e sull'uomo

**Livelli fissati dal DLvo 155/2010 e valori guida OMS e CAFE
Monitoraggio dell'inquinante in Provincia di Ravenna
Grafici e tabelle**

- CAPITOLO 4 Scheda Indicatore 10: Metalli presenti nella frazione PM 10 e PM 2.5 del materiale particolato**
Descrizione dell'indicatore
Scopo dell'indicatore
Metalli - Generalità ed effetti sull'ambiente e sull'uomo
Livelli fissati dal DLvo 155/2010 e valori guida OMS
Monitoraggio dell'inquinante in Provincia di Ravenna
Grafici e tabelle
- CAPITOLO 4 Scheda Indicatore 11: Benzo(a)Pirene ed altri idrocarburi policiclici aromatici (IPA) presenti nella frazione PM 10 e PM 2.5 del materiale particolato**
Descrizione dell'indicatore
Scopo dell'indicatore
IPA e B(a)P - Generalità ed effetti sull'ambiente e sull'uomo
Livelli fissati dal DLvo 155/2010 e valori guida OMS
Monitoraggio dell'inquinante in Provincia di Ravenna
Grafici e tabelle
- ALLEGATO 1 Anagrafica delle stazioni della Rete di Monitoraggio della Provincia di Ravenna**
Rete Storica e Rete Attuale
Stazioni di rilevamento della qualità dell'aria
Classificazione delle stazioni di monitoraggio
Ubicazione delle stazioni di monitoraggio
Tipo di inquinante monitorato in funzione della stazione
Schema riassuntivo delle stazioni della rete di monitoraggio di Ravenna
Strumentazione utilizzata nelle stazioni della rete
Schede anagrafiche delle singole stazioni di rilevamento
- ALLEGATO 2 Quasi quaranta anni di dati: anno per anno**
Introduzione
Inquinante 1: Biossido di zolfo(SO₂)
Inquinante 2: Biossido di azoto (NO₂)
Inquinante 2-bis: Ossidi di azoto(NO_x)
Inquinante 3: Ozono (O₃)
Inquinante 4: Monossido di carbonio (CO)
Inquinante 5: Benzene (C₆H₆)
Inquinante 6: Toluene (C₇H₈)
Inquinante 7: Xileni (C₈H₁₀)
Inquinante 8: Particolato PTS / PM10
Inquinante 9: Particolato PM 2.5
Inquinante 10: Metalli
Inquinante 11: Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA)

In topologia, un atlante descrive uno spazio complicato utilizzando *pezzi* più semplici: le carte. Questa raccolta ed elaborazione di dati è stata chiamata “Atlante dei dati storici” perché ha l'ambizione di tentare di descrivere la qualità dell'aria in un dominio spazio - temporale altrettanto complicato, utilizzando strumenti di sintesi di facile lettura, che non sono però mappe, ma grafici e tabelle.

I grafici hanno la caratteristica, rispetto alle mappe, di privilegiare l'informazione relativa all'evoluzione nel tempo piuttosto che nello spazio, peculiarità che si è ritenuta più funzionale per i descrittori trattati e per le finalità del documento. Le tabelle, poi, permettono un approccio analitico all'elaborazione.

La fonte dei dati è la rete di controllo della qualità dell'aria, così come si è evoluta negli ultimi quarant'anni.

INTRODUZIONE

Lo “strumento” per eccellenza utilizzato per valutare la qualità dell'aria è costituito da stazioni fisse dislocate sul territorio, dotate di strumentazione specifica, che trasmettono ad un centro di calcolo i valori di concentrazione degli inquinanti misurate in continuo. Questo sistema di misura viene indicato come “rete di controllo della qualità dell'aria”.

In realtà, la valutazione della qualità dell'aria è un processo composito che si effettua mediante la verifica del rispetto dei valori limite degli inquinanti previsti dalla normativa, ma non solo; presuppone la conoscenza delle sorgenti di emissione e della loro dislocazione sul territorio - tenendo conto dell'orografia, della distribuzione della popolazione, degli insediamenti produttivi - della meteorologia locale e dell'output di simulazioni modellistiche.

La rete di rilevamento della qualità dell'aria ha subito negli anni una notevole evoluzione, passando da strumento orientato inizialmente alla verifica del rispetto dei limiti normativi nelle aree del territorio interessate dalle ricadute di emissioni industriali, a strumento integrato e distribuito in grado di fornire informazioni sullo stato generale della qualità dell'aria dell'intero territorio provinciale.

Il presente lavoro ha l'ambizione di raccogliere e sintetizzare i risultati del monitoraggio della qualità dell'aria nel territorio della Provincia di Ravenna, iniziato nei primi anni '70 ed effettuato con una rete che, negli anni, si è modificata ed evoluta in conformità alle mutate caratteristiche delle emissioni inquinanti puntuali e diffuse, di origine civile o rilasciate da insediamenti produttivi.

Contestualmente, sono state reperite informazioni sui principali fattori di pressione (emissioni) e sulle condizioni meteorologiche da mettere in relazione con i risultati del monitoraggio.

Come si diceva, la prima rete nasce agli inizi degli anni '70 (1972) a Ravenna con l'esigenza di monitorare le immissioni del polo chimico e della zona industriale.

E' una rete “privata” (ANIC ed ENEL) costituita inizialmente da cinque stazioni (1972) - che diventano dieci a fine 1976 - in grado di rilevare i parametri meteorologici e le concentrazioni di alcuni inquinanti legati alle emissioni industriali.

Nel 1975 l'Amministrazione Provinciale finanziò e realizzò la prima rete “pubblica” di rilevamento dell'inquinamento atmosferico costituita da quattro stazioni, che diventarono sei nel 1978.

I dati forniti dai sensori trasmessi via linea telefonica dedicata, venivano mediati e trascritti da un centro di calcolo locale (Philips P855) su tabelle come medie semiorarie (non era tecnicamente prevista la possibilità di registrazione in loco); la successiva registrazione su nastro magnetico era effettuata presso il Centro di Calcolo Regionale collegato telefonicamente al centro provinciale

(considerate le tecnologie dell'epoca, in questo ultimo processo veniva persa un notevole percentuale di dati).

Originariamente il controllo dell'inquinamento atmosferico, sia nella rete privata sia nella rete pubblica, si basava quasi esclusivamente sul monitoraggio dell'anidride sia perché considerata un tracciante efficace per la valutazione delle emissioni originate da un centro petrolchimico, sia per la notevole quantità di questo inquinante emesso in tutta l'area specifica:

Già a partire dal 1978, oltre all'anidride solforosa, si iniziarono a monitorare gli ossidi di azoto, l'ozono, le polveri e le sostanze organiche (CH₄, NMHC, pur se questo tipo di analizzatori non era caratterizzato da una tecnologia ancora efficiente come gli altri analizzatori). Per la misura del monossido di carbonio occorre aspettare il 1989.

A metà degli anni '80 si ha, anche da un punto di vista normativo (in particolare dopo l'emanazione del DPCM 28/03/1983), il passaggio da un monitoraggio essenzialmente rivolto alla "valutazione dell'inquinamento atmosferico" prodotto da sorgenti industriali, ad uno finalizzato alla "valutazione degli standard di qualità dell'aria", standard che si fondano su criteri di tutela igienico sanitaria e sono riferibili a tutte le sorgenti concorrenti (quindi anche traffico veicolare e sorgenti antropiche) e a tutto il territorio.

Le reti vengono quindi riorganizzate per adattarsi alle nuove norme ed alla misura degli standard di qualità dell'aria. La rete pubblica viene ampliata con l'installazione di tre nuove stazioni nel comune di Faenza, così da avere una maggiore e più diversificata copertura territoriale.

Nel periodo 1997-1998 vi è, invece, un riassetto della dotazione strumentale delle stazioni che tiene conto delle diverse priorità in termini di inquinanti monitorati: vengono dismessi strumenti che misurano l'anidride solforosa - presente ormai in concentrazioni non più critiche - mentre vengono installati rilevatori di ozono, polveri e ossidi di azoto, sia nell'area industriale sia in quella urbana. La configurazione della rete di fine '98 rimarrà pressoché la stessa fino al 2008.

Il recepimento delle direttive europee in materia di qualità dell'aria, la necessità di monitorare gli effetti degli interventi di mitigazione posti in essere a seguito dell'adozione di piani di risanamento, l'opportunità di avere uno strumento di controllo e verifica a valenza almeno regionale, sono gli elementi che portano all'ultimo adeguamento della rete di controllo della qualità dell'aria, iniziato nel 2008 e conclusosi nel 2010.

In questo passaggio la rete "provinciale" diventa rete "regionale" e comprende postazioni omogenee per criteri di ubicazione e di inquinanti monitorati.

Anche le modalità di raccolta e gestione dati, la diffusione delle informazioni al pubblico viene gestito in modo uniforme su tutta la Regione.

Il processo di integrazione, anche procedurale, è favorito dall'adozione del sistema di gestione in qualità (la rete di controllo della qualità dell'aria è certificata ISO 9001 dal 2005).

Nella rete di Ravenna vengono disattivate alcune stazioni che avevano una collocazione ibrida, difficilmente classificabile (Cotignola, Stadio, Ceramiche), mentre ne vengono installate tre nuove: una stazione di fondo rurale (Ballirana), una di fondo sub-urbano (Delta Cervia) ed una di fondo urbano nei giardini pubblici di Ravenna.

A livello strumentale, viene rafforzato il monitoraggio del particolato (PM₁₀ e PM_{2.5}), degli ossidi di azoto e dell'ozono, riducendo quelli di anidride solforosa e di monossido di carbonio.

Questa, in sintesi, l'evoluzione della rete di controllo della qualità dell'aria di Ravenna.

La Provincia di Ravenna, nel promuovere l'iniziativa di una pubblicazione che raccogliesse tutti i dati disponibili della rete di controllo della qualità dell'aria, dal 1972 al 2010, ha consentito di mettere a sistema ed organizzare in un unico sistema (data base Oracle) un'enorme mole di dati: più di 6 milioni.

ATLANTE CLIMATICO DELLA PROVINCIA DI RAVENNA

a cura di G. Antolini, e, per i contenuti dell'Atlante idroclimatico, gli autori: V. Marletto, G. Antolini, F. Tomei, V. Pavan, R. Tomozeiu. - Servizio IdroMeteoClima - ARPA Emilia-Romagna

PREMESSA

Il clima subisce modifiche imputabili a cause naturali e all'attività dell'uomo. Negli ultimi anni il clima sta cambiando proprio a causa della grande immissione in atmosfera di gas ad effetto serra (GHG). I cambiamenti indotti si riscontrano alle diverse scale, temporali e spaziali, e sono quindi misurabili sia livello globale che locale. Il cambiamento climatico in atto nella regione Emilia-Romagna è documentato anche dall'Atlante idroclimatico regionale pubblicato da ARPA nel 2010.

Conoscere gli aspetti e le variazioni del clima a scala locale è importante per le molte ricadute sulle attività umane, sugli ecosistemi naturali e per determinare lo stato della qualità dell'aria.

Per fare questo è necessario disporre di dati per un consistente periodo di tempo, solitamente pari a 30 anni. Il periodo di riferimento con il quale valutare il cambiamento climatico è stato definito dalla Organizzazione Mondiale della Meteorologia (WMO-OMM), un organismo delle Nazioni Unite, nel trentennio 1961-1990.

ARPA, attraverso il Servizio Idro-meteo-clima (Arpa-Simc), gestisce dal 1985 una rete regionale di monitoraggio idropluviometrico (RIRER), che ora conta più di 600 sensori. I dati misurati sono elaborati per ricavare indicatori che permettono in modo sintetico di caratterizzare climaticamente il territorio.

In questo capitolo sono riportati alcuni indicatori meteoroclimatici particolarmente importanti per la valutazione dello stato della qualità dell'aria: temperatura, precipitazioni, vento (intensità e avvezione), altezza dello strato di rimescolamento, frequenza delle inversioni termiche.

Le mappe che seguono, estratte per la Provincia di Ravenna dall'Atlante idroclimatico regionale, sono il risultato di una complessa attività che prevede l'informatizzazione di tutti i dati disponibili, l'applicazione di tecniche di omogeneizzazione e di controllo della qualità delle serie storiche e di spazializzazione di tutte le informazioni puntuali disponibili sul territorio ed, infine, la costruzione di cartografia georeferenziata.

INTRODUZIONE

Questo capitolo, inserito nell'Atlante sulla qualità dell'aria della Provincia di Ravenna, contiene elementi conoscitivi utili a collegare, nei suoi risvolti locali, clima e stato della qualità dell'aria.

E' infatti a livello locale che vengono generati gli impatti che hanno poi rilevanza a scale geografiche maggiori, sia per il clima sia per l'inquinamento atmosferico.

Risulta quindi importante che anche il livello locale concorra all'impostazione di strategie di riduzione delle emissioni inquinanti e climalteranti e, parallelamente, di adattamento ai cambiamenti climatici con l'obiettivo di predisporre piani, programmi, azioni e misure che minimizzino le conseguenze negative e i danni causati dai possibili cambiamenti climatici sia agli ecosistemi sia ai sistemi sociali.

Il clima regionale sta cambiando, l'Atlante è stato quindi impostato per evidenziare le dinamiche territoriali in atto e per questo comprende tavole dei valori medi che si riferiscono a due periodi distinti, il trentennio 1961-1990 per le mappe di tendenza, assunto a riferimento climatico di base secondo le convenzioni dell'OMM-WMO (Organizzazione Mondiale della Meteorologia), e l'arco di diciotto anni compresi tra il 1991 e il 2008 - che costituiscono una porzione rilevante e maggioritaria dell'attuale trentennio climatologico, che si concluderà nel 2020 - per i valori medi climatologici.

Per temperatura e precipitazioni, al fine di agevolare la comprensione delle dinamiche in atto, sono state prodotte anche due tavole di tendenza (Fig.1.2 e Fig. 1.18) che mostrano la velocità del

cambiamento (per esempio la variazione della temperatura, espressa in gradi per decennio, calcolata sul periodo 1961-2008).

Inoltre, poiché i cambiamenti si manifestano con intensità diversa nelle diverse stagioni, oltre alle tavole annuali sono state prodotte tavole stagionali in modo da raffrontare a colpo d'occhio i climi stagionali e la loro dinamica. Le stagioni utilizzate sono quelle climatologiche, che si riferiscono rispettivamente ai mesi di dicembre, gennaio e febbraio per l'inverno, marzo, aprile e maggio per la primavera e così via.

Le principali tendenze climatiche provinciali (Tabella climatica 1) – in linea con quelle regionali – sono relative ad un aumento generalizzato delle temperature, anche se inferiore a quello medio regionale (1,1°C).

Infatti, confrontando il trentennio di riferimento 1961-1990 con il periodo attuale (1991-2008), la variazione media di temperatura risulta di +0,8°C, con il massimo a Cervia (+1,2 °C) ed il minimo a Fusignano (+0.2 °C).

Relativamente alle precipitazioni - espresse come totali annui medi territoriali – in Regione si registrano variazioni moderate della quantità totale: - 5% circa (da 890 a 850 mm). I cambiamenti in questo caso sono soprattutto territoriali e riguardano anche la distribuzione nel tempo delle precipitazioni, che appaiono più disomogenee rispetto al passato.

In provincia di Ravenna le diminuzioni risultano modeste in pianura (-25 mm, da 756 a 734 mm, con un calo di circa il 3%) ed ancor più esigue in collina, con decrementi inferiori al 1% (-6 mm, da 879 a 873 mm)..

I dati termopluviometrici utilizzati per redigere l'Atlante regionale si riferiscono a 66 stazioni per la temperatura e 169 stazioni per le precipitazioni, di queste 4 per la temperatura e 13 per la pioggia sono installate nel territorio della provincia di Ravenna (Tabella 2). Le registrazioni sono state controllate per verificarne l'omogeneità statistica sull'intero arco di anni esaminati ed eliminare casi di cambiamenti artificiali nelle serie storiche dovuti, per esempio, a spostamenti di stazioni o cambio della strumentazione.

Le tecniche di interpolazione territoriale utilizzate per la redazione dell'Atlante sono particolarmente complesse e in parte innovative: per ogni variabile si utilizza una specifica tecnica per la descrizione della sua variabilità territoriale in base alle caratteristiche geografiche.

Le mappe sono state prodotte tramite procedure di interpolazione spaziale che consentono di stimare il valore di una variabile meteorologica in qualunque punto del territorio in base ai dati delle stazioni e a specifiche caratteristiche geografiche (p. es. quota sul livello del mare). La stima si effettua sulle celle di una griglia, che nel caso specifico è di tipo triangolare. La dimensione dei triangoli è inversamente proporzionale alla variabilità orografica, cioè i triangoli piccoli vengono utilizzati nelle zone caratterizzate da forti oscillazioni altimetriche. Una maggiore risoluzione spaziale permette di avere un più elevato dettaglio laddove la variabilità climatica è alta, cioè in orografia complessa (questo vale soprattutto per le temperature). Su ogni cella e per ogni giorno del periodo 1961-2008 sono stati stimati i valori giornalieri delle temperature (minima, media e massima) e delle precipitazioni, salvati in un unico database.

Per il vento invece, data la scarsità di punti di rilevazione, sono stati elaborati i dati disponibili nel solo periodo 2003-2009. Le mappe di vento, altezza di rimescolamento e frequenza d'inversione derivano dalla simulazione del periodo 2003-2009 applicando il modello meteorologico ad area limitata COSMO e l'assimilazione dei dati della rete meteorologica internazionale.

Riferimenti:

2010. V. Marletto, G. Antolini, F. Tomei, V. Pavan, R. Tomozeiu. *Atlante idroclimatico della regione Emilia-Romagna*. ISBN 88-87854-24-6

<http://www.arpa.emr.it/sim/?clima>

http://www.arpa.emr.it/cms3/documenti/_cerca_doc/meteo/ambiente/descrizione_lama.pdf

INDICATORE: TEMPERATURA (°C)

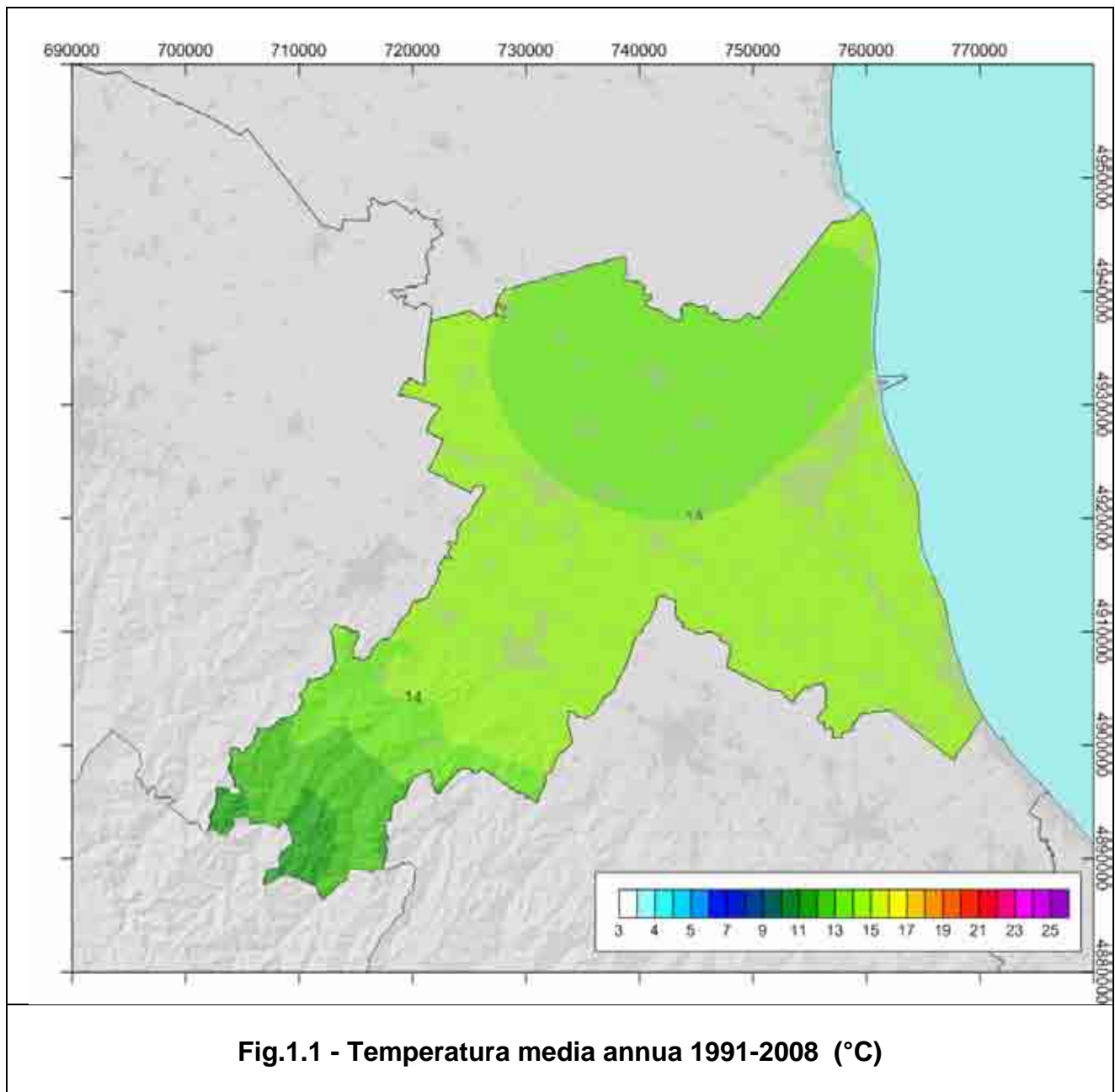


Fig.1.1 - Temperatura media annua 1991-2008 (°C)

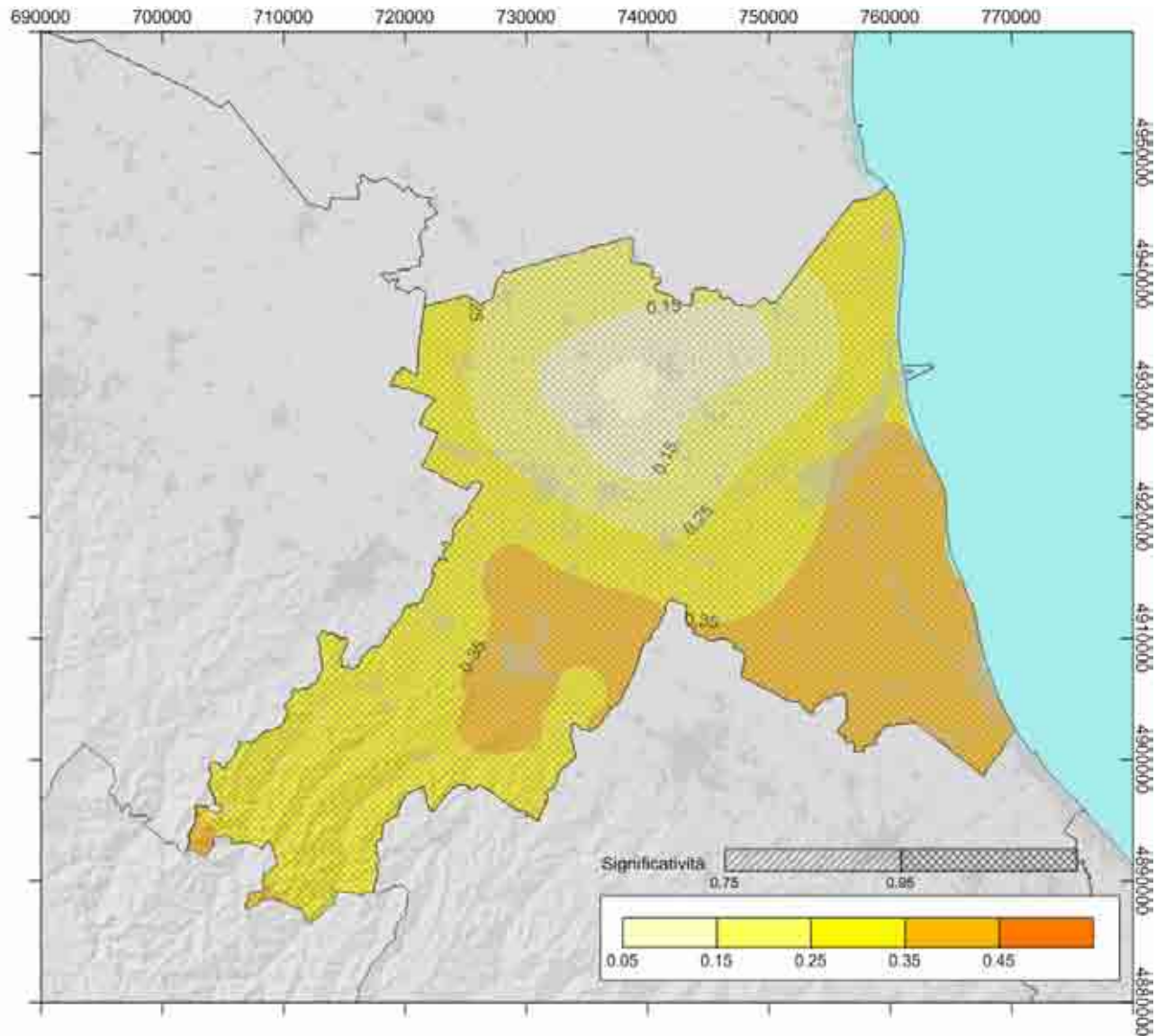


Fig.1.2 - Tendenza della temperatura media annua 1961-2008 (°C per decennio)

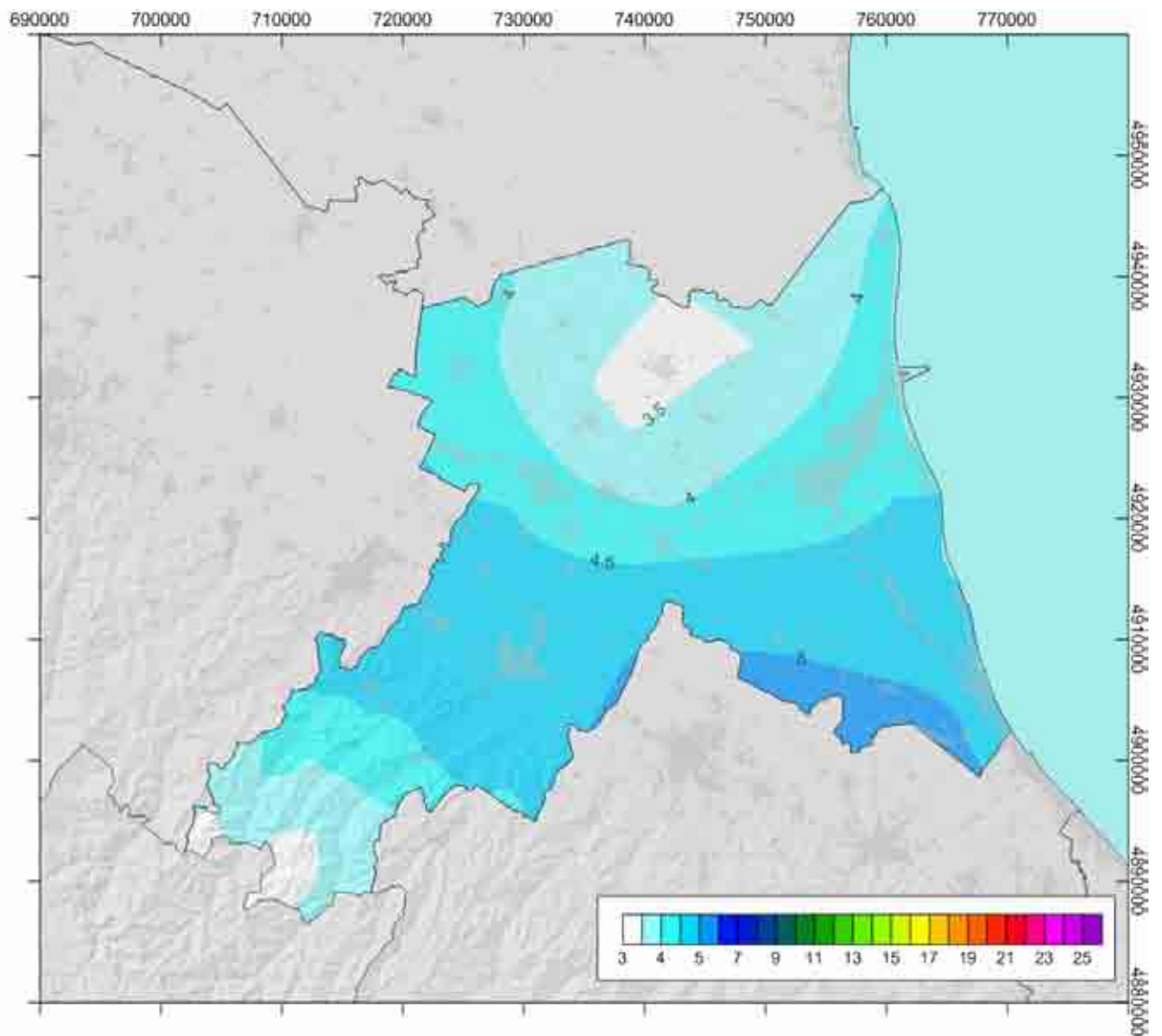


Fig.1.3 - Temperatura media invernale 1991-2008 - (°C)

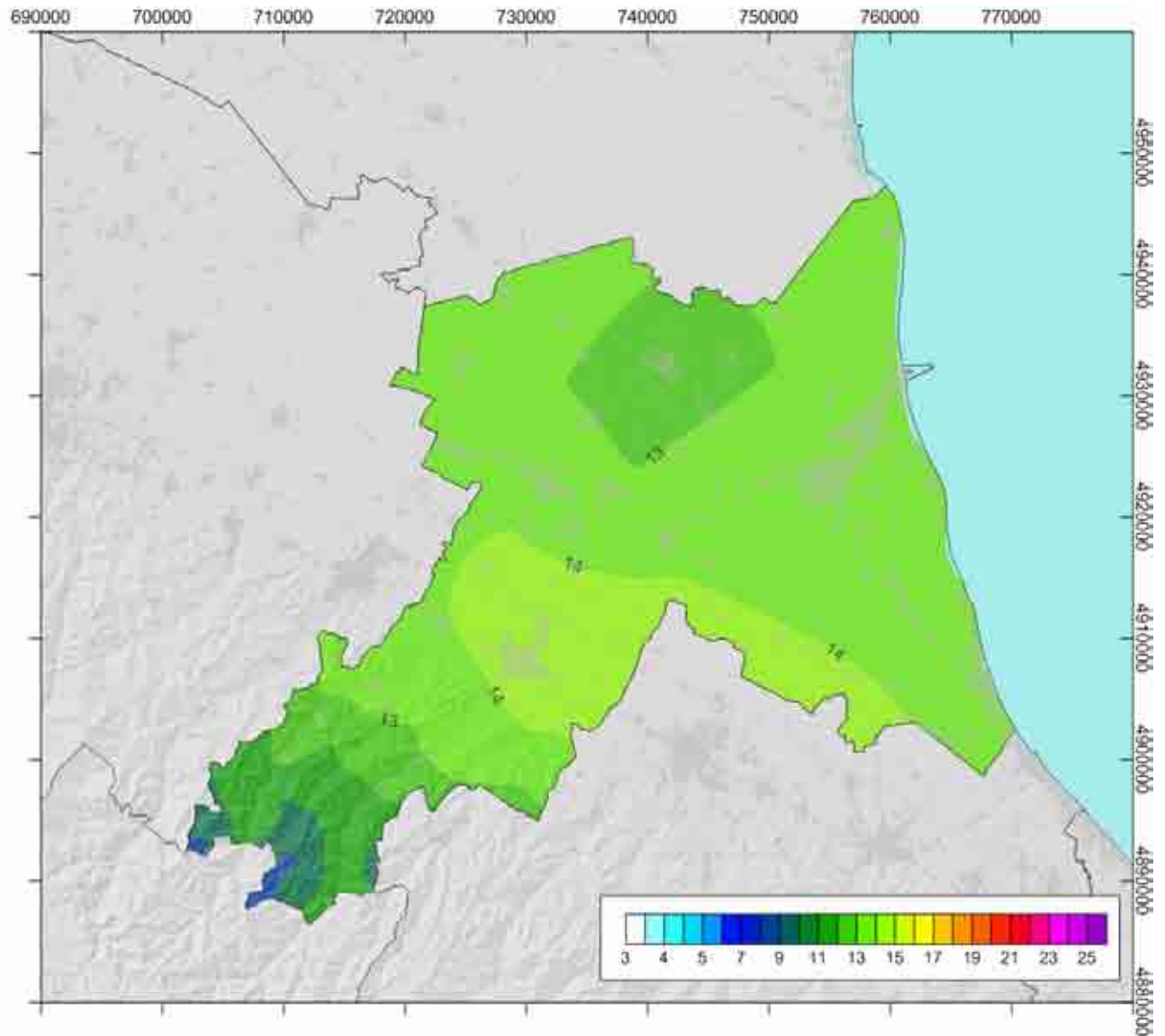


Fig.1.4 - Temperatura media primaverile 1991-2008 - (°C)

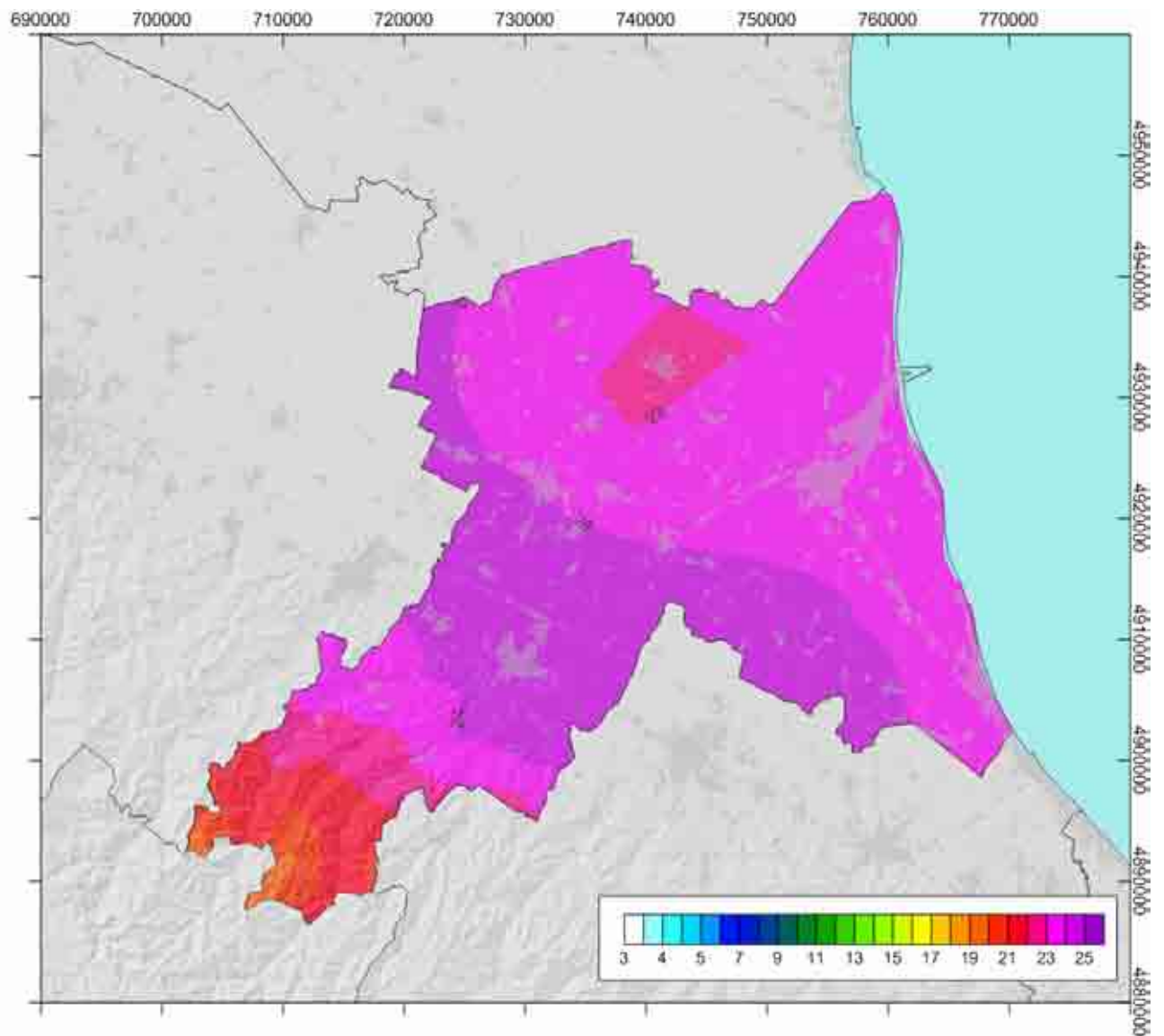


Fig.1.5 - Temperatura media estiva 1991-2008 (°C)

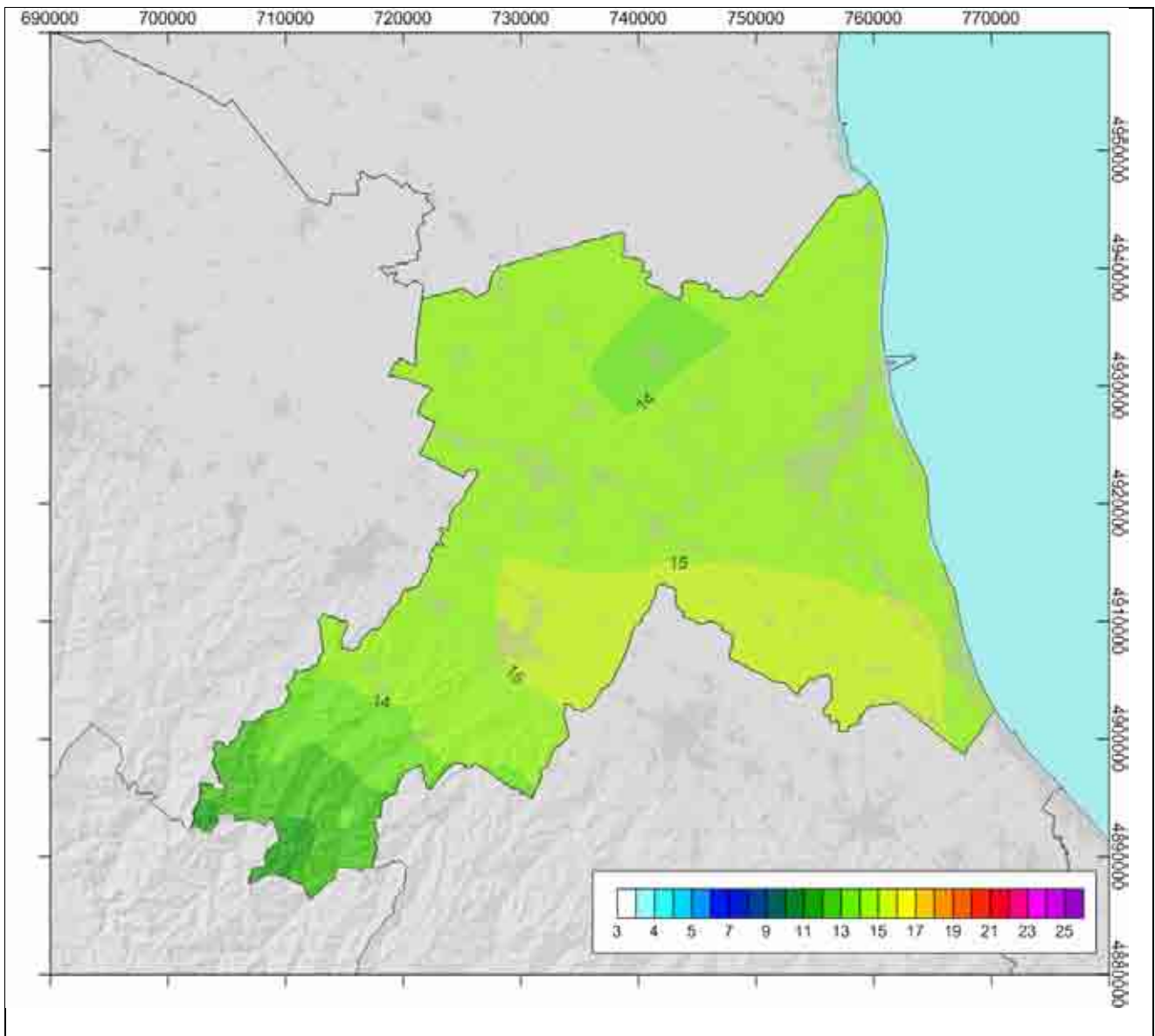


Fig.1.6 - Temperatura media autunnale 1991-2008 (°C)

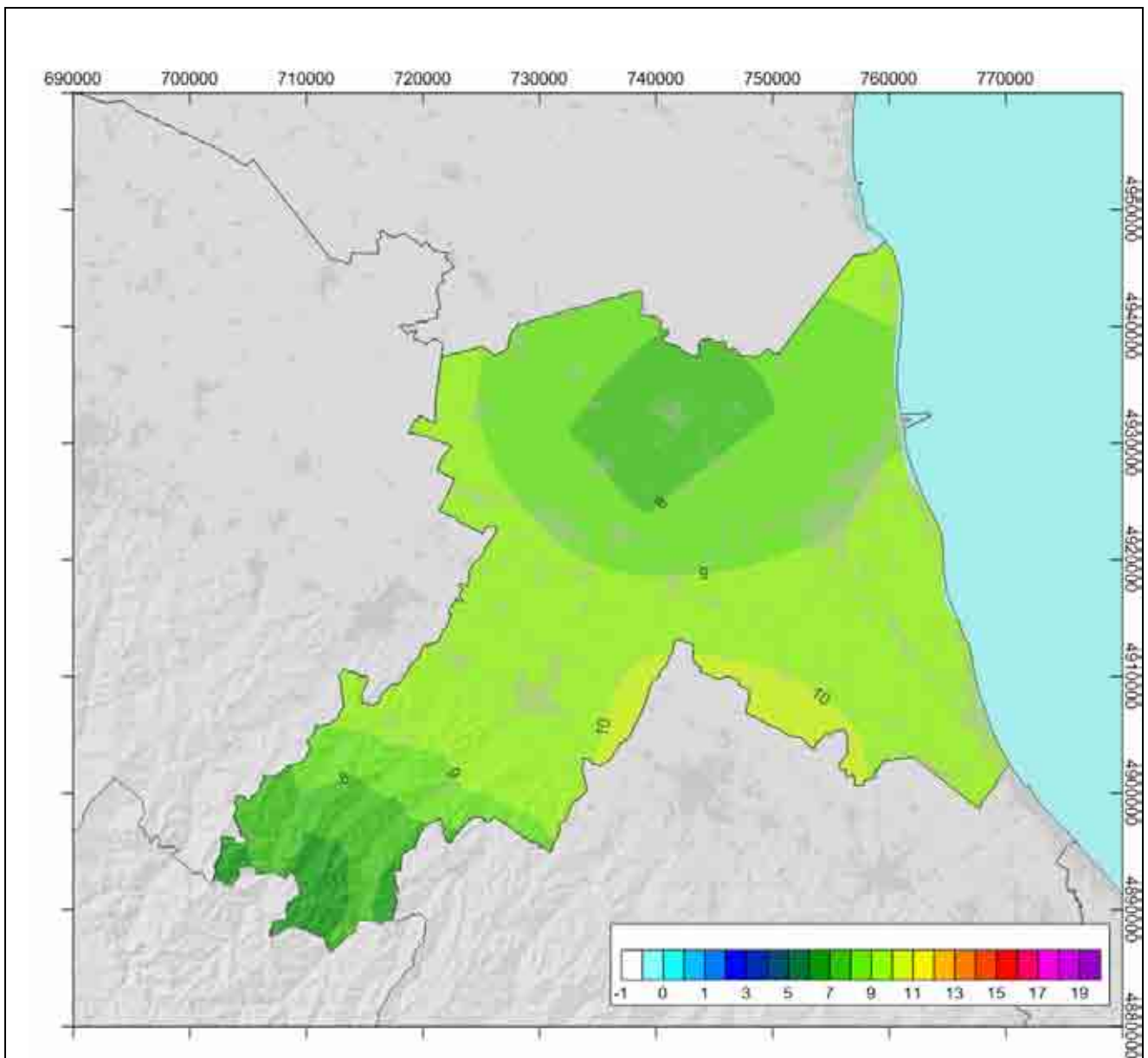
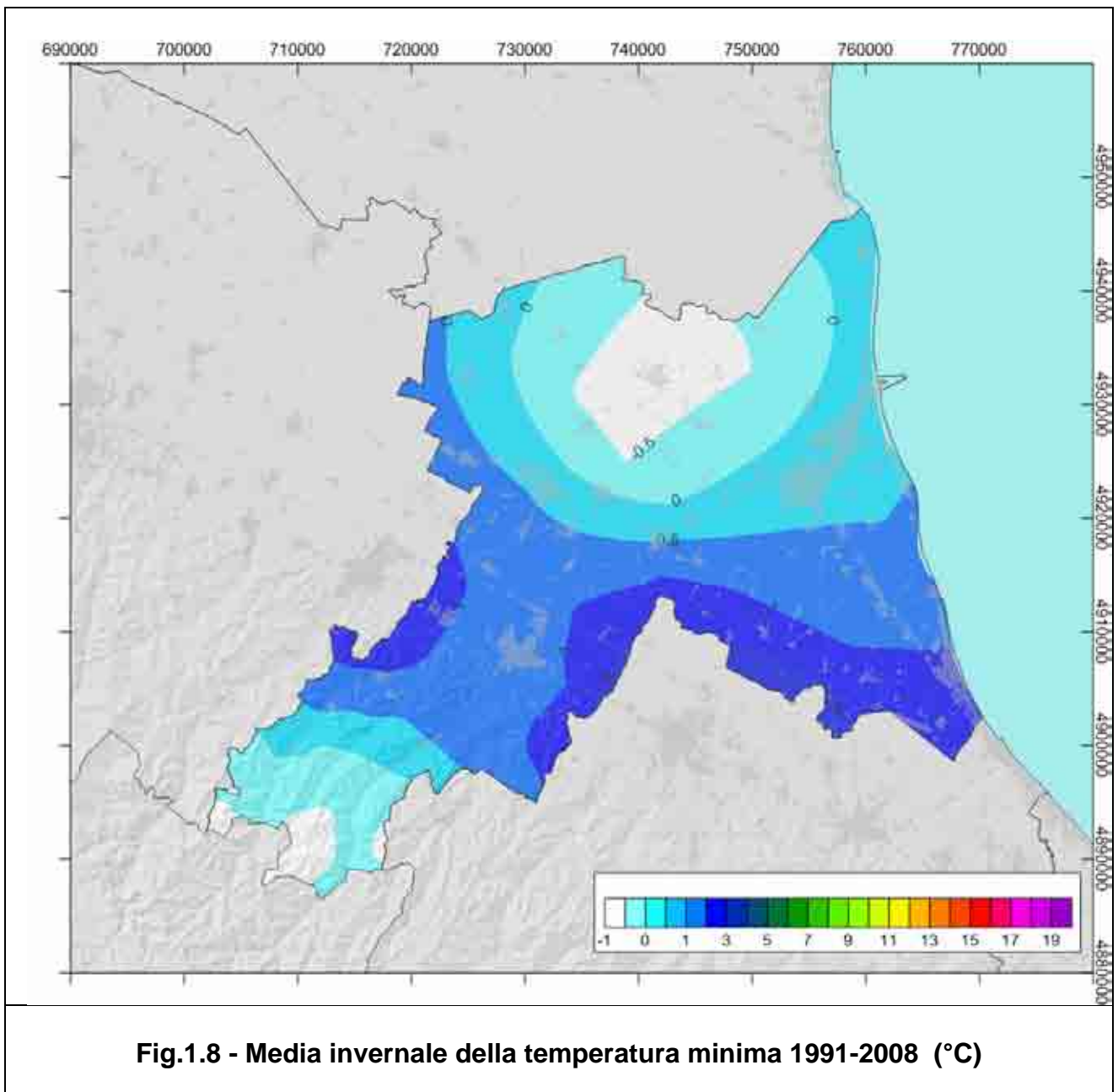
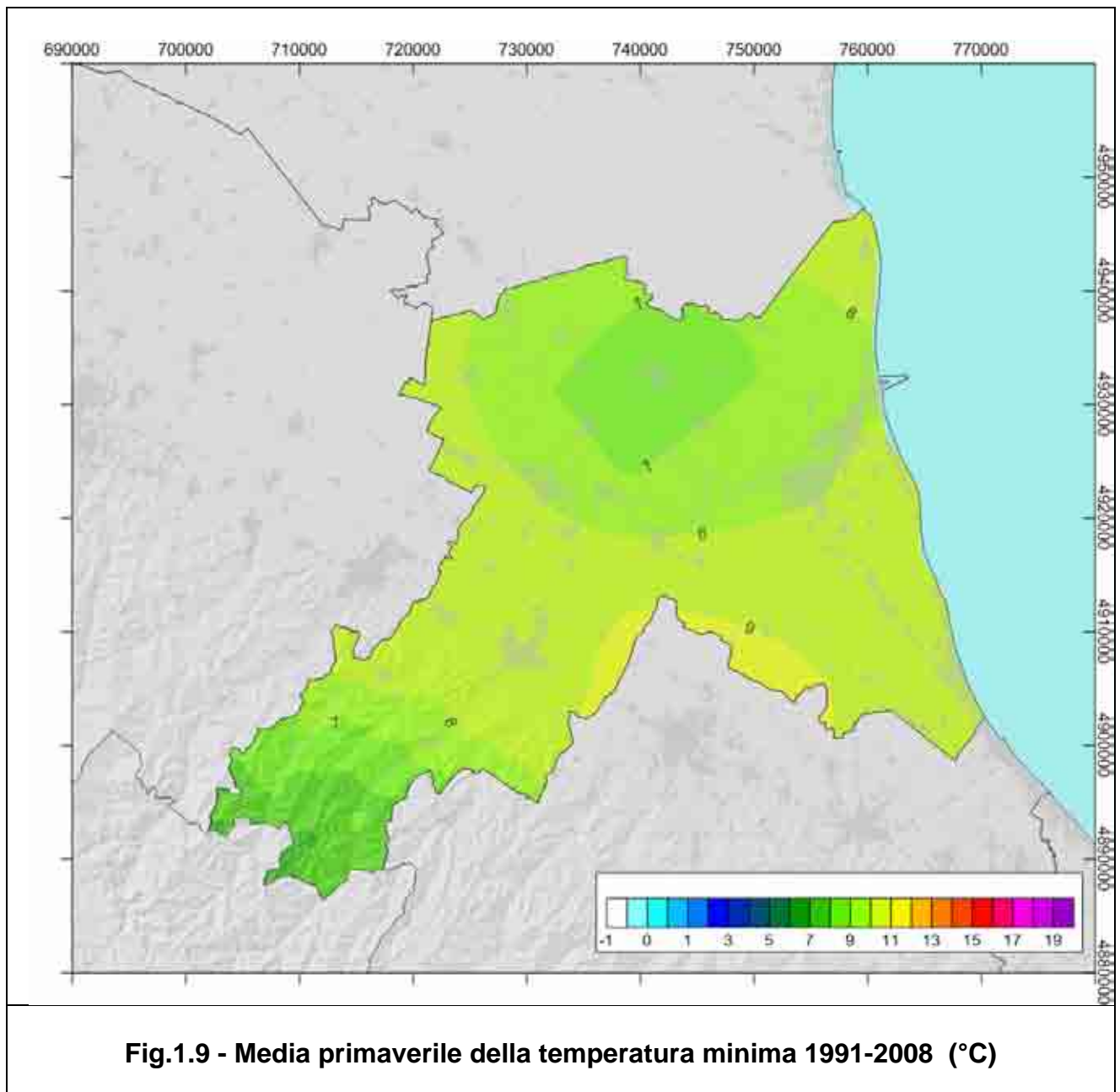


Fig.1.7 - Media annua della temperatura minima 1991-2008 (°C)





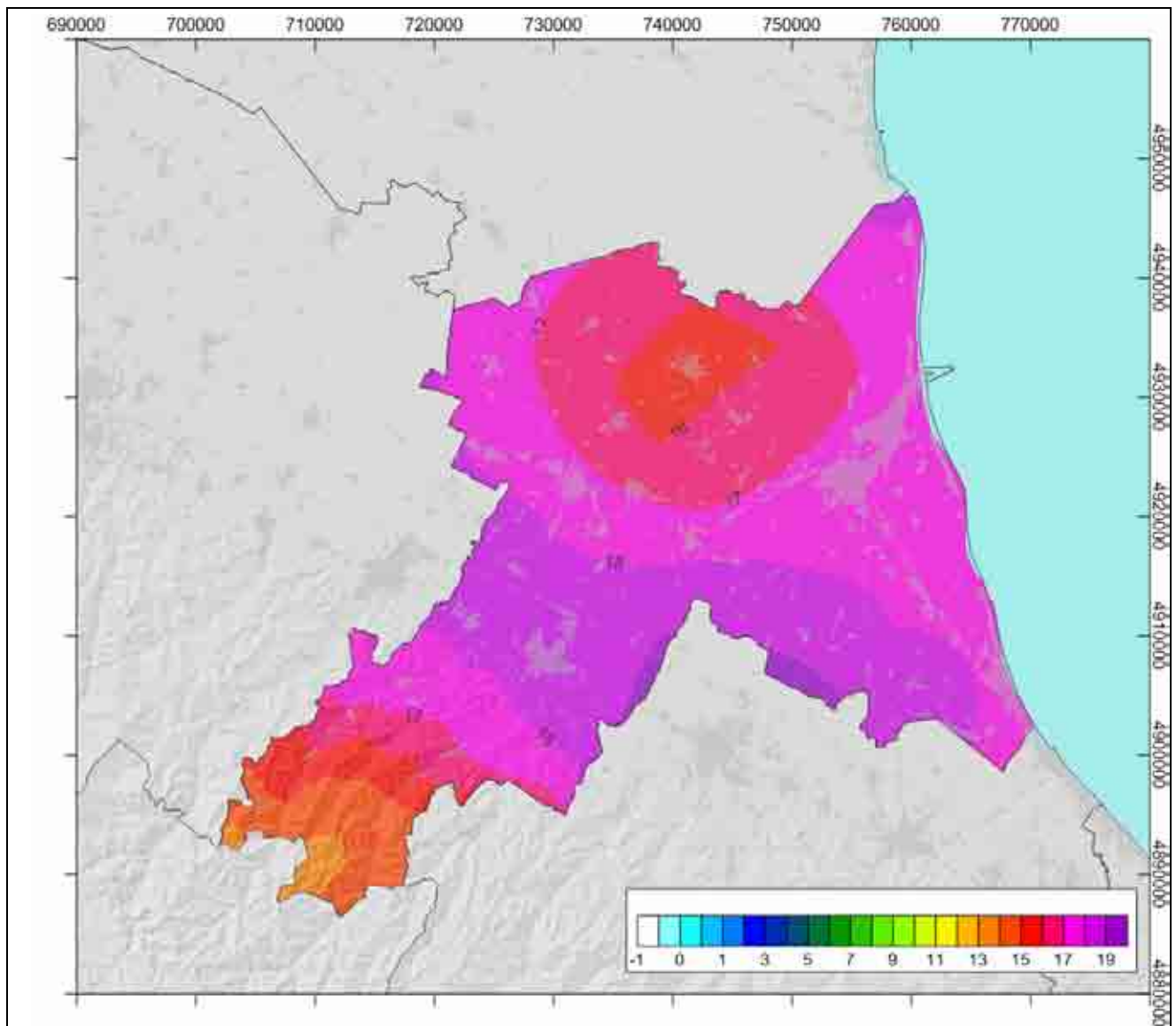


Fig.1.10 - Media estiva della temperatura minima 1991-2008 (°C)

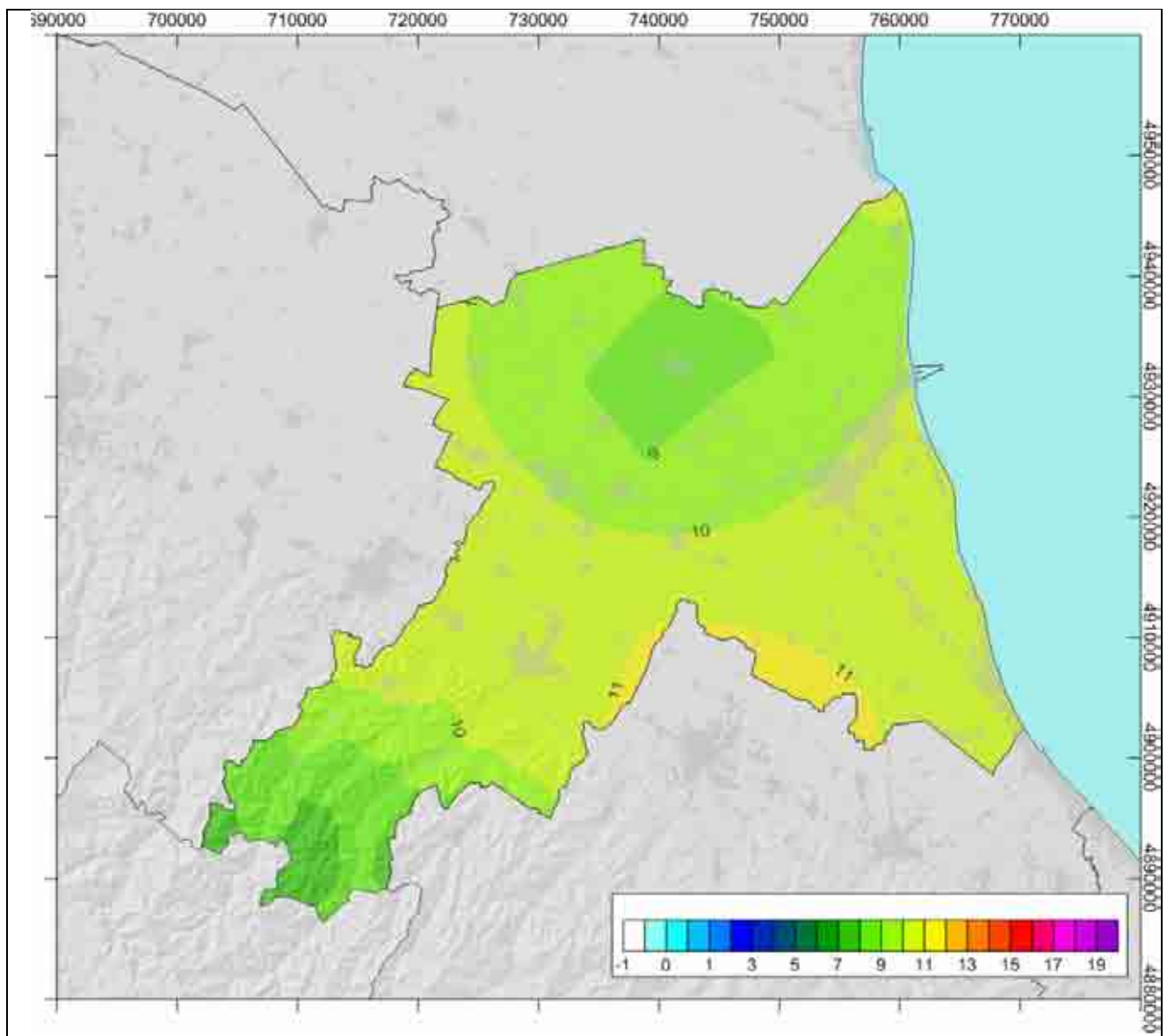


Fig.1.11 - Media autunnale della temperatura minima 1991-2008 (°C)

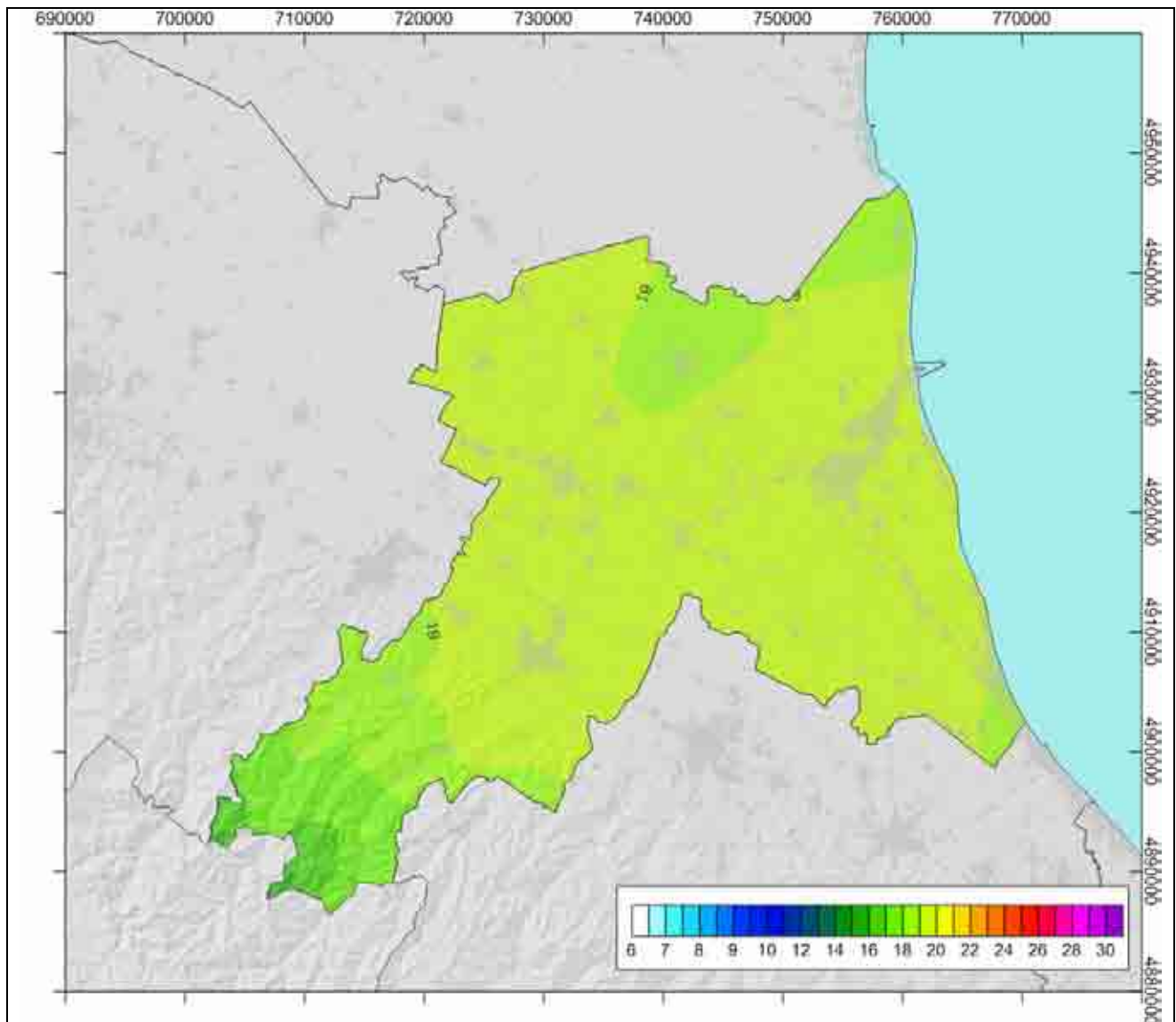


Fig.1.12 - Media annua della temperatura massima 1991-2008 (°C)

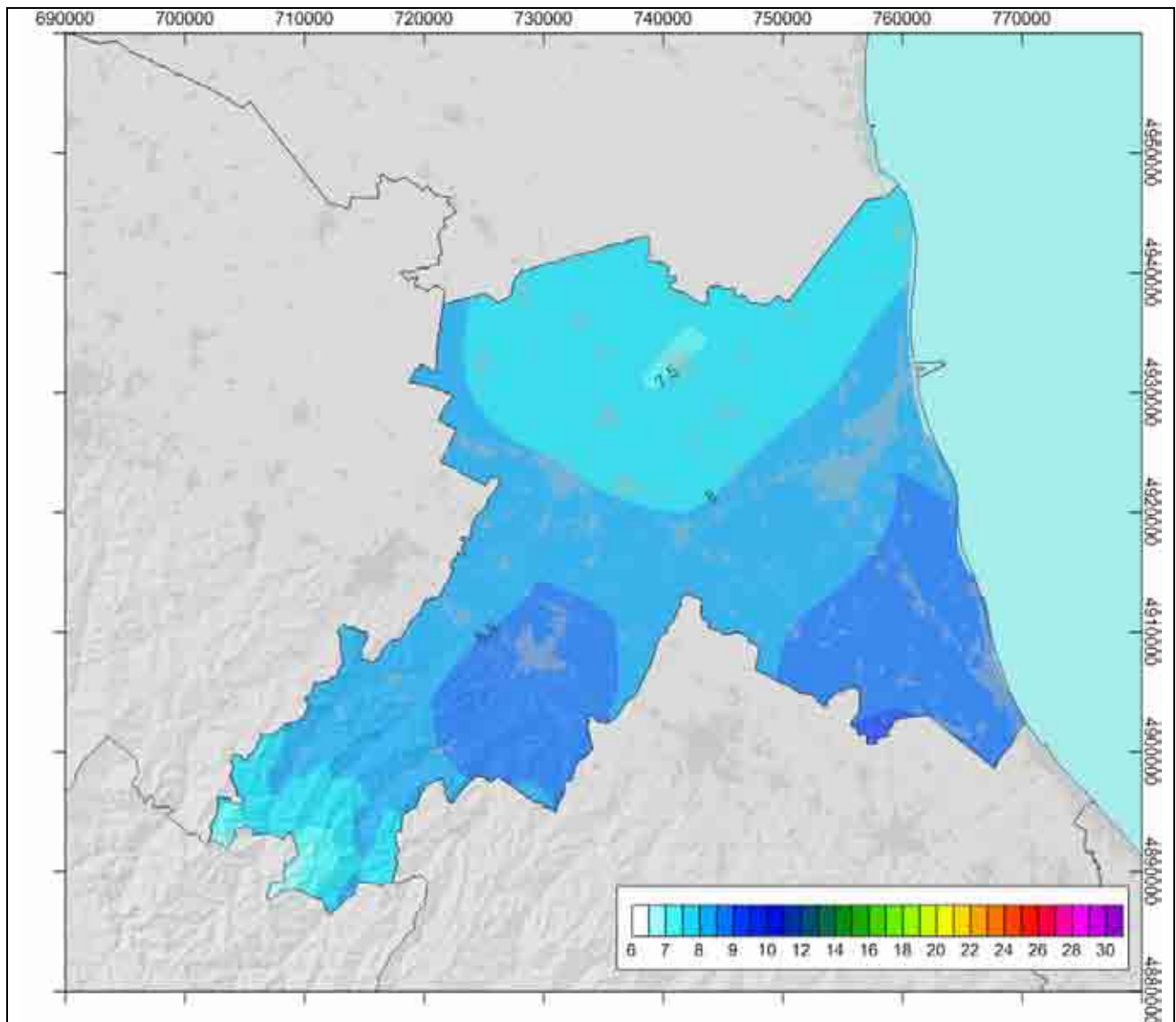


Fig.1.13 - Media invernale della temperatura massima 1991-2008 (°C)

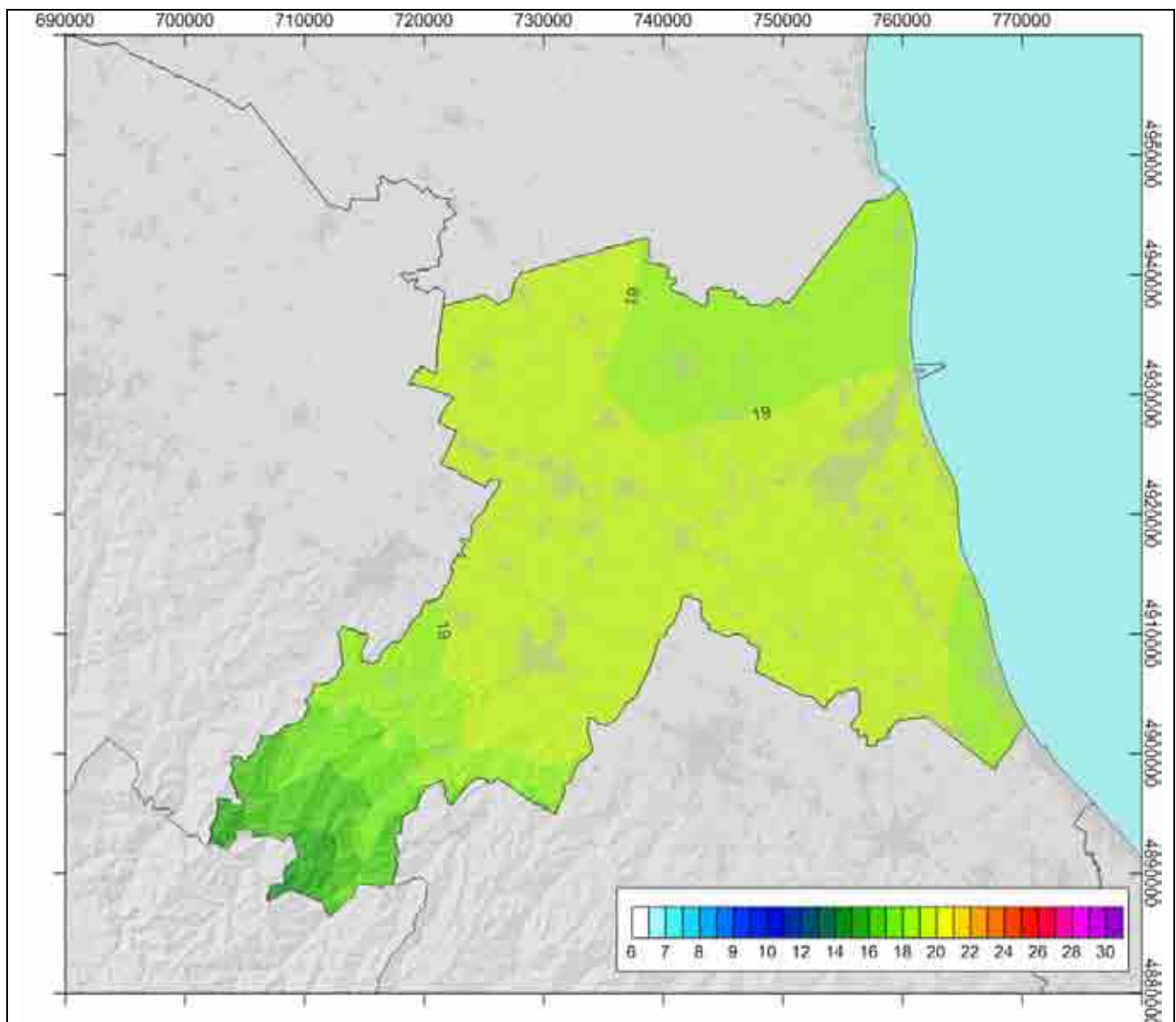


Fig.1.14 - Media primaverile della temperatura massima 1991-2008 (°C)

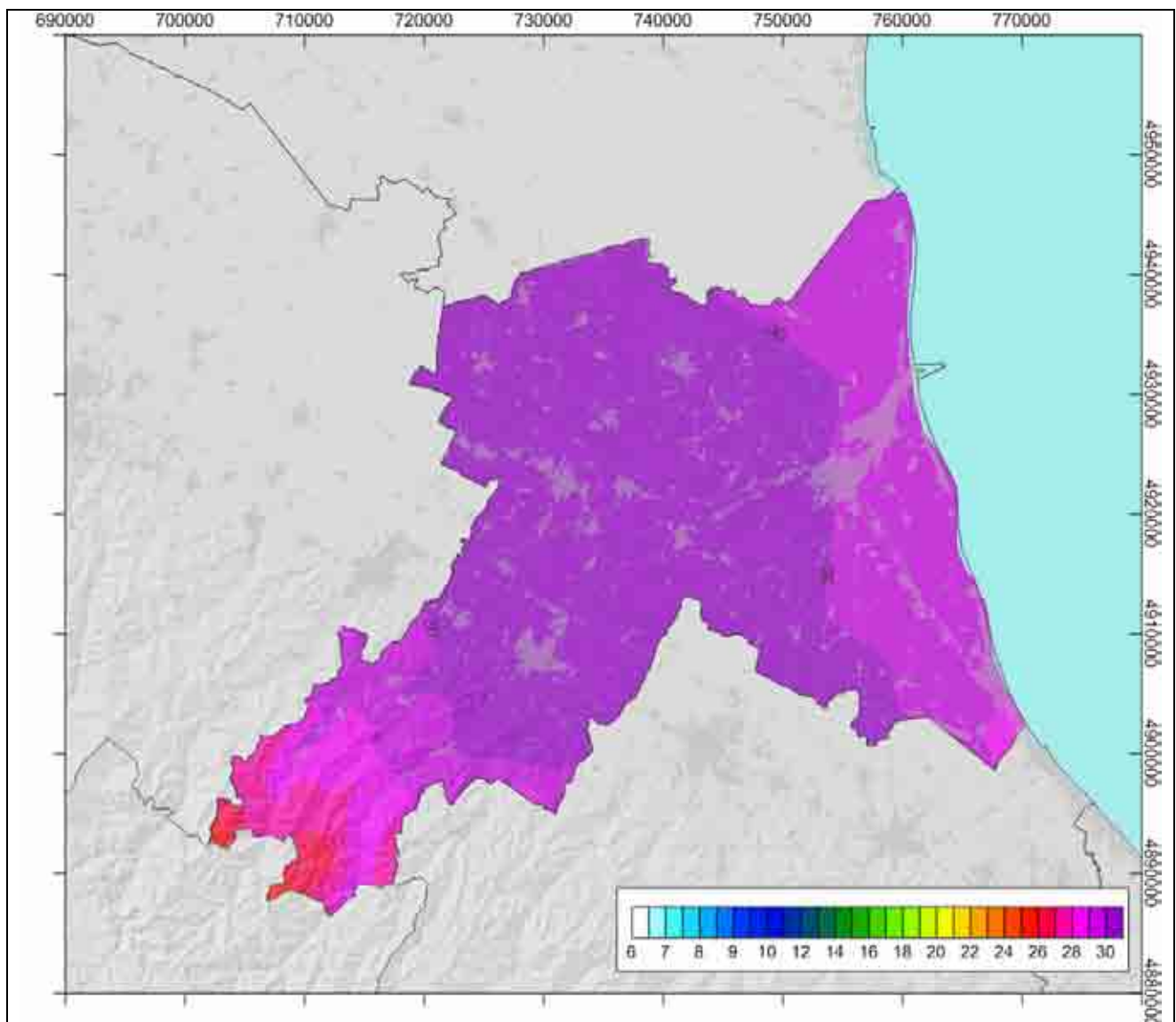


Fig.1.15 - Media estiva della temperatura massima 1991-2008 (°C)

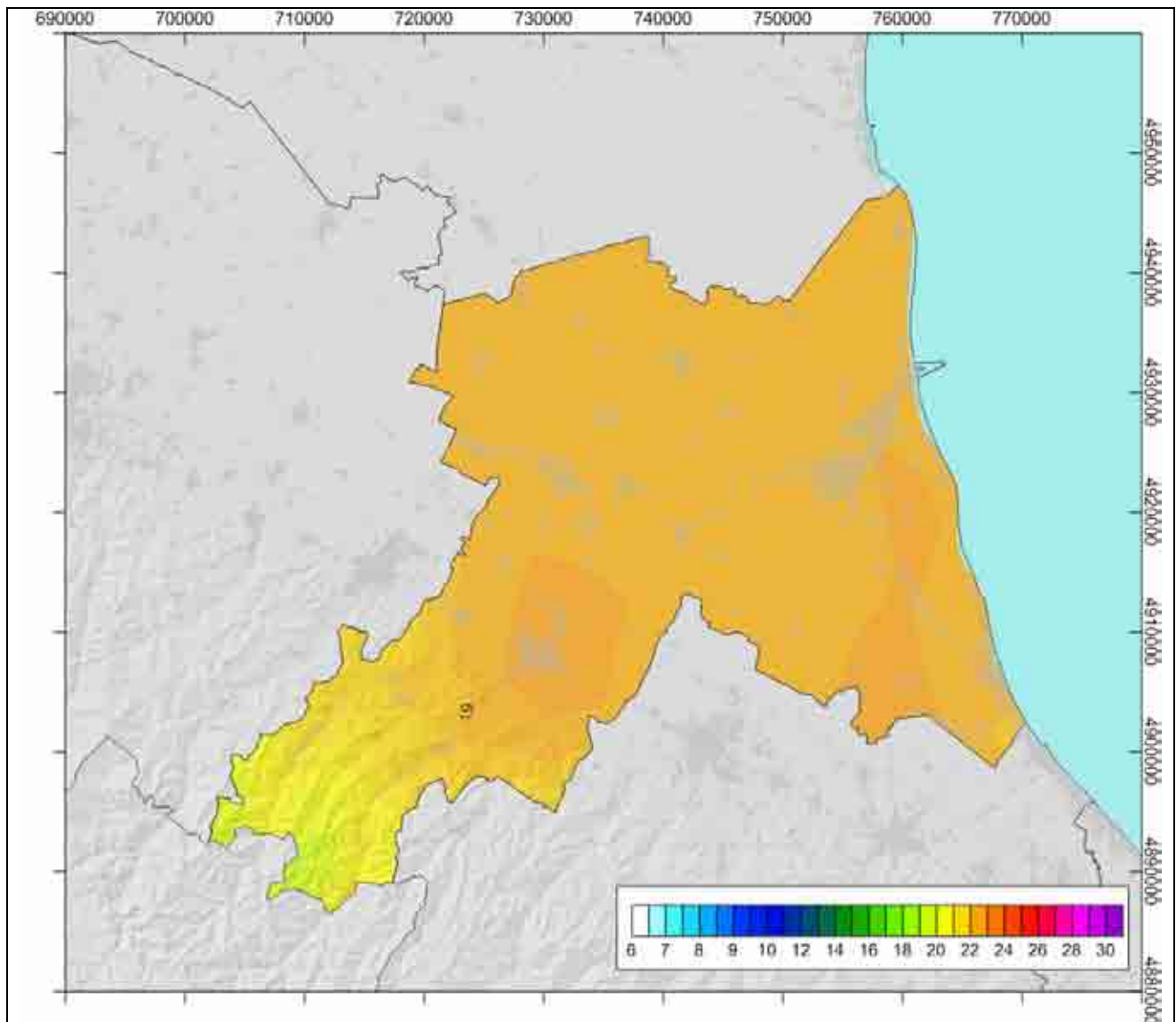


Fig.1.16 - Media autunnale della temperatura massima 1991-2008 (°C)

INDICATORE: PRECIPITAZIONI (mm)

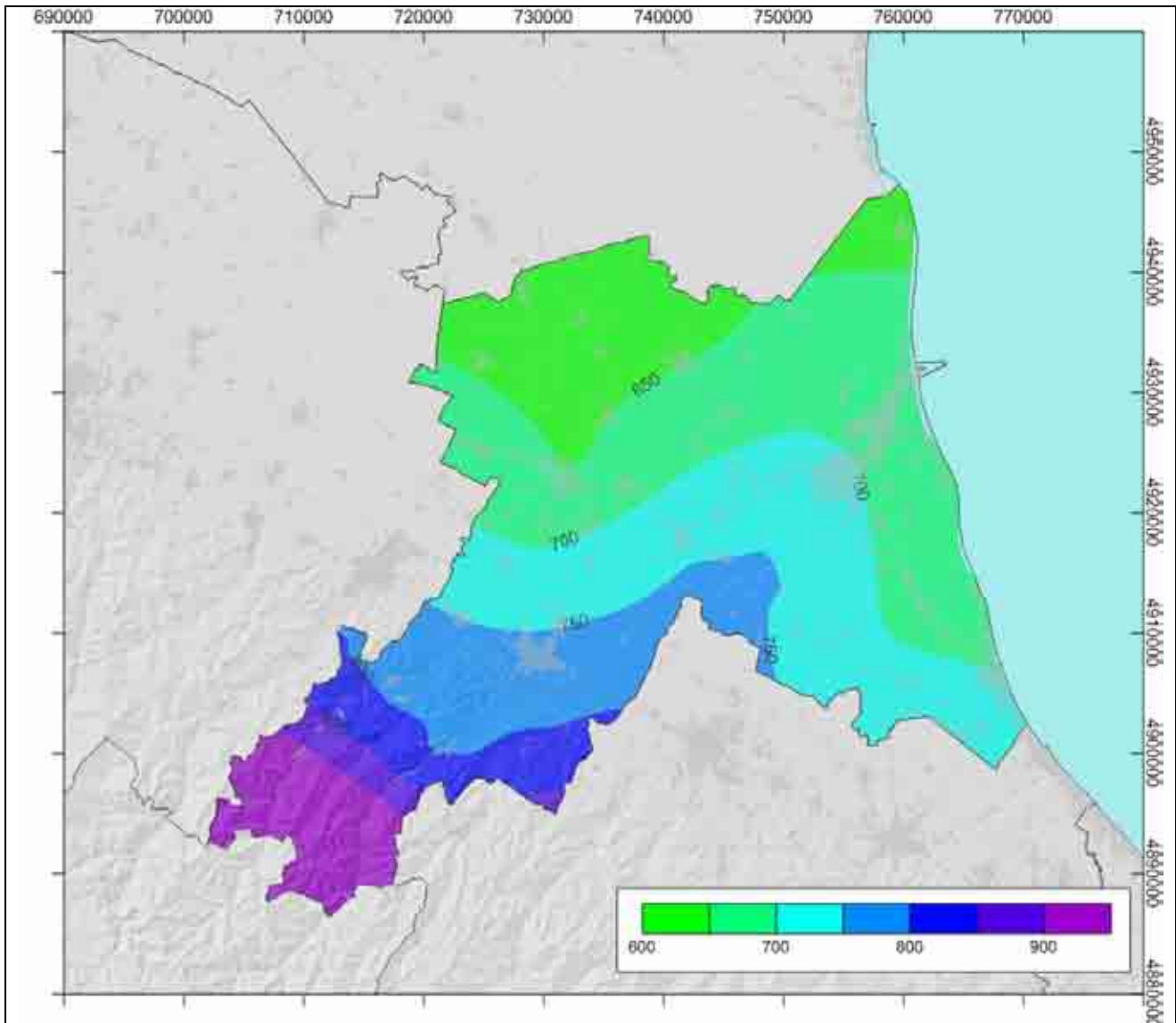


Fig.1.17 - Precipitazioni annue 1991-2008 (mm)

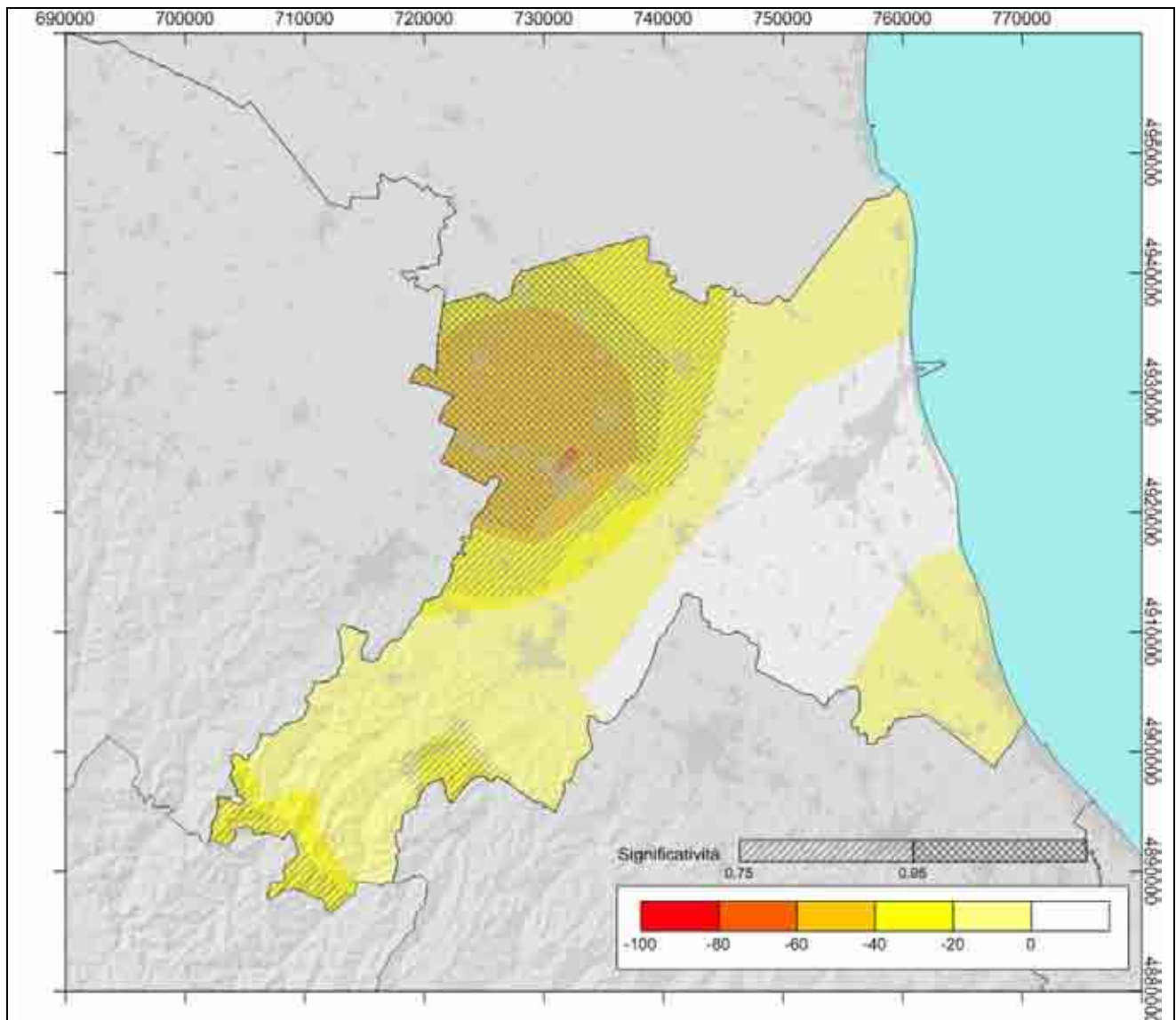


Fig.1.18 - Tendenza delle precipitazioni annue 1961-2008 (mm per decennio)

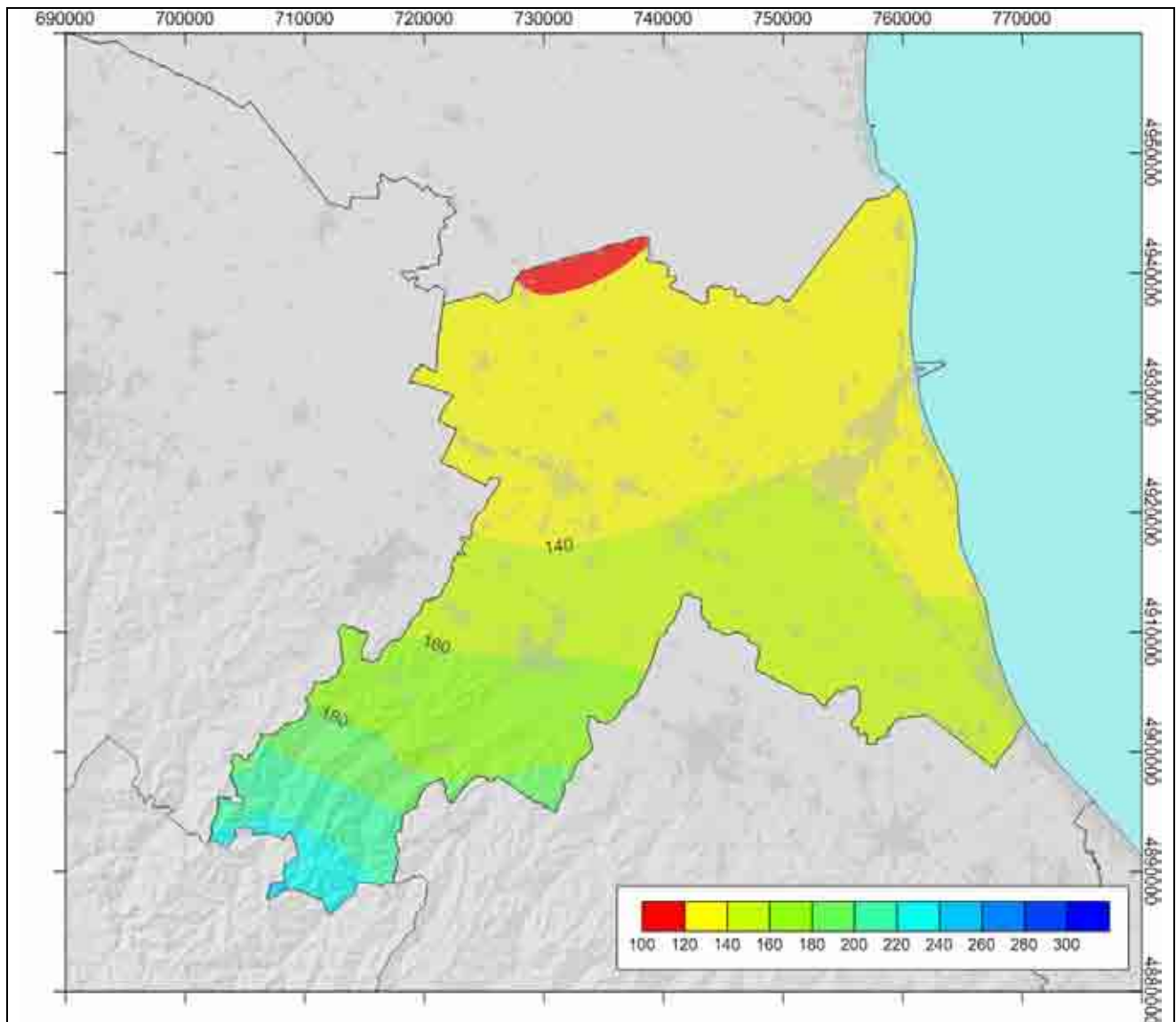


Fig.1.19 - Precipitazioni invernali 1991-2008 (°C)

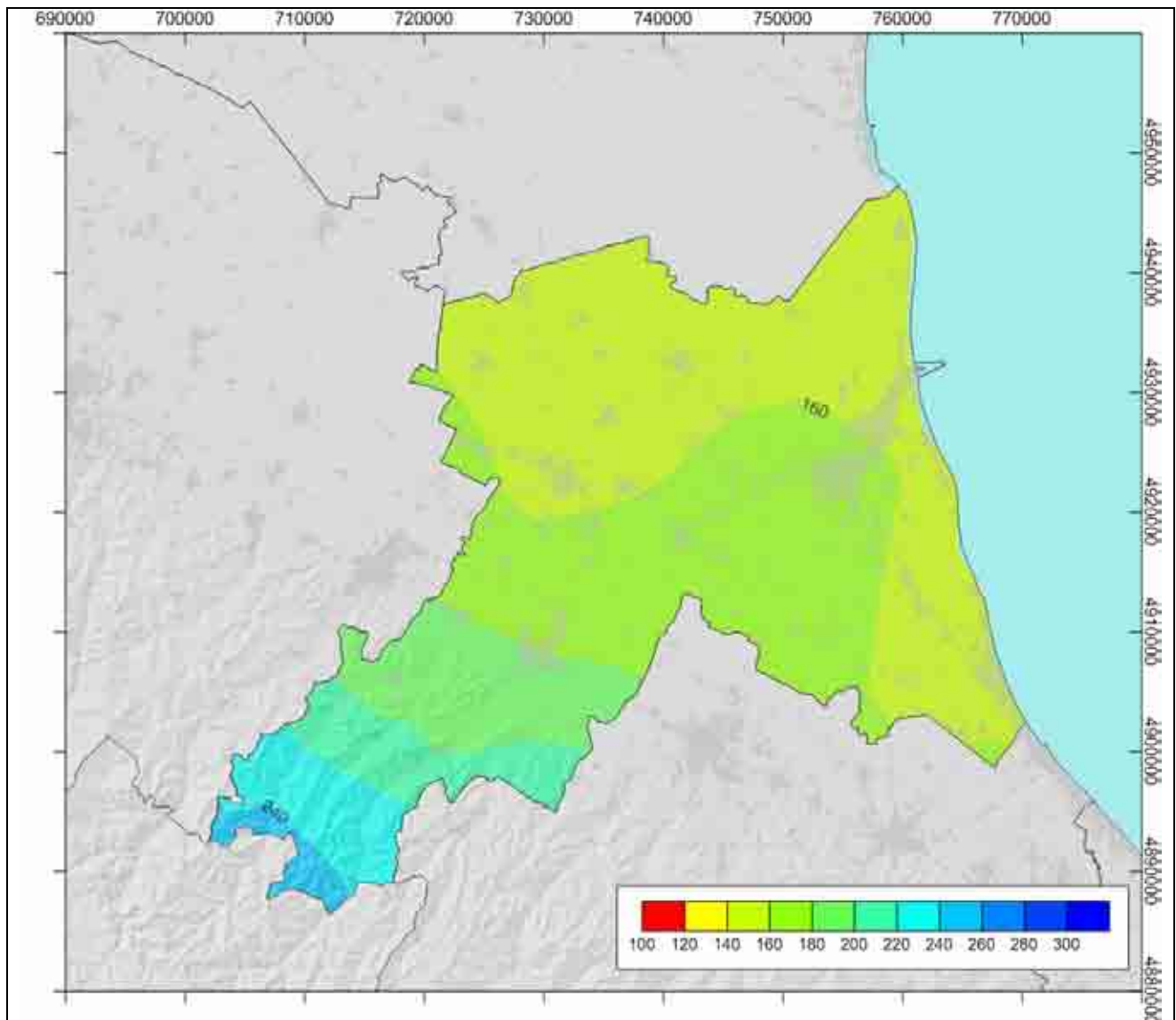


Fig.1.20 - Precipitazioni primaverili 1991-2008 (mm)

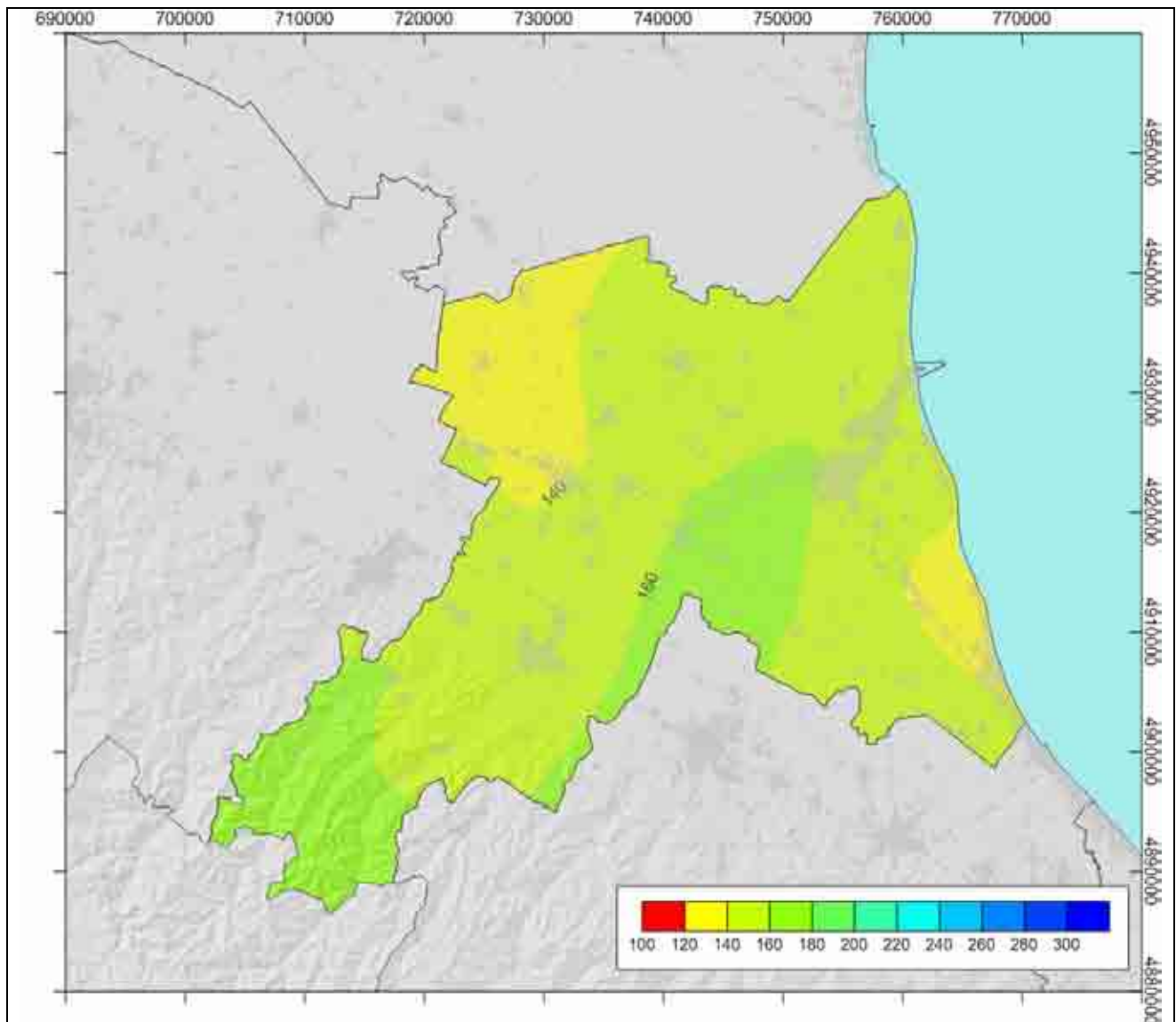


Fig.1.21 - Precipitazioni estive 1991-2008 (mm)

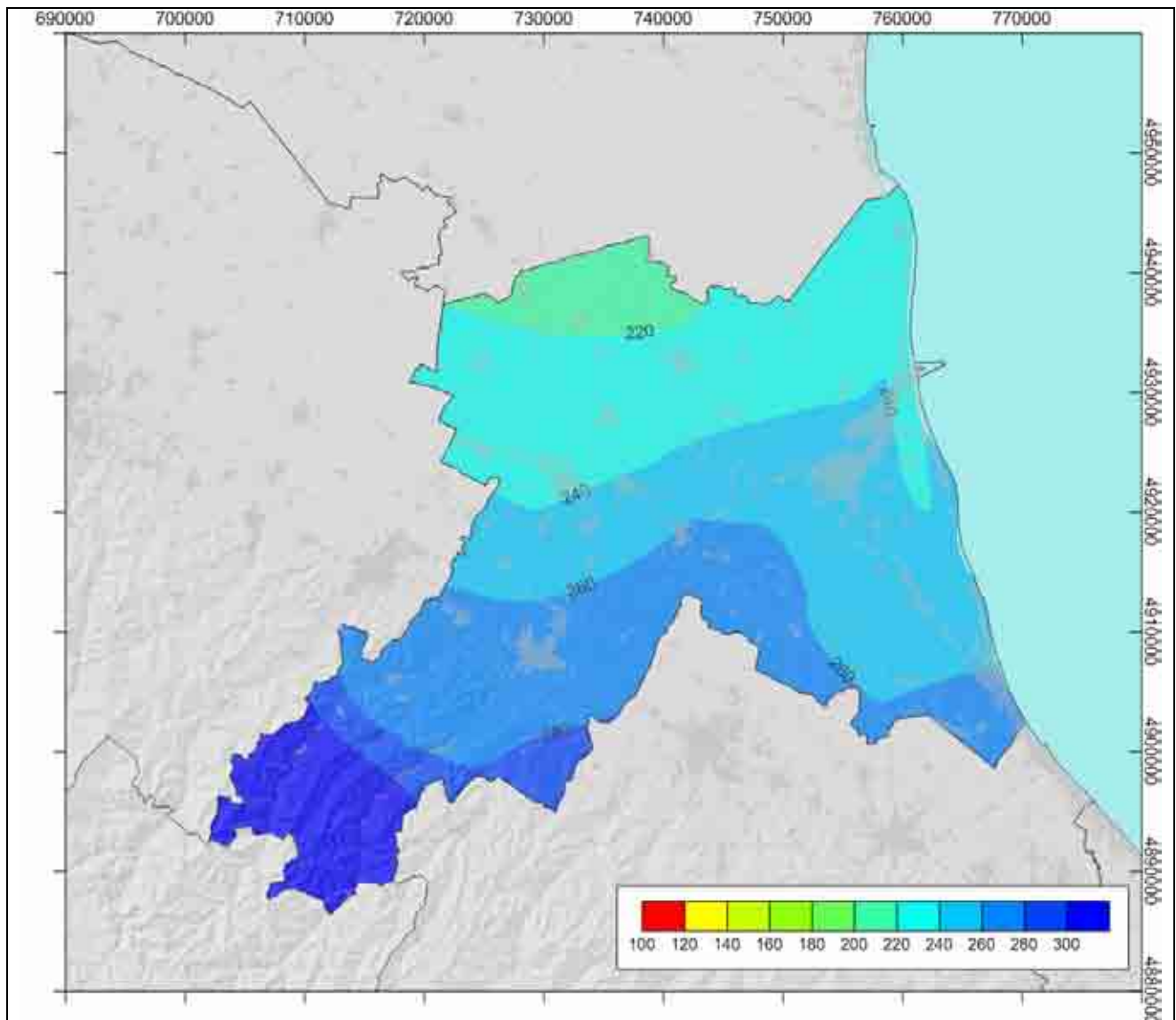


Fig.1.22 - Precipitazioni autunnali 1991-2008 (mm)

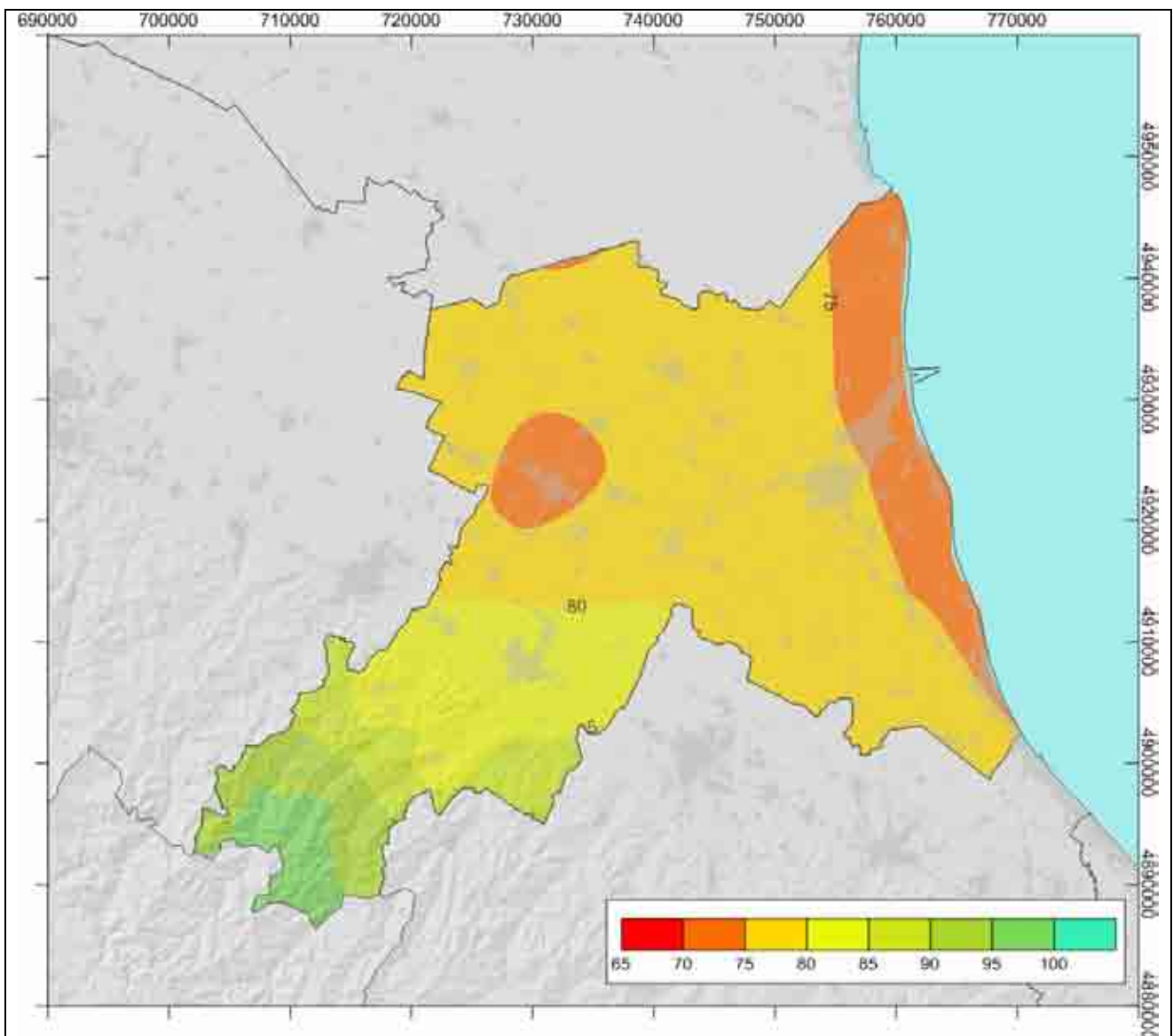


Fig.1.23 - Numero di giorni piovosi 1991-2008

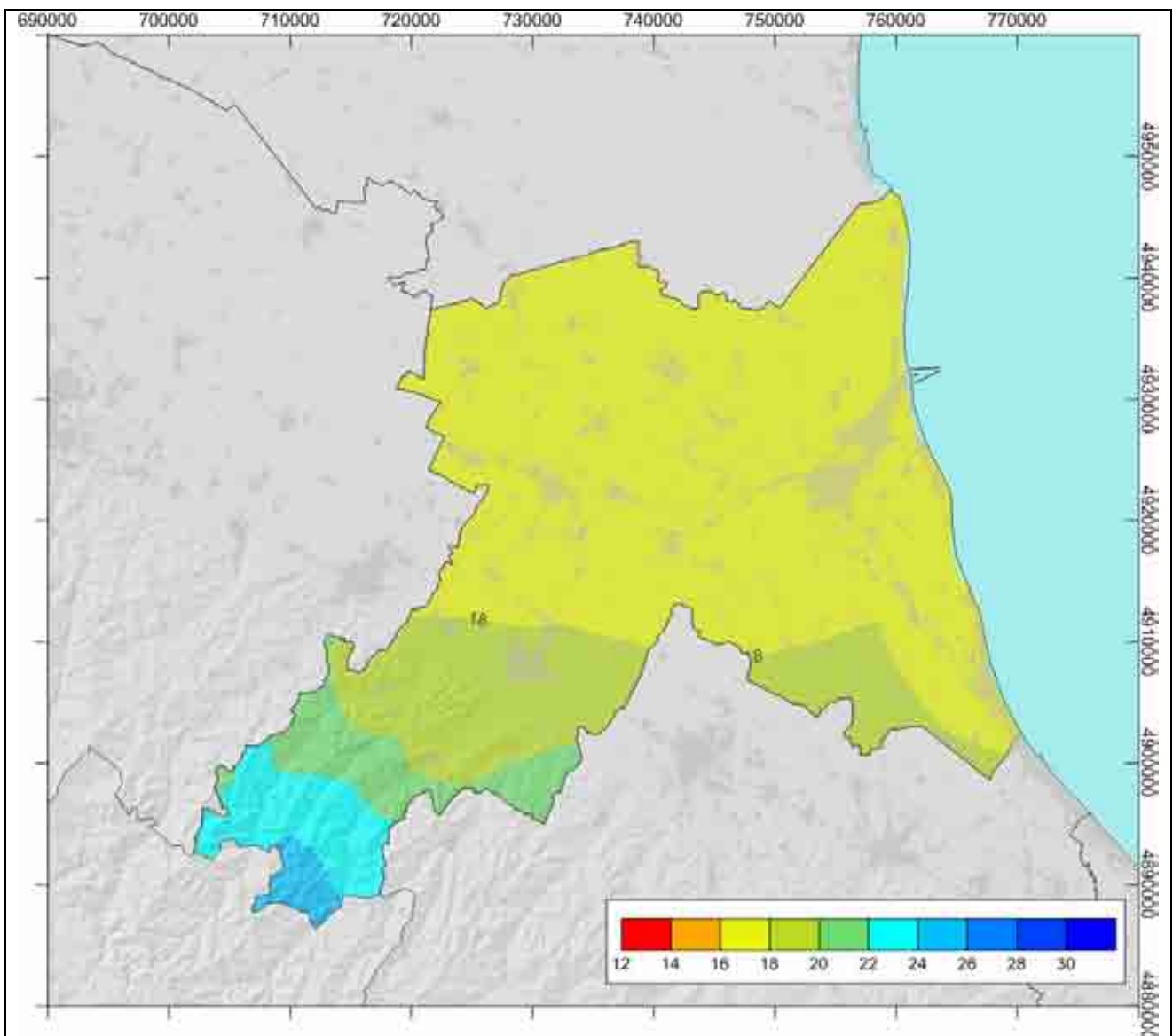


Fig.1.24 - Numero di giorni piovosi invernali 1991-2008

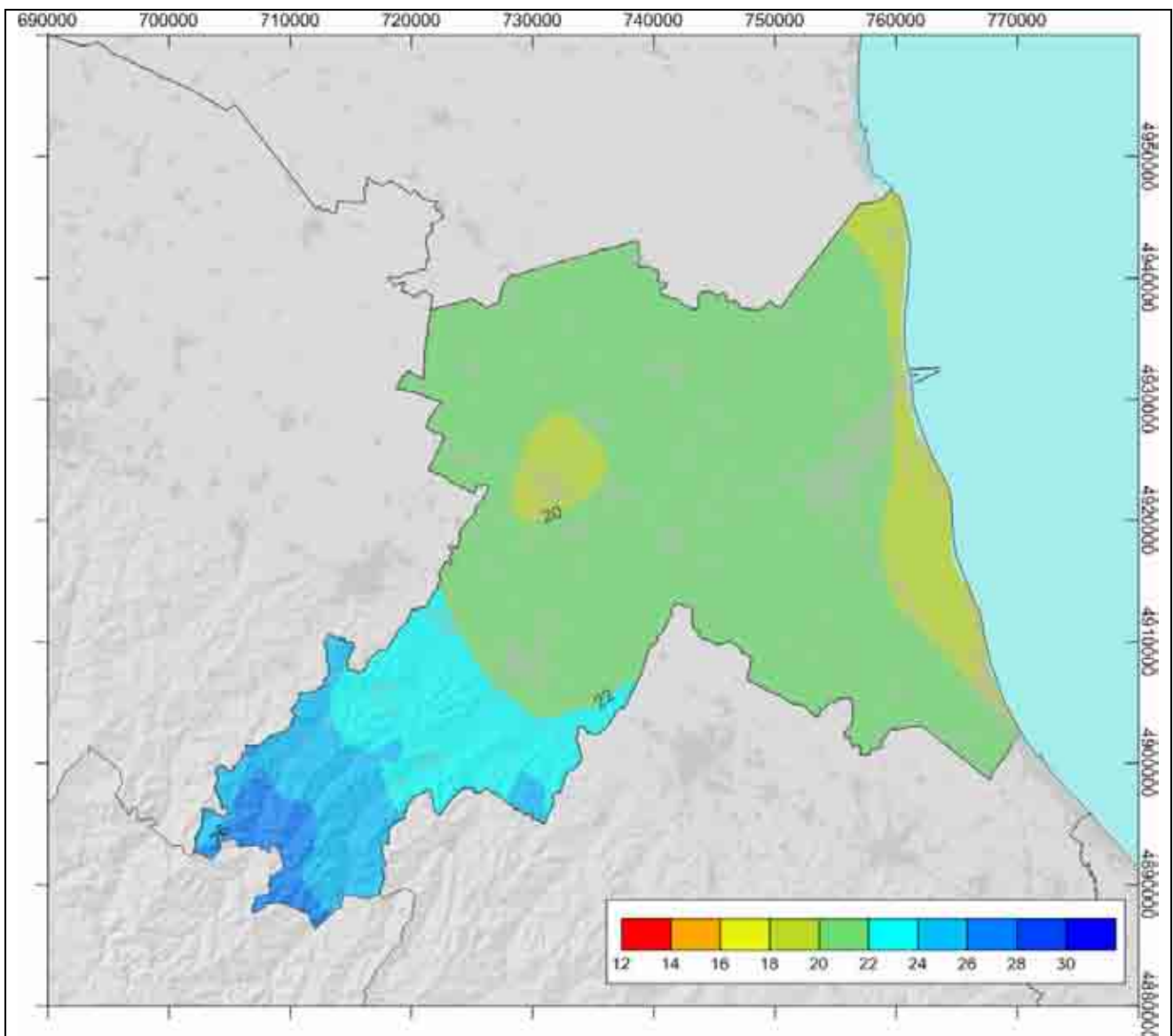


Fig.1.25 - Numero di giorni piovosi primaverili 1991-2008

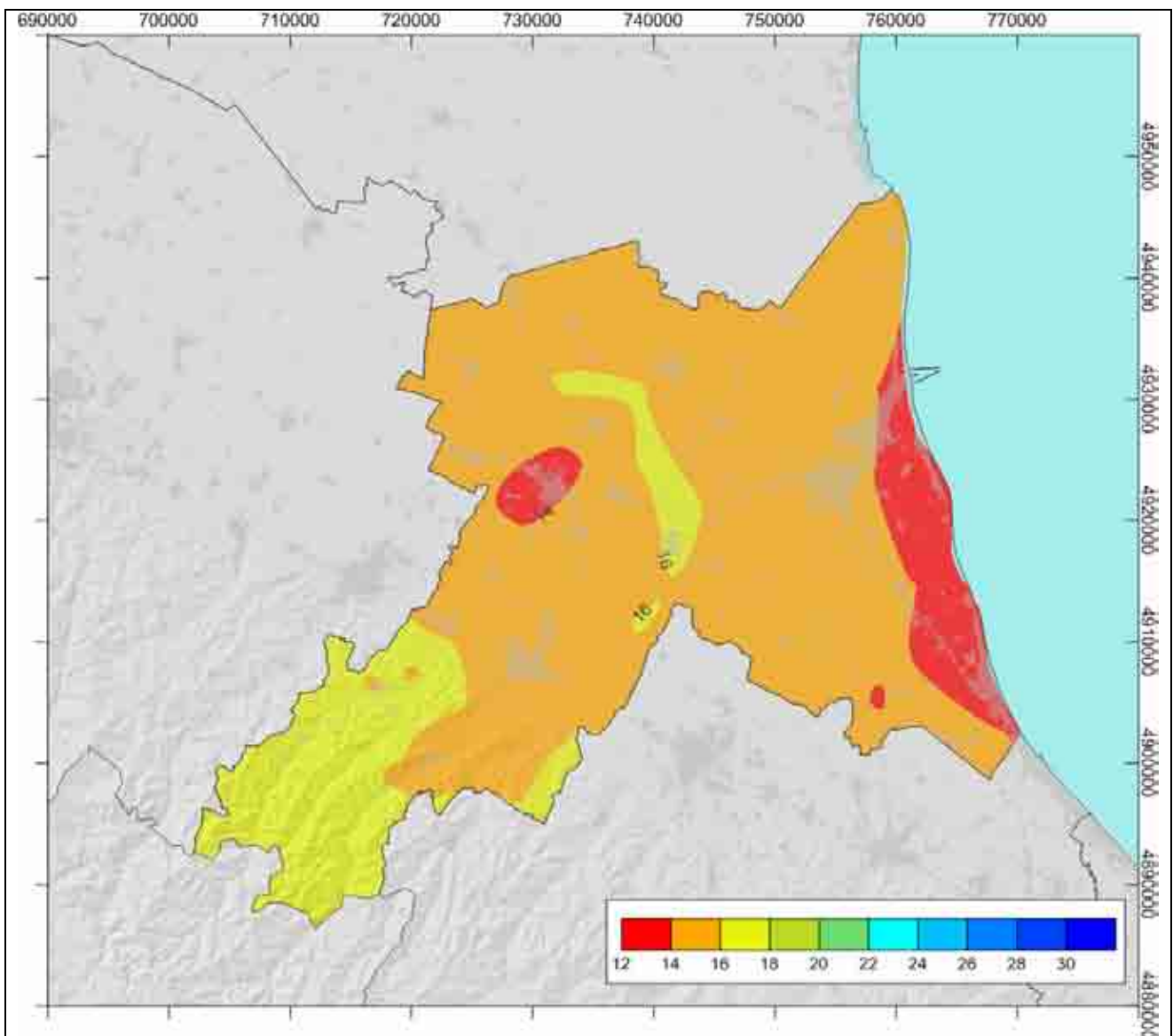


Fig.1.26 - Numero di giorni piovosi estivi 1991-2008

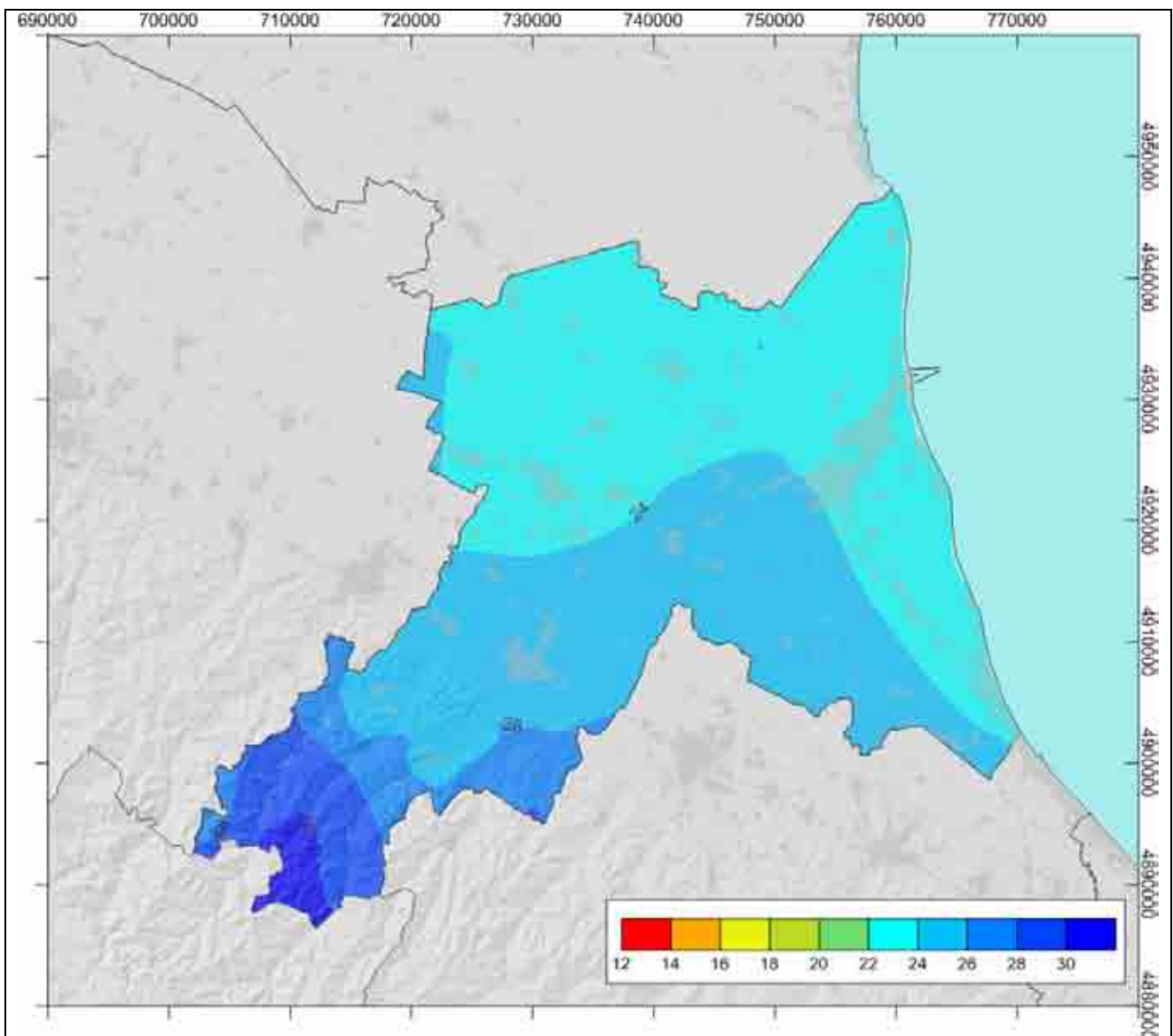


Fig.1.27 - Numero di giorni piovosi autunnali 1991-2008

INDICATORE: VENTO – INTENSITÀ (m/s) E AVVEZIONE

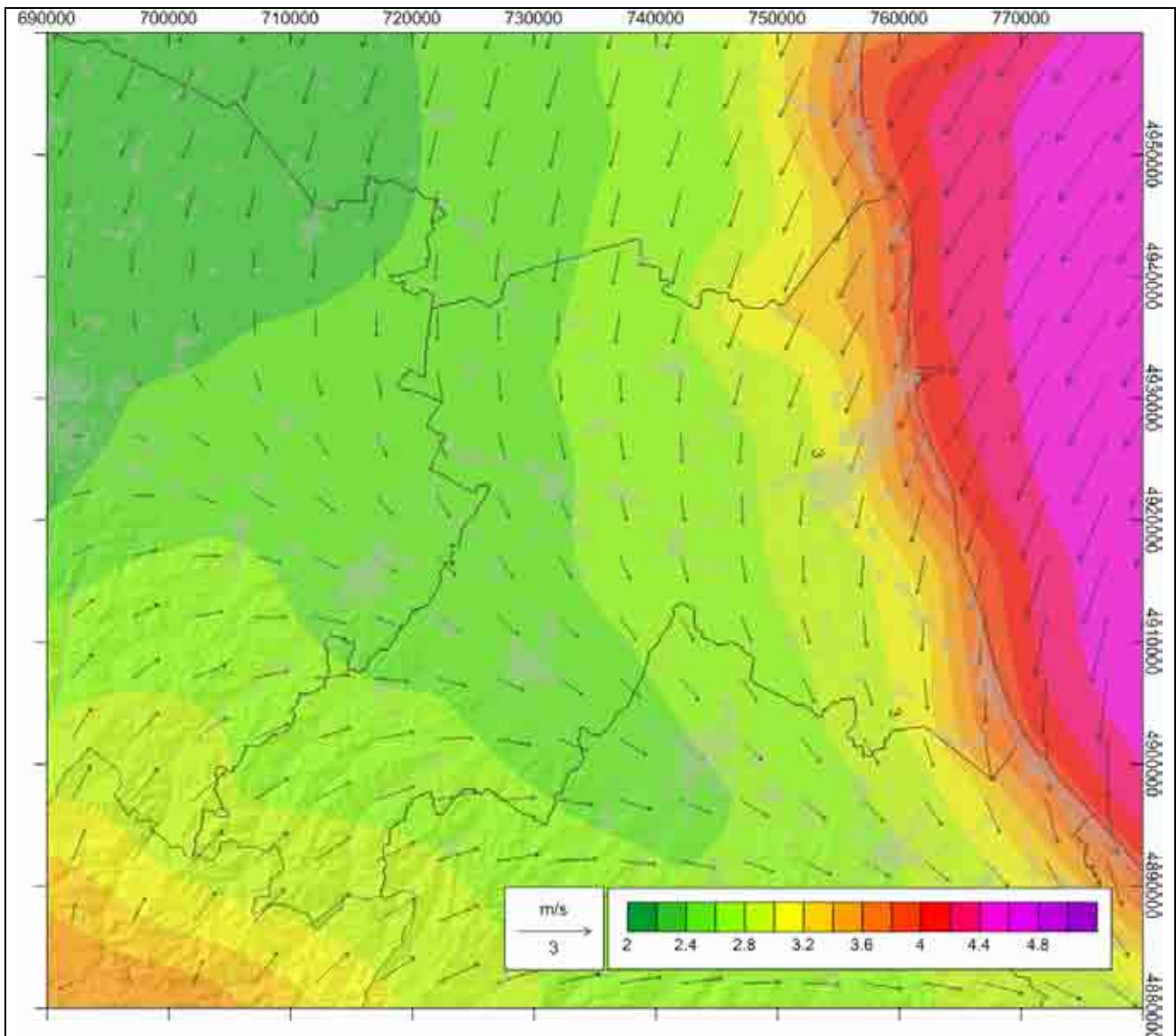


Fig.1.28 - Vento annuale - Intensità e avvezione 2003-2009 (m/s)

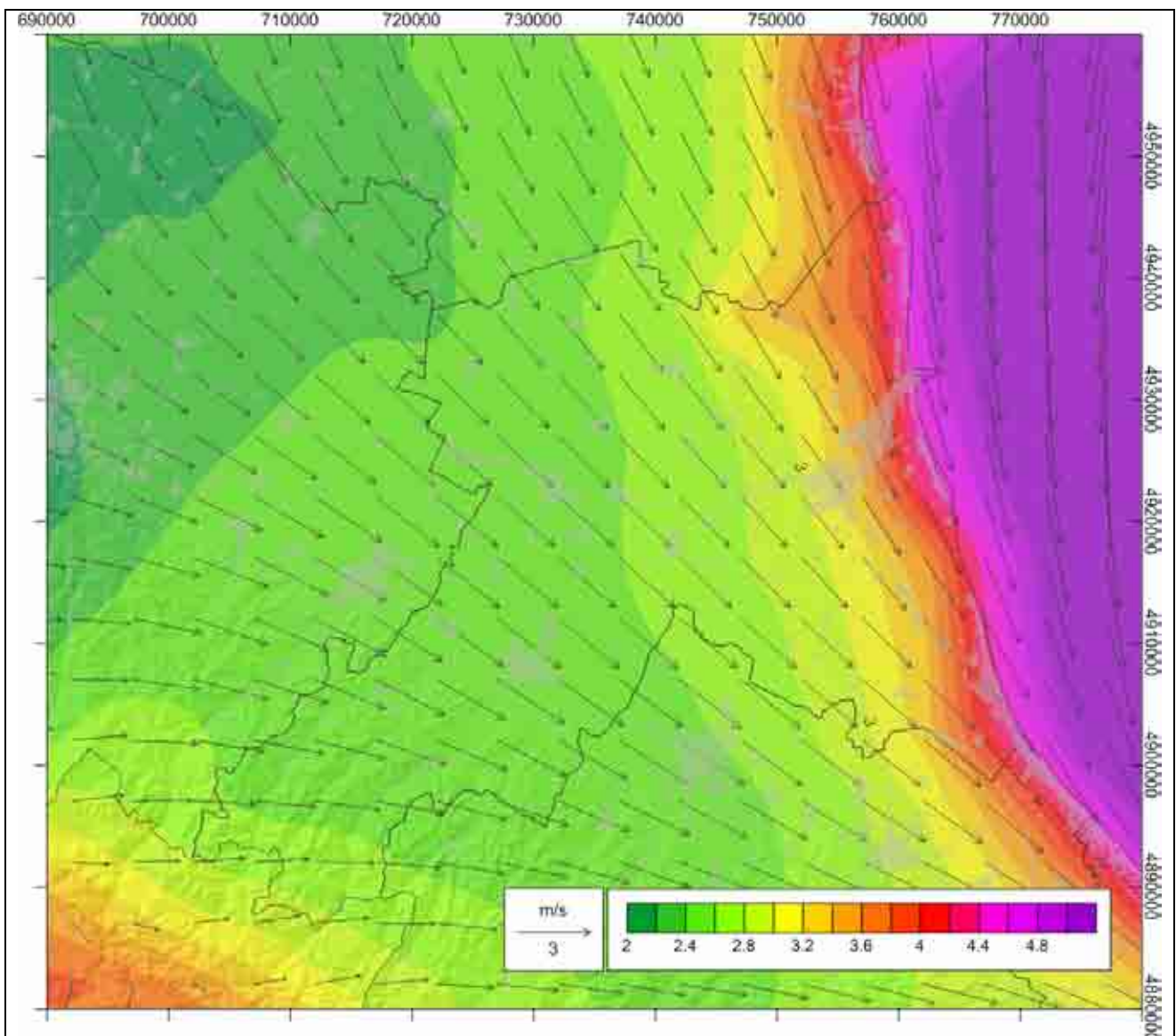


Fig.1.29 - Vento invernale - Intensità e avvezione 2003-2009 (m/s)

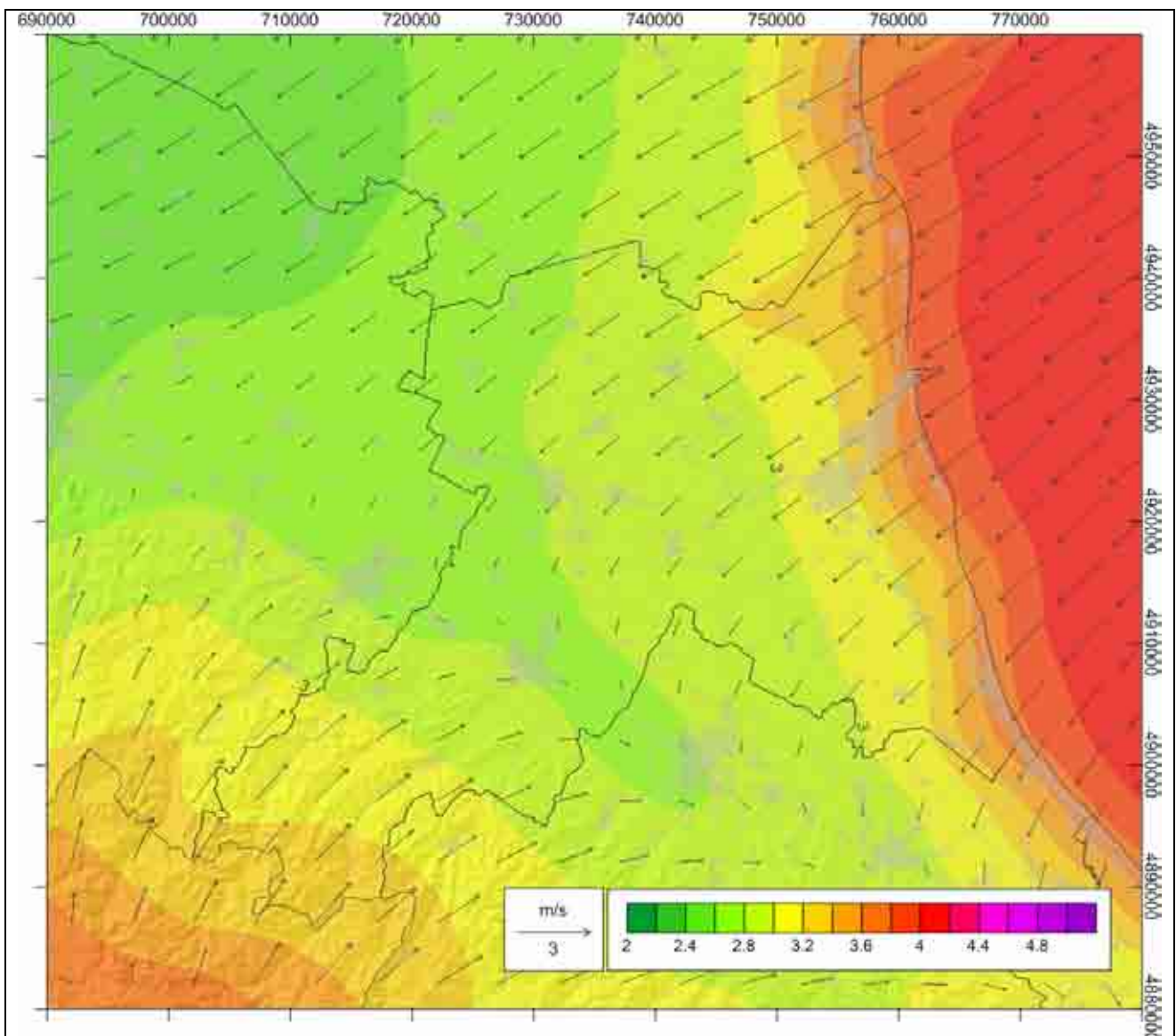


Fig.1.30 - Vento primaverile - Intensità e avvezione 2003-2009 (m/s)

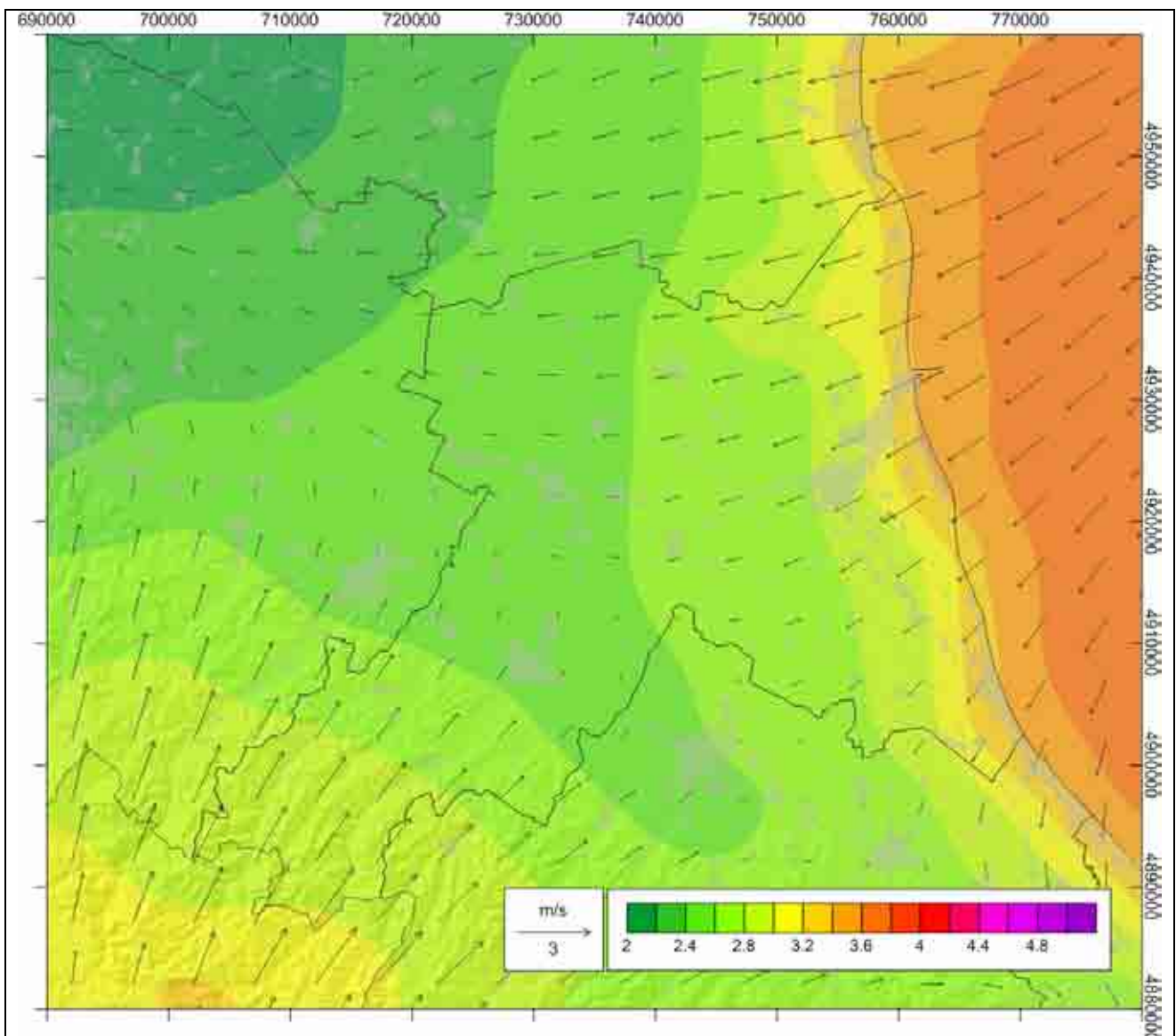


Fig.1.31 - Vento estivo - Intensità e avvezione 2003-2009 (m/s)

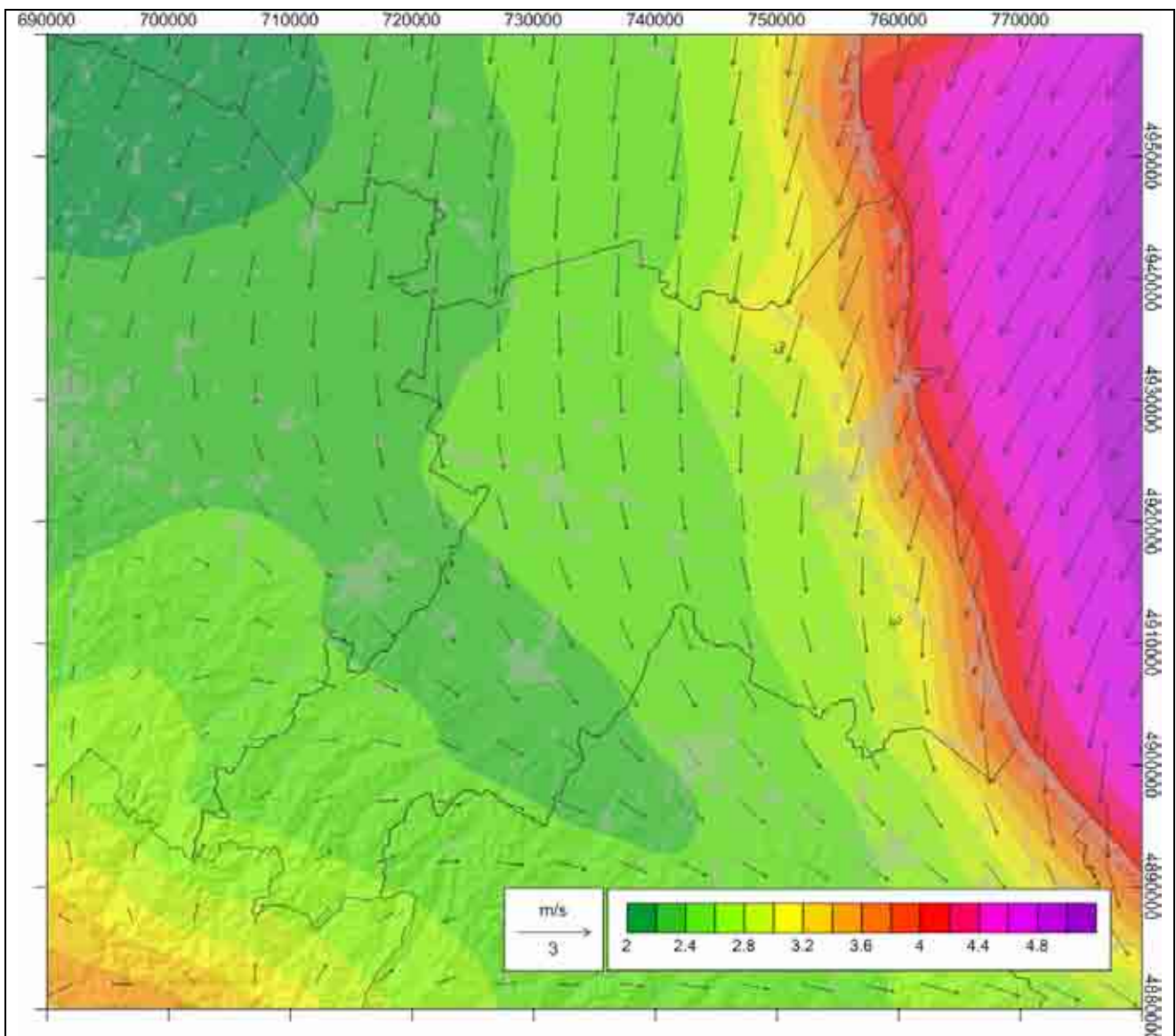


Fig.1.32 - Vento autunnale - Intensità e avvezione 2003-2009 (m/s)

INDICATORE: ALTEZZA STRATO DI RIMESCOLAMENTO (m)

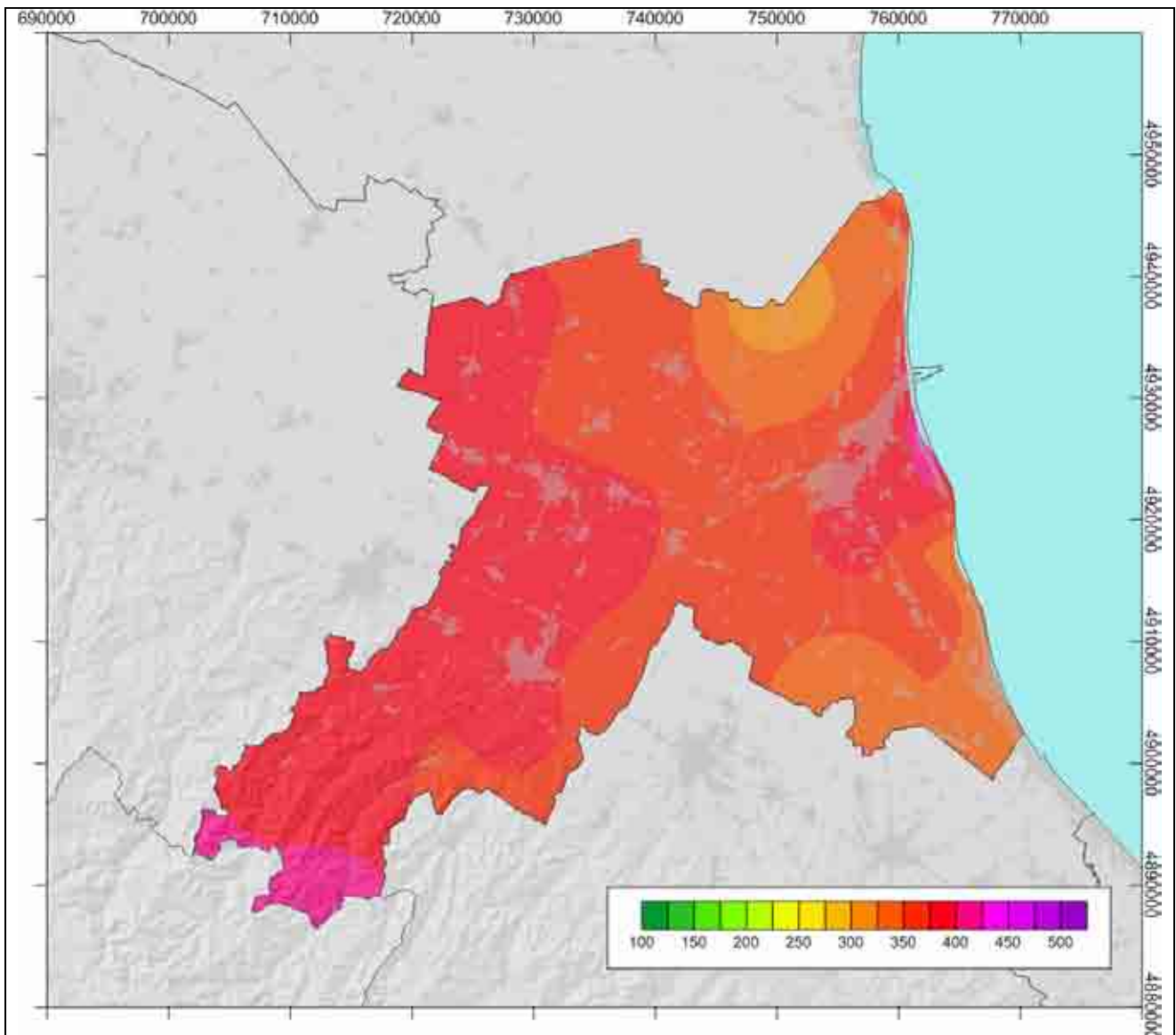


Fig.1.33 - Altezza media annua di rimescolamento 2003-2009 (m)

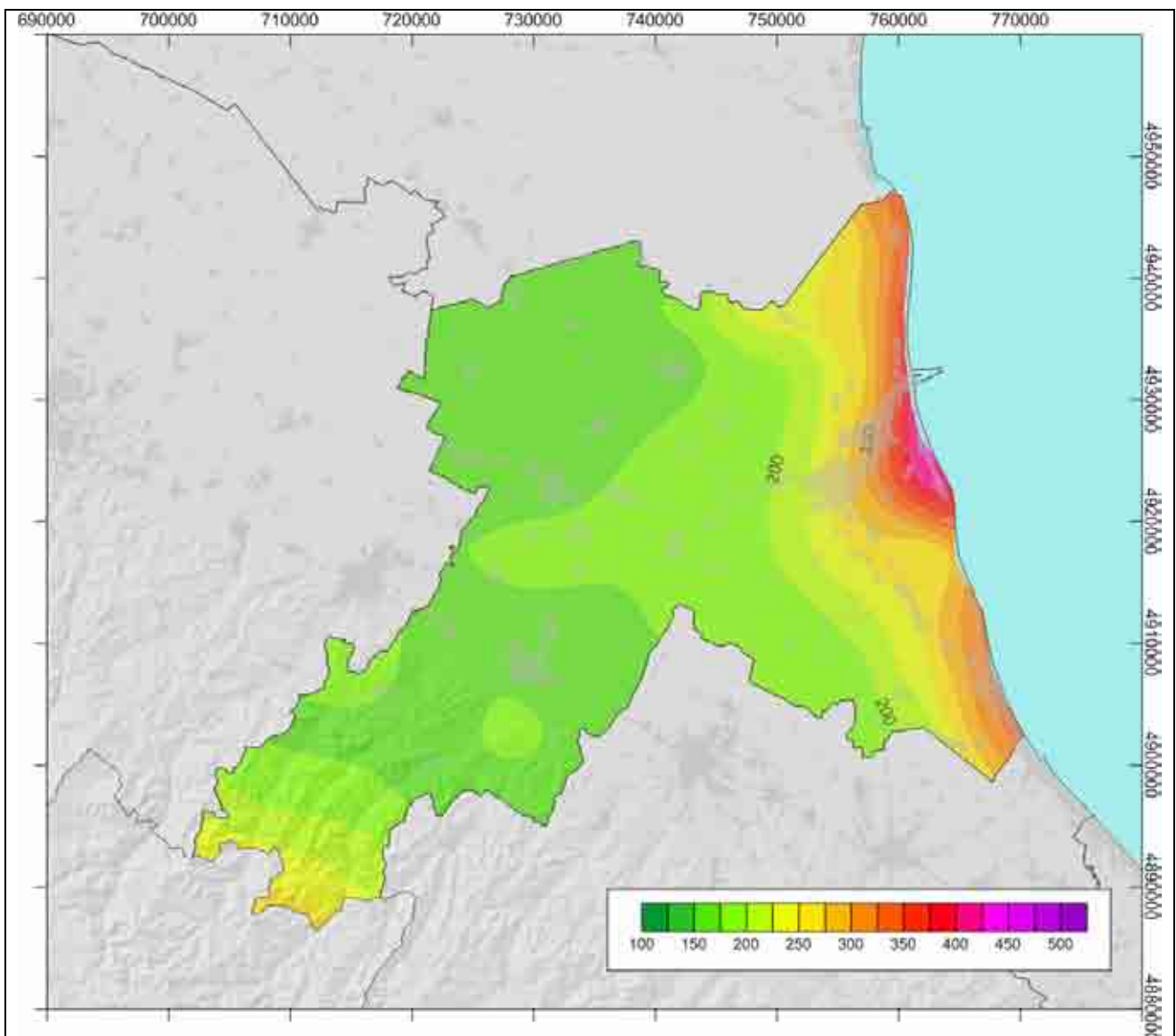


Fig.1.34 - Altezza media invernale di rimescolamento 2003-2009 (m)

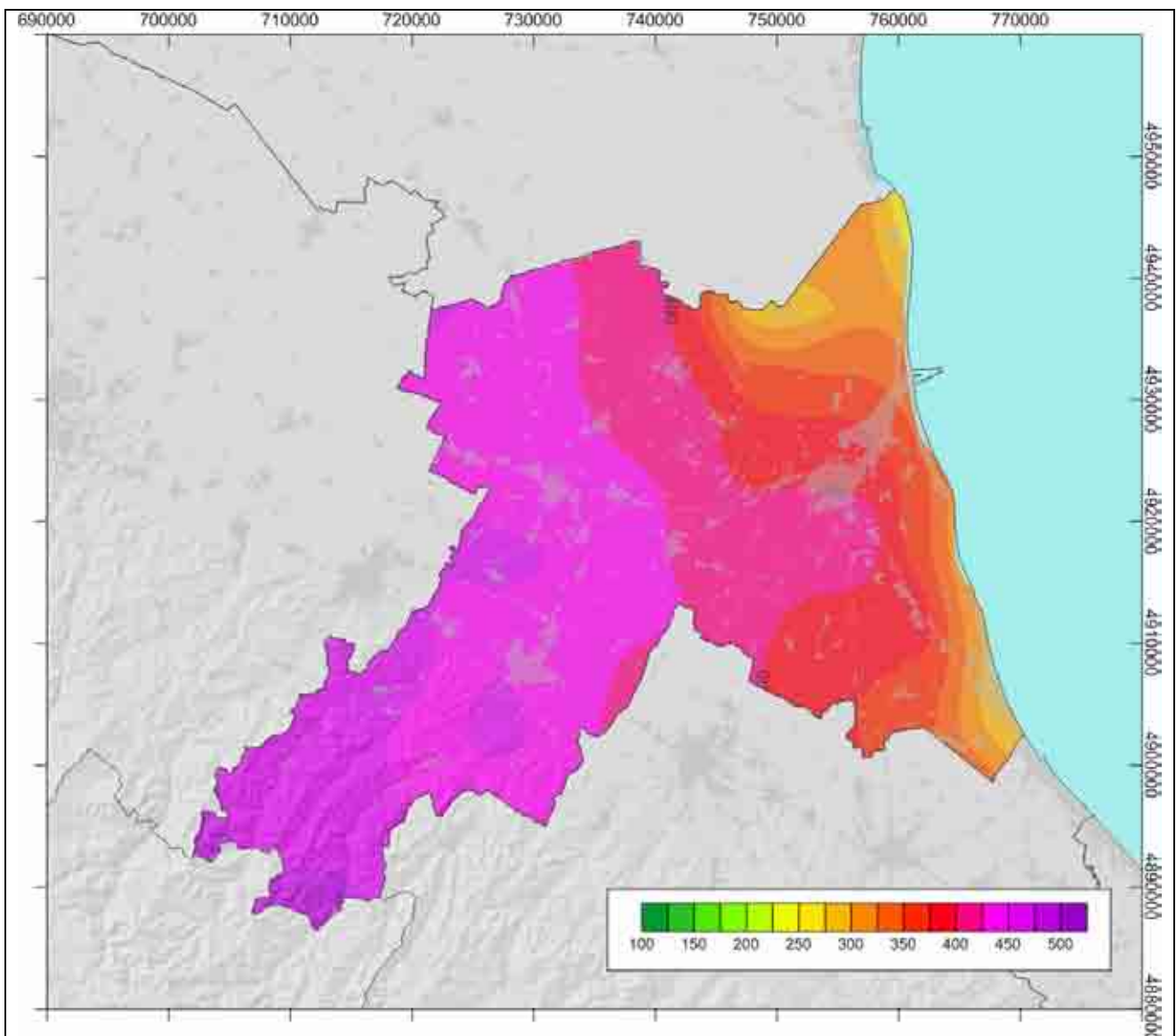


Fig.1.35 - Altezza media primaverile di rimescolamento 2003-2009 (m)

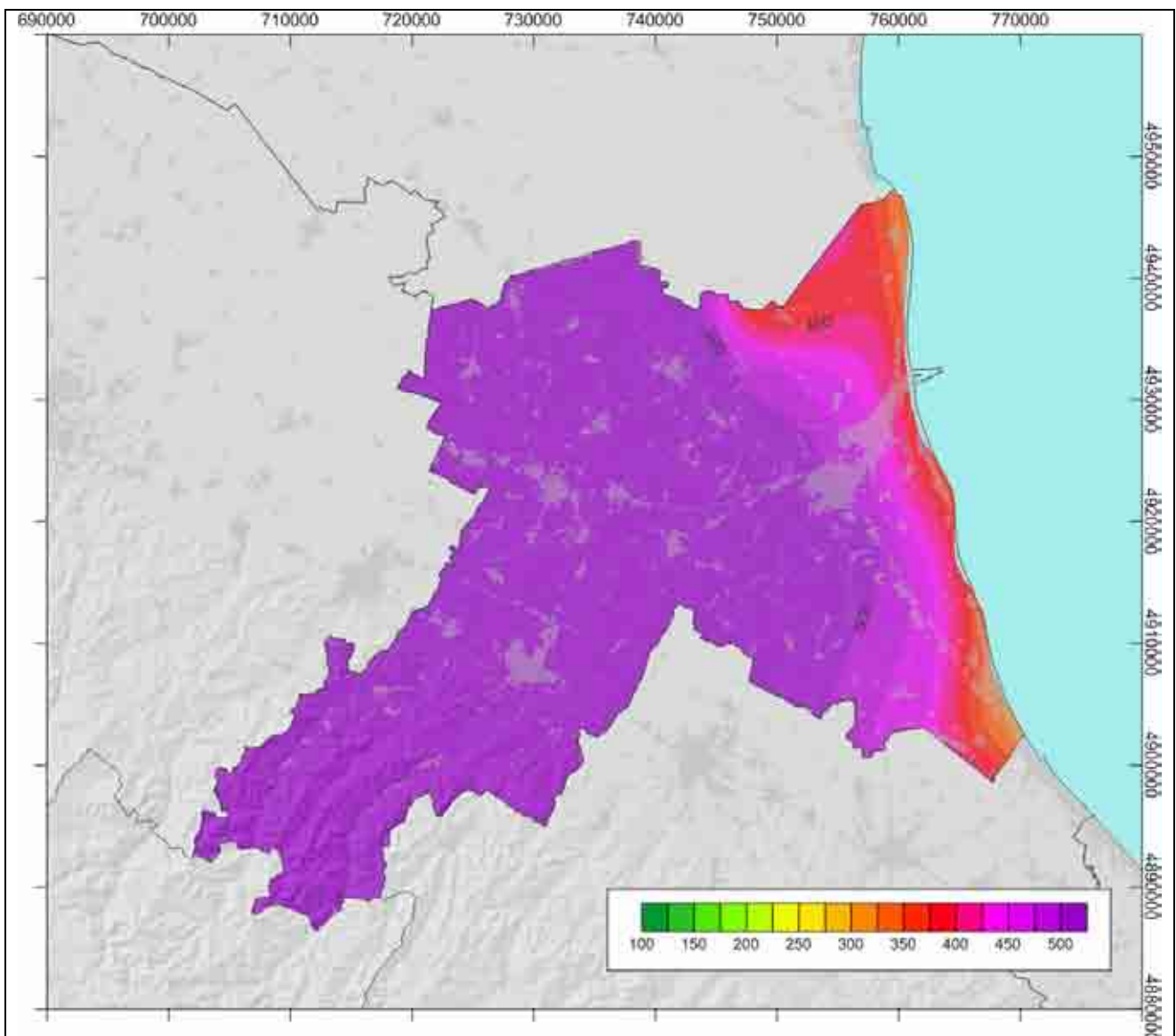


Fig.1.36 - Altezza media estiva di rimescolamento 2003-2009 (m)

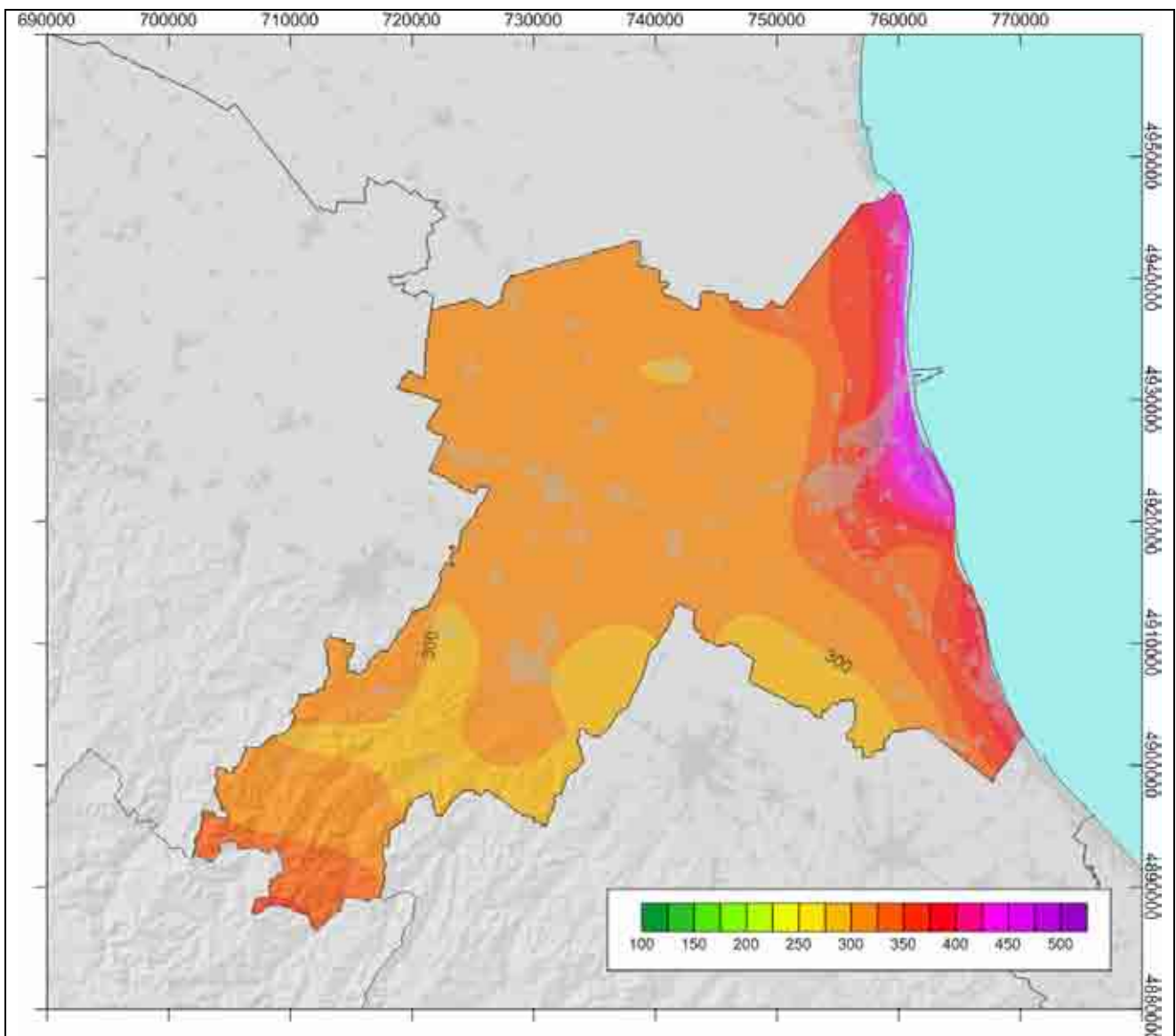


Fig.1.37 - Altezza media autunnale di rimescolamento 2003-2009 (m)

INDICATORE: FREQUENZA INVERSIONE TERMICA (% ORE)

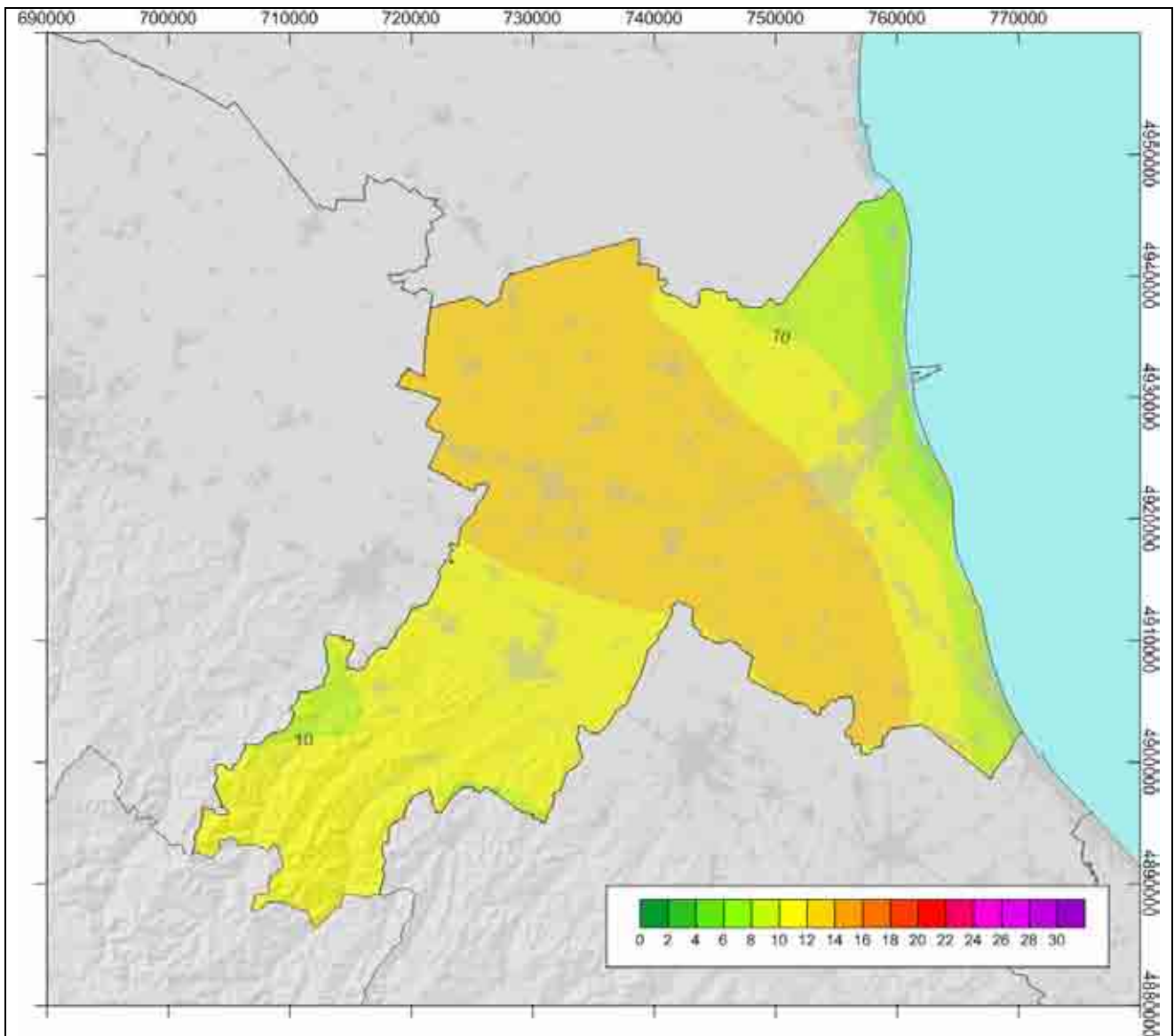


Fig.1.38 - Frequenza di inversione annuale 2003-2009 (percentuale di ore)

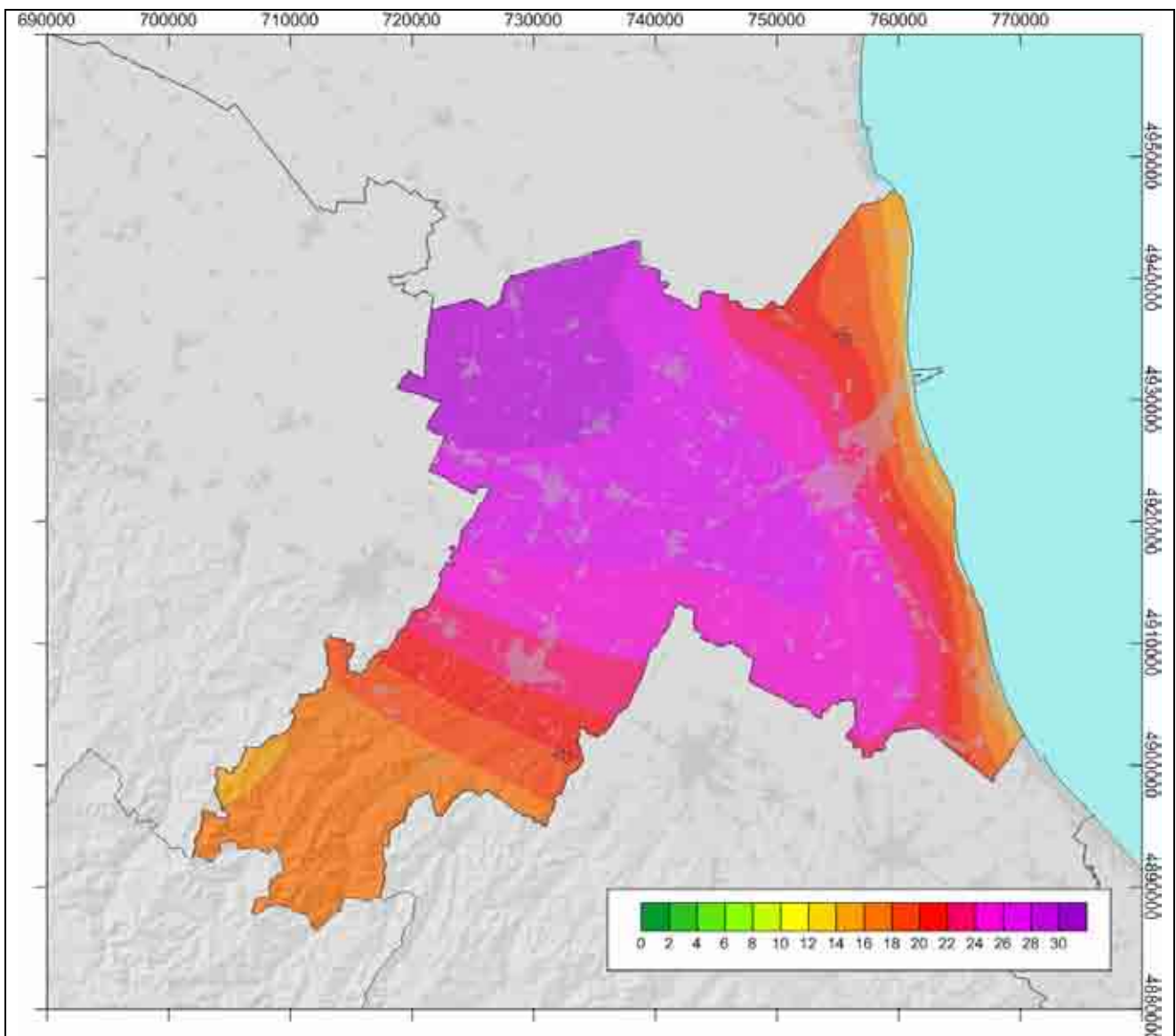


Fig.1.39 - Frequenza di inversione invernale 2003-2009 (percentuale di ore)

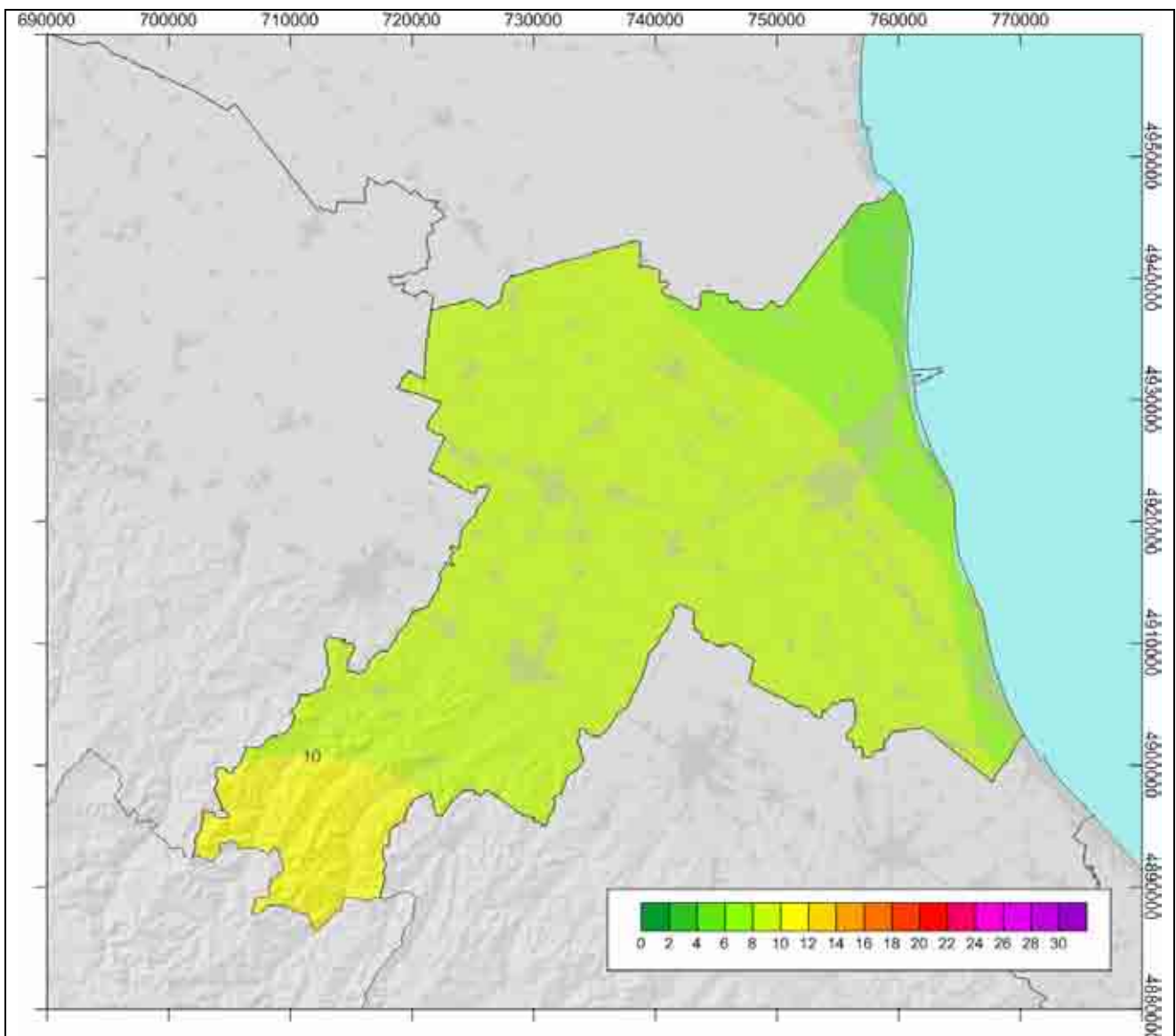


Fig.1.40 - Frequenza di inversione primaverile 2003-2009 (percentuale di ore)

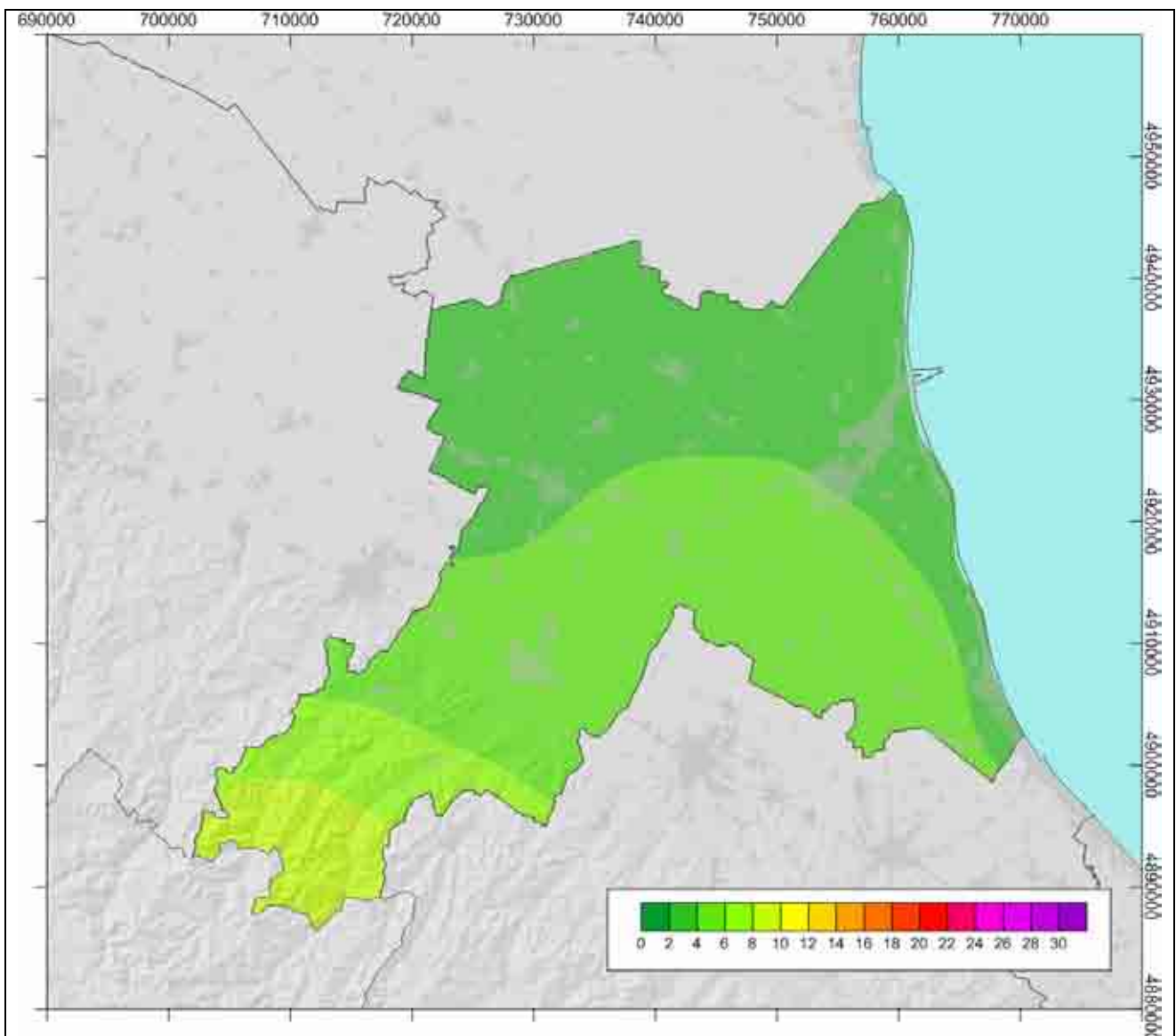


Fig.1.41 - Frequenza di inversione estiva 2003-2009 (percentuale di ore)

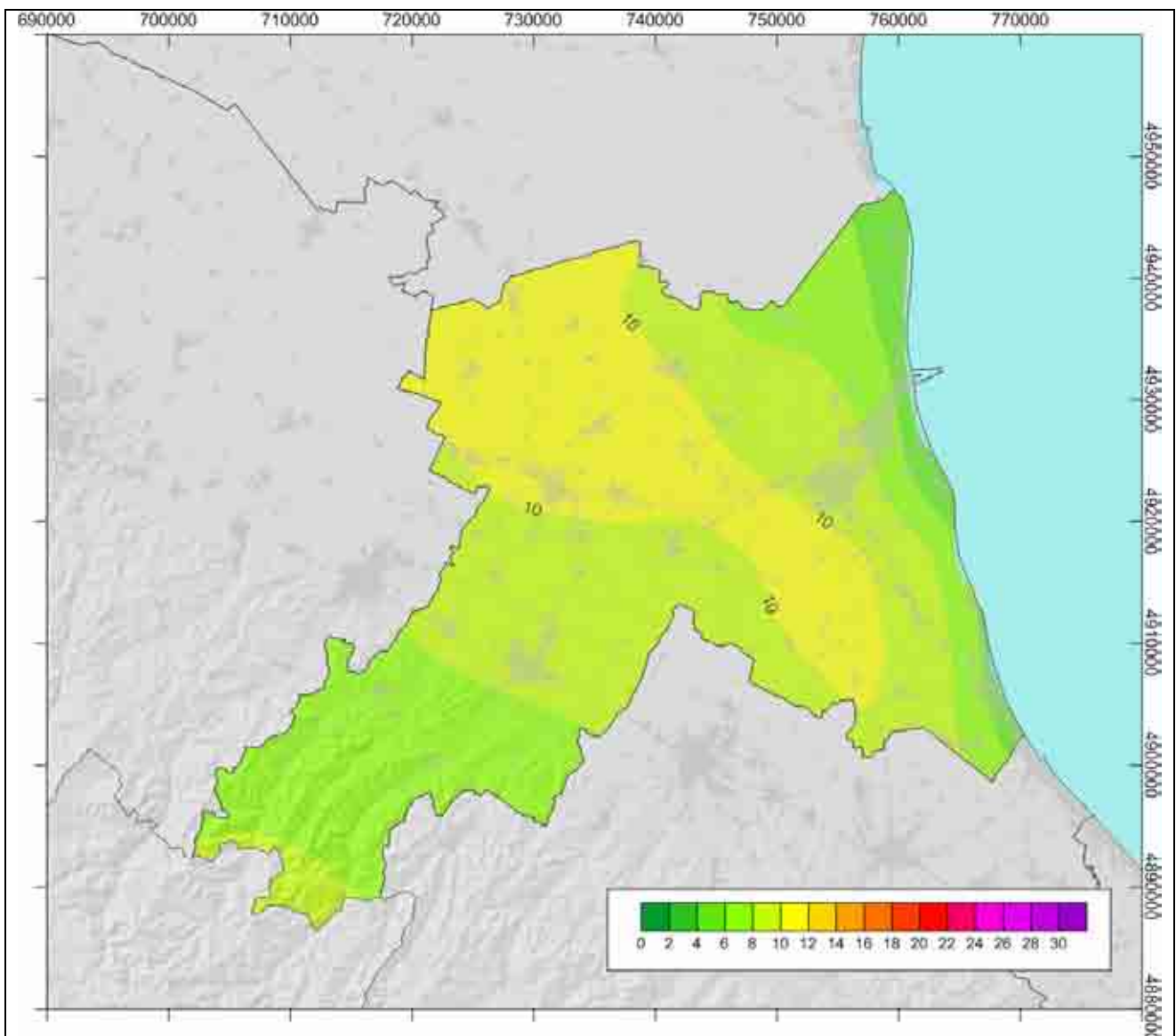


Fig.1.42 - Frequenza di inversione autunnale 2003-2009 (percentuale di ore)

TAB.1 - TABELLA CLIMATICA COMUNALE - PROVINCIA RAVENNA

COMUNE	Area km²	T_{med} '61-'90 °C	T_{med} '91-'08 °C	Variazione °C	Prec. '61-'90 mm	Prec. '91-'08 mm	Variazione mm
ALFONSINE	107,3	13,2	13,5	0,3	685	654	-31
BAGNACAVALLO	79,5	13,2	13,5	0,3	713	676	-37
BAGNARA	9,7	13,5	14,4	0,9	770	694	-76
BRISIGHELLA	194,9	12,1	13,1	1,0	885	876	-9
CASOLA VALSENO	84,2	11,4	12,4	1,0	947	941	-6
CASTELBOLOGNESE	32,5	13,5	14,4	0,9	785	775	-10
CERVIA	82,4	13,2	14,4	1,2	691	714	23
CONSELICE	59,8	13,4	14,1	0,7	734	696	-38
COTIGNOLA	35,3	13,5	14,4	0,9	753	690	-63
FAENZA	215,3	13,6	14,7	1,1	751	773	22
FUSIGNANO	24,7	13,2	13,4	0,2	717	663	-54
LUGO	117,5	13,3	13,8	0,5	741	668	-73
MASSALOMBARDA	38	13,5	14,3	0,8	768	729	-39
RAVENNA	658,1	13,2	14,1	0,9	650	706	56
RIOLO TERME	44,2	12,9	13,9	1,0	806	803	-3
RUSSI	46,4	13,4	14,2	0,8	693	754	61
S. AGATA SANTERNO	9,2	13,4	14,1	0,7	755	657	-98
SOLAROLO	26,2	13,6	14,6	1,0	769	749	-20

Media		13,2	14,0	0,8	756	734	-22
Max		13,6	14,7	1,2	947	941	61
Min		11,4	12,4	0,2	650	654	-98

Media Pianura		13,4	14,1	0,7	732	706	-25
Media Collina		12,1	13,1	1,0	879	873	-6

TAB.2 – STAZIONI TERMOPLUVIOMETRICHE - PROVINCIA RAVENNA

COMUNE	Località	Quota m	Coordinate UTM		Termo metro	Pluvio metro
			X	Y		
BRISIGHELLA	brisighella	115	721384	4900384	no	si
BRISIGHELLA	san cassiano	230	715256	4891883	si	si
CASOLA VALSENIO	casola valsenio	195	709415	4899904	no	si
CERVIA	cervia	2	764875	4907494	no	si
FAENZA	faenza	35	730270	4908274	si	si
FUSIGNANO	alfonsine	5	742064	4931142	si	si
LUGO	lugo	14	731930	4922397	no	si
RAVENNA	idrovofo fosso ghiaia	2	760213	4916308	no	si
RAVENNA	classe	2	758186	4918560	si	si
RAVENNA	ravenna	4	753521	4921370	no	si
RAVENNA	marina di ravenna	3	761103	4931647	no	si
RIOLO TERME	riolo terme	73	717402	4905941	no	si
RUSSI	san pancrazio	8	745858	4916142	no	si

RIFERIMENTI NORMATIVI

Con la Legge 13 luglio 1966, n. 615 “Provvedimenti contro l'inquinamento atmosferico”, la matrice aria è stata il primo tra i settori ambientali ad essere disciplinata da una legge quadro.

La legge 615/66, ed i successivi regolamenti di attuazione, hanno quindi dato avvio alla normativa in materia di inquinamento atmosferico, che fino ad allora faceva riferimento a norme degli anni 30 - 40 sulle immissioni di sostanze pericolose e sulle lavorazioni insalubri.

Un successivo decreto del 1971 (DPR 322 del 15/04/1971) imponeva che gli impianti industriali, che contribuivano all'inquinamento atmosferico, dovessero possedere sistemi di abbattimento degli inquinanti emessi, progettati e realizzati contemporaneamente agli stessi impianti. Ai Comuni ed alle Province era affidata la vigilanza e la verifica del rispetto dei limiti.

Il DPCM 28/03/1983, “Limiti massimi di accettabilità delle concentrazioni e di esposizione relativi ad inquinanti dell'aria ambiente esterno”, introduce nella legislazione nazionale gli “standard di qualità dell'aria”, valori basati su criteri di tutela igienico sanitaria ed indipendenti dalla fonte emissiva, il cui rispetto doveva essere garantito su tutto il territorio nazionale. Inoltre veniva sottolineato come l'inquinamento prodotto da tutte le sorgenti (traffico, impianti di riscaldamento, industrie,...), dovesse essere misurato in punti significativi per la valutazione dell'esposizione della popolazione.

Il DPR 203 del 1988 modificò alcuni dei limiti stabiliti dal DPCM del 1983 ed introdusse il concetto di “valore guida” di qualità dell'aria, inteso come limite destinato alla prevenzione a lungo termine in materia di salute e protezione dell'ambiente. Venivano quindi fissati valori limiti e valori guida di qualità dell'aria, su medio o lungo termine, per biossido di zolfo, biossido di azoto, monossido di carbonio, ozono (integrati successivamente anche con il DM 16/05/1996), polveri totali, piombo.

Il DM 12/11/1992 “Criteri generali per la prevenzione dell'inquinamento atmosferico nelle grandi zone urbane e disposizioni per il miglioramento della qualità dell'aria” (annullato dalla Corte Costituzionale con sentenza n. 113 del 31/03/1994) ed il DM 15/04/1994 “Norme tecniche in materia di livelli e di stati di attenzione e di allarme per gli inquinanti atmosferici nelle aree urbane”, introducono lo “stato di attenzione” e lo “stato di allarme”: La finalità di tali decreti era fornire, a fronte di episodi acuti di inquinamento atmosferico, criteri generali ed omogenei per la tutela sanitaria della popolazione ed il miglioramento della qualità dell'aria (ad es. i provvedimenti “antismog”).

Il quadro normativo in materia di inquinamento atmosferico era diventato – negli anni '90 - estremamente composito, con un numero elevato di norme non sempre fra loro coerenti tanto che, da più parti, veniva manifestata l'esigenza di una disciplina unitaria.

Il recepimento delle Direttive europee in materia di inquinamento atmosferico ha indirettamente risposto a tale bisogno.

La “Direttiva 96/62/CEE in materia di valutazione e di gestione della qualità dell'aria ambiente”, viene adottata in modo completo con il Decreto Legislativo 351 del 04/08/1999, (parziali recepimenti erano contenuti nel Decreto 27/03/98 “Mobilità sostenibile nelle aree urbane” e il DM 163 del 21/04/1999 “Regolamento recante norme per l'individuazione dei criteri ambientali e sanitari in base ai quali i sindaci adottano le misure di limitazione della circolazione”).

Il DLgs 351/99 si configura come un provvedimento programmatico, che definisce i principi base di una strategia per la qualità dell'aria, ed affronta il non facile compito di avviare un processo dinamico di adeguamento della normativa nazionale. Prevede l'aggiornamento della normativa nazionale, non solo relativamente ai nuovi valore limite e valori obiettivo, ma anche alla normativa tecnica, comprensiva degli strumenti della pianificazione: le reti di monitoraggio, gli inventari delle emissioni, gli strumenti di analisi e stima.

Il monitoraggio della qualità dell'aria subisce nuove modifiche con il DM 60 del 2002, il D. Lgs.183 del 2004, specifico per l'Ozono, e il D.Lgs 152/2007 per metalli pesanti e idrocarburi.

Il DM 60 del 2002 recepisce varie direttive europee che definiscono nuovi limiti per: biossido di zolfo, biossido di azoto, ossidi di azoto, polveri, piombo, benzene, monossido di carbonio. Con l'entrata in vigore del decreto per diversi inquinanti si aggiornano e fissano obiettivi qualità e il monitoraggio diventa, a tutti gli effetti, uno strumento indispensabile per attuare piani di risanamento e verificare se i limiti, da raggiungere con gradualità, possono rappresentare un obiettivo raggiungibile.

Il Decreto Lgs.183 del 2004, emanato in attuazione della Direttiva 2002/3/CE, fissa per l'ozono: i valori bersaglio per la protezione della salute umana e per la vegetazione, l'obiettivo a lungo termine, la soglia d'informazione e la soglia d'allarme. Vengono fornite, inoltre, indicazioni relative ai precursori dell'ozono ed introdotto il concetto di inquinamento transfrontaliero.

Il Decreto Lgs. 152 del 2007, emanato in attuazione della Direttiva 2004/107/CE, fissa valori obiettivi annuali per metalli pesanti - quali cadmio, arsenico, nichel - contenuti nelle polveri. La concentrazione di questi metalli, come quella degli Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA), deve essere misurata sulle PM10. Nel decreto vengono anche definiti metodi di riferimento ufficiali per la valutazione delle concentrazioni nell'aria ambiente e dei tassi di deposizione.

In particolare viene stabilito il metodo di riferimento per il campionamento e l'analisi del mercurio totale gassoso in aria.

E' però del 2010 l'ultima, sostanziale modifica del quadro normativo in materia di qualità dell'aria.

Tutta la precedente normativa è stata sostituita da una unica norma, il Decreto Lgs. del 13 agosto 2010, n.155 "Attuazione della direttiva 2008/50/CE relativa alla qualità dell'aria ambiente e per un'aria più pulita in Europa".

Tale decreto introduce nuovi strumenti che si pongono come obiettivo quello di contrastare più efficacemente l'inquinamento atmosferico; fornisce una metodologia di riferimento per la caratterizzazione delle zone (zonizzazione) e definisce i valori di riferimento che permettono una valutazione della qualità dell'aria, su base annuale, in relazione alle concentrazioni dei diversi inquinanti.

In particolare vengono definiti:

- *Valore Limite (VL)*: Livello che deve essere raggiunto entro un termine prestabilito e che *non deve essere successivamente superato*.
- *Valore Obiettivo*: Livello da conseguire, *ove possibile*, entro una data prestabilita.
- *Livello Critico*: Livello oltre il quale possono sussistere rischi o danni per ecosistemi e vegetazione, non per gli esseri umani
- *Margine di Tolleranza*: Percentuale del valore limite entro la quale è ammesso il superamento del VL
- *Soglia di Allarme*: Livello oltre il quale sussiste pericolo per la salute umana, il cui raggiungimento *impone di assicurare informazioni adeguate e tempestive*
- *Soglia di Informazione*: Livello oltre il quale sussiste pericolo per la salute umana per alcuni gruppi sensibili, il cui raggiungimento *impone di assicurare informazioni adeguate e tempestive*
- *Obiettivo a lungo termine*: Livello da raggiungere nel lungo periodo mediante misure proporzionate
- *Indicatore di esposizione media*: Livello da verificare sulla base di selezionate stazioni di fondo nazionali che riflette l'esposizione media della popolazione
- *Obbligo di concentrazione dell'esposizione*: Livello da raggiungere entro una data prestabilita
- *Obiettivo nazionale di riduzione dell'esposizione*: Riduzione percentuale dell'esposizione media rispetto ad un anno di riferimento, da raggiungere entro una data prestabilita.

Nelle tabelle che seguono sono riportati, per ogni inquinante, i valori limite e di riferimento contenuti nel DLgs 155/2010, presi come riferimento nell'elaborazione dei dati, anche storici, della rete di controllo dalla qualità dell'aria di Ravenna contenuti nell'Atlante.

INQUINANTE	PERIODO DI MEDIAZIONE	VALORE LIMITE	
Biossido di zolfo	Orario (non più di 24 volte all'anno)	350	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
	Giornaliero (non più di 3 volte all'anno)	125	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
Biossido di azoto	Orario (per non più di 18 volte all'anno)	200	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
	Annuo	40	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
Benzene	Annuo	5	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
Monossido di carbonio	Media max giornaliera su 8 ore	10	mg/m^3
Particolato PM 10	Giornaliero (non più di 35 volte all'anno)	50	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
	Annuo	40	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
Particolato PM 2.5	Annuo al 2015	25	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
Piombo	Anno	0.5	$\mu\text{g}/\text{m}^3$

Tabella 2.1 - Valori limite (Allegato XI DLgs 155/10)

INQUINANTE	PERIODO DI MEDIAZIONE	Livelli critici per la vegetazione	
Biossido di zolfo	Annuale	20	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
	Invernale (1 ott. - 31 mar.)	20	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
Ossidi di azoto (NOx)	Annuo	30	$\mu\text{g}/\text{m}^3$

Tabella 2.2 - Livelli critici per la vegetazione (Allegato XI DLgs 155/10)

INQUINANTE	PERIODO DI MEDIAZIONE	Soglia di Allarme	
Biossido di zolfo	Per 3 ore consecutive in una stazione con rappresentatività $> 100 \text{ km}^2$	500	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
Biossido di azoto	Per 3 ore consecutive in una stazione con rappresentatività $> 100 \text{ km}^2$	400	$\mu\text{g}/\text{m}^3$

 Tabella 2.3 - Soglie di allarme per inquinanti diversi dall'ozono (SO₂ e NO₂) [Allegato XII DLgs 155/2010]

Anche l'ozono – inquinante secondario che si forma, attraverso reazioni fotochimiche, a partire da inquinanti precursori (principalmente ossidi di azoto e composti organici volatili) in presenza della luce del sole – ha effetti sulla salute dell'uomo e sulla vegetazione. Il Decreto Legislativo n. 155/10, recependo quanto già contenuto in un precedente decreto (DLgs 183/04), mantiene in essere un sistema di sorveglianza dell'inquinamento da ozono in tutto il territorio nazionale, confermando *valori obiettivo, obiettivi a lungo termine, soglia di informazione e soglia di allarme* da perseguire secondo una tempistica stabilita. (Tabelle 2.4 – 2.5 e 2.6)

VALORI OBIETTIVO			
Finalità	Periodo di mediazione	Valore obiettivo (1.1.2010)	Data raggiungimento ⁽²⁾
Protezione della salute umana	Media su 8 ore massima giornaliera nell'arco di un anno civile	120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ da non superare per più di 25 giorni per anno civile come media su 3 anni	2013 (dati 2010 – 2012)
Protezione della vegetazione	AOT40 ⁽¹⁾ Calcolato sulla base dei valori orari da maggio a luglio	18000 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{h}$ come media su 5 anni	2015 (dati 2010 – 2014)
(1) AOT40 (espresso in $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{h}$) si intende la somma delle differenze tra le concentrazioni $> 80 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$ rilevate in un dato periodo di tempo, utilizzando solo i valori orari rilevati ogni giorno tra le 8:00 e le 20:00 (ora dell'Europa centrale). (2) Data entro la quale deve essere raggiunto il valore			

Tabella 2.4 – Valori obiettivo per l'ozono (Allegato VII D.Lgs. 155/2010)

OBIETTIVI A LUNGO TERMINE			
Finalità	Periodo di mediazione	Obiettivo a lungo termine	Data raggiungimento
Protezione della salute umana	Media su 8 ore massima giornaliera nell'arco di un anno civile	120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Non definito)
Protezione della vegetazione	AOT40 Calcolato sulla base dei valori orari da maggio a luglio	6000 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{h}$	Non definito

Tabella 2.5 – Obiettivi a lungo termine per l'ozono (Allegato VII D.Lgs. 155/2010)

Finalità	Periodo di mediazione	Soglia
Informazione	1 ora	180 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Allarme	1 ora ⁽¹⁾	240 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

⁽¹⁾ Per l'applicazione dell'art.10 comma 1, deve essere misurato o previsto un superamento per tre ore consecutive

Tabella 2.6 – Soglie di informazione e di allarme per l'ozono (Allegato XII D.Lgs. 155/2010)

Il DLgs 155/2010 fissa anche valori obiettivo (riportati in Tabella 2.7) per la concentrazione di arsenico, cadmio, nichel e benzo(a)pirene nell'aria ambiente per evitare, prevenire o ridurre gli effetti nocivi di tali inquinanti sulla salute umana e sull'ambiente nel suo complesso. Il valore obiettivo del benzo(a)pirene viene usato come *marker* per il rischio cancerogeno degli idrocarburi policiclici aromatici. La norma prevede che debbano essere adottate, nei limiti delle risorse disponibili, le misure che non comportino costi sproporzionati necessarie a perseguire il raggiungimento del valore obiettivo entro il 31 dicembre 2012, con priorità per quelle azioni che intervengono sulle principali fonti di emissione. Suggerisce inoltre, in un numero limitato di stazioni, di effettuare, contestualmente al benzo(a)pirene la misurazione delle concentrazioni nell'aria ambiente di benzo(a)antracene, benzo(b)fluorantene, benzo(j)fluorantene, benzo(k)fluorantene, indeno(1,2,3-cd)pirene e dibenzo(a,h)antracene, al fine di verificare la costanza dei rapporti nel tempo e nello spazio tra il benzo(a)pirene e gli altri idrocarburi policiclici aromatici di rilevanza tossicologica.

Inquinante	Parametro	Valori Obiettivo	Data raggiungimento⁽¹⁾
Arsenico	Tenore totale di ciascun inquinante presente nella frazione PM10 del materiale particolato, calcolato come media su un anno civile	6,0 ng/m^3	31.12.2012
Cadmio		5,0 ng/m^3	
Nichel		20,0 ng/m^3	
Benzo(a)pirene		1,0 ng/m^3	

(1) art.9 – comma 2 del Decreto

Tabella 2.7 –Valori obiettivo per arsenico, cadmio, nichel e benzo(a)pirene (Allegato XIII D.Lgs. 155/2010).

VALORI GUIDA DELL'ORGANIZZAZIONE MONDIALE DELLA SANITÀ (OMS)

Oltre ai valori limite contemplati dalla normativa, si richiamano le indicazioni redatte dall'Organizzazione Mondiale della Sanità. Nelle ultime pubblicazioni l'OMS (2006) riporta, per alcuni inquinanti, "valori guida di qualità dell'aria" che indicano i "livelli di concentrazione nell'aria degli inquinanti, associati a tempi di esposizione, al di sotto dei quali non sono attesi effetti avversi per la salute, secondo le evidenze scientifiche disponibili" (Tabella 2.8).

In particolare:

Sostanza	Valore guida	Tempo di mediazione
Inquinanti "convenzionali"		
NO₂	200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	1 ora
	40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Annuale
CO	100 mg/m^3	15 min
	60 mg/m^3	30 min
	30 mg/m^3	1 ora
	10 mg/m^3	8 ore
O₃	120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	8 ore
Inquinanti organici		
Toluene	260 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Media settimanale
Xileni	4800 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Media su 24 ore

Tabella 2.8- Valori guida della qualità dell'aria indicati dall'OMS

Sempre l'OMS per alcuni inquinanti atmosferici ad azione cancerogena (Tabella 2.9) fornisce invece un calcolo di *indice di rischio unitario* per la popolazione, associato alla loro presenza nell'aria. La stima dell'incremento di *rischio unitario (U.R.)* è intesa come il rischio addizionale di tumore che può verificarsi in una ipotetica popolazione nella quale tutti gli individui siano continuamente esposti, dalla nascita e per tutto l'intero tempo di vita, ad una concentrazione dell'agente di rischio nell'aria che essi respirano pari ad 1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Sostanza	Rischio unitario Indice di rischio/tempo di vita ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) ⁻¹
BENZENE	6×10^{-6}
IPA (BaP)	8.7×10^{-2}
NICHEL	3.8×10^{-4}
ARSENICO	1.5×10^{-3}
CROMO esavalente	$(1.1 \div 13) \times 10^{-2}$

Tabella 2.9 Indice di rischio unitario (OMS)

LA RETE DI MONITORAGGIO DELLA QUALITÀ DELL'ARIA A RAVENNA

INTRODUZIONE

Sotto la spinta dell'Amministrazione provinciale, la rete di monitoraggio della qualità dell'aria di Ravenna nasce nel 1972 con l'installazione da parte di ENEL di cinque stazioni (Cà Bosco, Fiumetto, Pantanella, Punta Marina, Rocca Brancaleone) per il monitoraggio in continuo di biossido di zolfo (SO₂) e di parametri meteorologici.

La richiesta della Provincia anticipa il contenuto di una legge del 1973 (legge 18 dicembre 1973, n. 880 – “ Localizzazione degli impianti per la produzione di energia elettrica”) che prevedrà, per le centrali termoelettriche, l'installazione di una rete di rilevamento chimico e meteorologico.

Successivamente la proprietà e la gestione della rete privata è stata condivisa con altre aziende del polo chimico consorziate.

La parte “pubblica” della rete entra in funzione nel 1975, finanziata dall'Amministrazione Provinciale e costituita da quattro stazioni (Lido Adriano, Lido di Savio, Stadio, Via Faentina).

Originariamente il controllo ambientale, su entrambe le reti, si basava sul rilevamento dell'anidride solforosa (o biossido di zolfo, SO₂). Considerato un buon tracciante dell'inquinamento industriale, in particolare da quello prodotto da un polo petrolchimico - si forma infatti principalmente dalla combustione del carbone, del petrolio e dei suoi derivati - era anche una sostanza inquinante emessa in grande quantità.

La rete era costituita da analizzatori automatici di tipo coulometrico, con calibrazione giornaliera, allocati in cabine di cemento con testa esterna di prelievo.

Presso due postazioni, inoltre, furono collocate due stazioni meteorologiche dotate di sensori di velocità e direzione del vento (ad altezza sinottica di 10 m.) e di temperatura e umidità relativa (ad 1,5 m dal suolo). Tutti gli analizzatori ed i sensori inviavano in continuo, via linea telefonica dedicata, i dati medi di ogni minuto al centro di calcolo (uno presso ANIC per le cabine ENEL/ANIC, uno presso il Laboratorio Provinciale di Igiene e Profilassi di Ravenna per le cabine della Provincia). Nei centri di calcolo operava un calcolatore Philips PH 501 che elaborava i dati in medie semiorarie e giornaliere, stampandoli successivamente su una telescrivente. Il sistema non prevedeva supporti di registrazione (tecnicamente ancora non disponibili), pertanto l'interruzione della linea telefonica o la caduta del collegamento al computer centrale comportava la perdita del dato. Per la gestione della rete fu costituito un apposito staff di tecnici specializzati che garantì continuità di monitoraggio ed una efficienza complessiva della rete superiore alla media nazionale. Inoltre, in collaborazione anche con Istituti di ricerca (FISBAT-CNR di Bologna, Centro di fotochimica CNR dell'Università di Ferrara) furono realizzati studi di ricerca, in particolare per l'analisi in continuo dell'inquinamento fotochimico, i cui risultati orientarono le scelte di politica ambientale del territorio ravennate.

Nel 1978 nella rete pubblica, e durante il 1979 in quella privata, vengono installati strumenti automatici per la rilevazione di altri inquinanti, quali ossidi di azoto, sostanze organiche (NMHC, CH₄), particolato e ozono. Si ha anche un adeguamento dei centri di calcolo che, nella nuova configurazione, permettono il flusso bidirezionale dei dati delle due reti.

A partire dai primi anni ottanta l'evoluzione della rete di monitoraggio nell'area ravennate è stata continua: le modifiche/integrazioni hanno riguardato sia il numero di stazioni di rilevamento presenti sul territorio sia la tipologia di inquinanti monitorati.

In questo processo di rinnovo possono essere individuati tre periodi durante i quali la rete ha mantenuto una certa stabilità: dal 1972 al 1988; dal 1989 al 1996 e dal 1997 al 2008.

Nel 2009 è stata completata l'ultima, sostanziale, ristrutturazione della rete pubblica a livello regionale.

EVOLUZIONE DELLA CONFIGURAZIONE DELLA RETE
1972 - 1988

In tabella 3.1 è indicata la configurazione della rete dal 1972 al 1988 sia in termini di stazioni di monitoraggio, sia di inquinanti monitorati. Vengono indicati anche gli anni di funzionamento dei vari strumenti nel periodo considerato. La mappa (figura 3.1) indica dove erano dislocate le stazioni di monitoraggio, distinguendo quelle facenti parte della rete pubblica da quelle della rete privata.

Stazioni		Inquinanti				
		SO ₂	NO _x	NO ₂	O ₃	PTS
Privata	Cà Bosco	1972-1988				
	Cà Pino	1976-1988				
	Fiumetto	1972-1988				
	Marina di Ravenna	1976-1988				
	Marina Romea	1976-1988				
	Pantanella	1972-1988	1979-1988			1979-1988
	Punta Marina	1972-1988	1978-1988			1978-1988
	Rocca Brancaleone	1972-1988				1980-1988
	Sant'Alberto	1976-1988				
	Argini	1973-1988				
Pubblica	Amga		1978-1986	1976-1988	1978-1988	
	Laboratorio	1978-1988	1978-1988			
	Lido Adriano	1975-1988				
	Lido di Savio	1975-1981				
	Stadio	1975-1988				
	Faentina	1975-1988				

Tabella 3.1 – Stazioni di monitoraggio operative dal 1972 al 1988

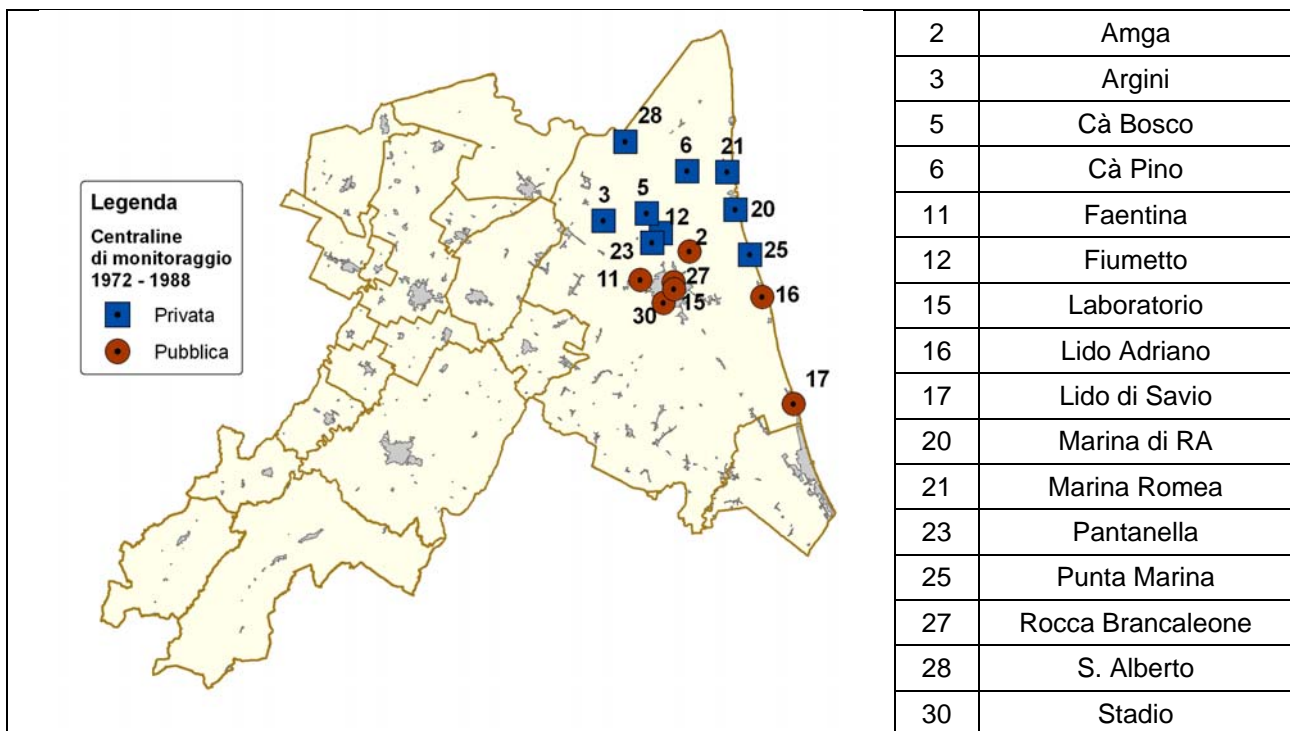


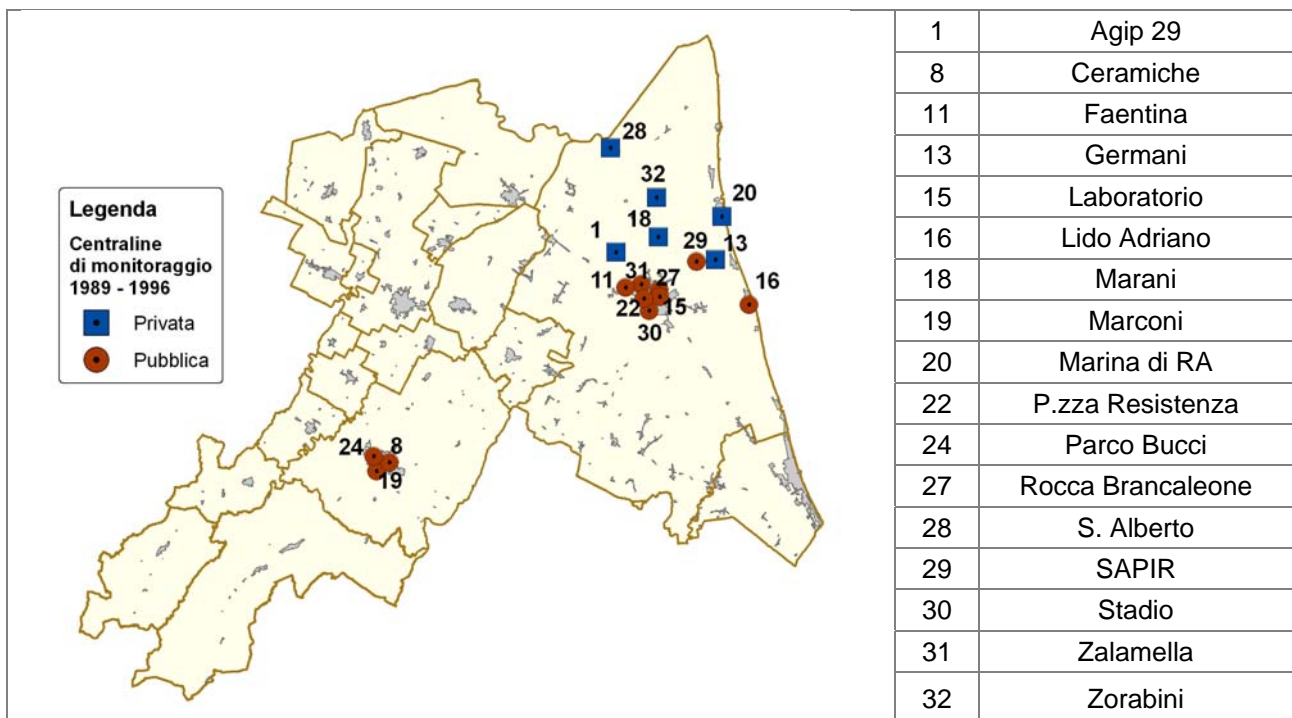
Figura 3.1 – Dislocazione delle stazioni di monitoraggio operative dal 1972 al 1988

1989 - 1996

Nel biennio 1988-1989 nella rete privata vengono dismesse sette stazioni (Cà Bosco, Cà Pino, Fiumetto, Marina Romea, Panzanella, Punta Marina, Via Argini) ed attivate quattro nuove (Agip 29, Marani, Germani, Zorabini) che si aggiungono alle tre rimaste (Marina di Ravenna, Rocca Brancaleone e Sant'Alberto), dove vengono monitorati SO₂ ed altre tipologie di inquinanti.

Anche la rete pubblica viene ulteriormente ampliata, con un incremento sia di stazioni sia di inquinanti monitorati (Tabella 3.2). In particolare, dal 1995 tre postazioni (Ceramiche, Marconi, Bucci) vengono installate a Faenza, quindi fuori dal territorio del Comune di Ravenna (Figura 3.2).

Stazioni		Inquinanti					
		SO ₂	NO _x	NO ₂	O ₃	PTS	CO
Privata	Agip29	1989-1996				1992-1996	
	Marani	1989-1993	1989-1996	1993-1996		1989-1996	
	Germani	1989-1996	1989-1996	1991-1996	1991-1996	1989-1996	
	Marina di Ravenna	1989-1996	1991-1996	1991-1996	1993-1996		
	Rocca Brancaleone	1989-1996				1989-1996	
	Sant'Alberto	1989-1996					
	Zorabini	1989-1996	1994-1996	1994-1996			
Pubblica	Amga			1989-1991	1989-1992		
	Laboratorio		1989	1990-1995			1990-1992
	Lido Adriano	1989-1996					
	Stadio			1995-1996			1995-1996
	Faentina	1989-1990					
	SAPIR			1991-1996	1991-1996	1991-1996	1992
	P.zza Resistenza	1990-1996	1995-1996	1991-1996	1991-1996	1991-1996	1991-1996
	Zalamella			1994-1996			1993-1996
	Ceramiche		1995-1996	1995-1996		1996	1995-1996
	Marconi		1995-1996	1995-1996			1995-1996
	Parco Bucci		1995-1996	1995-1996	1995-1996		1995-1996

Tabella 3.2 – Stazioni di monitoraggio operative dal 1989 al 1996

Figura 2 – Dislocazione delle stazioni di monitoraggio operative dal 1990 al 1996

1997 - 2008

Proseguendo il rinnovo della rete pubblica cominciato nel 1995, con l'installazione delle cabine di monitoraggio a Faenza, nel biennio 1997-1998 vengono dismesse cinque stazioni (Amga, Laboratorio, Lido Adriano, Lido di Savio, Via Faentina e P.zza Resistenza), in parallelo alla diminuzione del numero di strumenti per il rilevamento dell' SO_2 .

A metà degli anni novanta, infatti, la concentrazione misurata di questo inquinante era già decisamente diminuita e non raggiungeva più i valori critici dei decenni precedenti. Assumeva quindi rilevanza la misura anche di altri composti, come O_3 , NO_x e particolato (PTS), sia nelle zone circostanti l'area industriale sia in area urbana.

Nel 1997 la stazione Rocca Brancaleone passa dalla rete privata a quella pubblica.

Questa nuova configurazione della rete pubblica - sintetizzata in tabella 3.3 e mostrata in figura 3.3 - è rimasta più o meno invariata fino al 2008, quando è iniziato un aggiornamento della rete a livello regionale.

Stazioni		Inquinanti							
		SO2	NOx	NO2	O3	PTS	CO	PM10	PM2.5
Privata	Agip29	1997-2008				1997-2002		2002-2008	
	Marani		1997-2008	1997-2008		1997-2002		2002-2008	
	Germani	1997-2008	1997-2008	1997-2008	1997-2008	1997-2003		2003-2008	
	Marina di Ravenna	1997-2008	1997-2008	1997-2008	1997-2008				
	Sant'Alberto	1997-2008							
	Azienda Zorabini	1997-2008	1997-2008	1997-2008					
Pubblica	Stadio	1997-2008	2005-2008	1997-2008			1997-2008		
	SAPIR	1997-2008	2005-2008	1997-2008	1997-2008	1997-2001		2001-2008	
	P.zza Resistenza	1997-1998		1997-1998	1997-1999	1997-1999	1997-1999		
	Via Zalamella		1997-2008	1997-2008		1997-2003	1997-2008	1997-2008	
	Rocca Brancaleone	1997-2008	1997-2008	1997-2008	1997-2008	1997-1998	1997-2008	1997-2008	
	Caorle	1999-2001	1995-2008	1999-2008	1999-2008	1999-2000	1999-2008	2000-2008	
	V.le Randi							2001-2002	2003-2004
	Ceramiche	1997-2008	1997-2008	1997-2008		1996-2000	1997-2008	2000-2008	
	Marconi		1997-2008	1997-2008		1997-2002	1997-2008	2006-2008	
	Bucci		1997-2008	1997-2008	1997-2008		1997-2008		
	Cotignola	1998-2008				1998-2008		2001-2008	
	Ballirana		2008	2008	2008				2008

Tabella 3.3 – Stazioni di monitoraggio operative dal 1997 al 2008

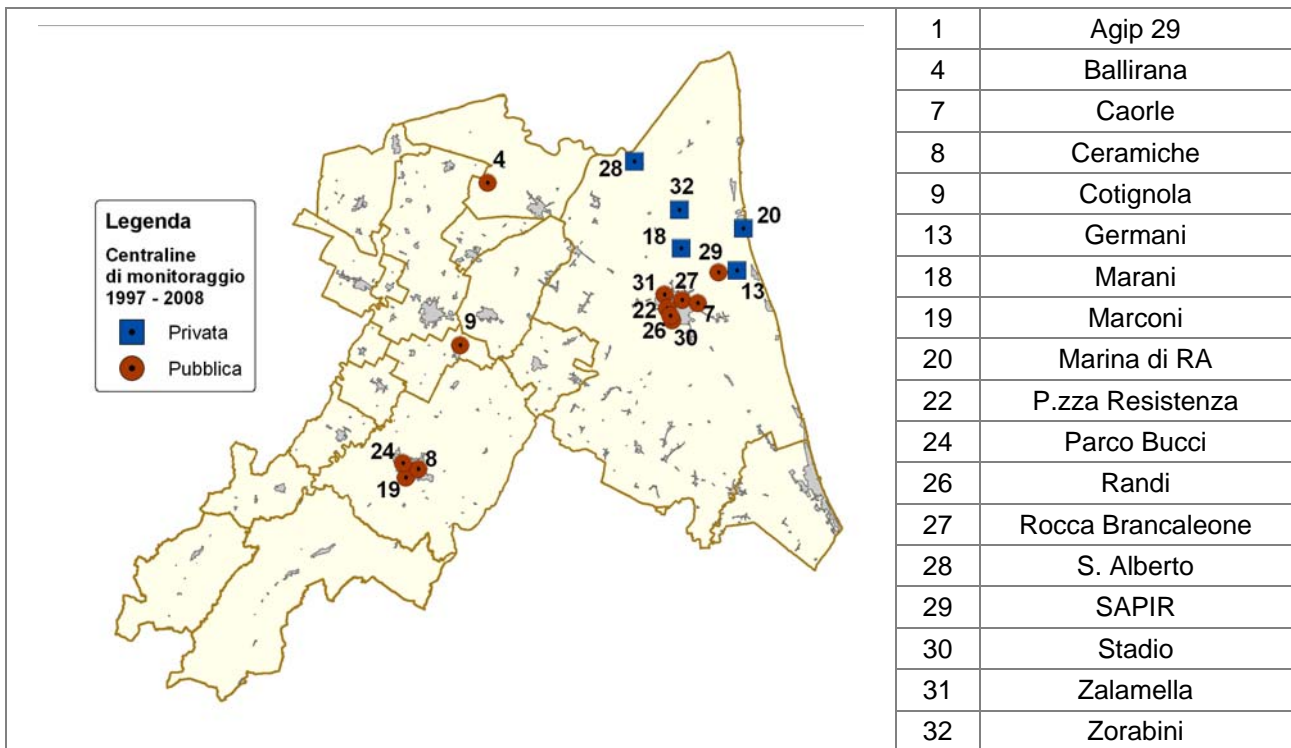


Figura 3.3 – Dislocazione delle stazioni di monitoraggio operative dal 1997 al 2008

2009 - 2010

Questa ultima riconfigurazione della rete di monitoraggio della qualità dell'aria si è resa necessaria, non solo a seguito dei nuovi criteri di posizionamento delle stazioni e dei vincoli introdotti dalla normativa in termini di efficienza ed efficacia della rete, ma anche per la necessità di dotarsi di strumenti funzionali alla valutazione dell'efficacia delle azioni previste nei piani di risanamento della qualità dell'aria.

La rete esistente era infatti quasi totalmente concentrata nelle aree urbane o in prossimità delle zone industriali; occorreva riprogettare il sistema di controllo e verifica per disporre di informazioni sull'intero territorio.

Inoltre, da una rete di tipo provinciale si passa ad una rete regionale: era quindi indispensabile una progettazione ed una realizzazione uniforme a livello regionale, in modo da dar luogo a valutazioni dei livelli di qualità dell'aria concordi e soggetti ad interpretazioni omogenee sul territorio regionale. I punti di campionamento destinati alla verifica del rispetto dei limiti per la protezione della salute umana devono essere ubicati in modo da fornire dati sia sulle aree dove si raggiungono i più elevati livelli a cui è probabile che la popolazione sia esposta per un periodo significativo, sia sulle altre zone, dove i livelli sono rappresentativi dell'esposizione della popolazione in generale.

I punti di campionamento destinati alla verifica del rispetto dei limiti per la protezione degli ecosistemi e/o della vegetazione vengono invece individuati in aree remote, con bassa densità abitativa, scarsa presenza di industrie e di fonti puntuali e/o diffuse di inquinamento; in territori dei comuni nei quali sono presenti aree di particolare interesse ambientale. In queste zone si applica prevalentemente un regime di mantenimento della qualità dell'aria ed i campionamenti devono essere in grado di fornire i livelli medi naturali di fondo.

Nella Provincia di Ravenna la configurazione a regime della rete pubblica di controllo della qualità dell'aria e la relativa dotazione strumentale è quella riportata in Tabella 4.

Rispetto alla configurazione precedente è stato privilegiato il presidio del controllo degli inquinanti critici per il territorio: ossidi di azoto, particolato (sia PM10 sia PM2.5) ed ozono.

Sono stati invece ridotti i punti di misura di monossido di carbonio e biossido di zolfo, inquinanti che ormai già da anni rispettano abbondantemente gli standard della qualità dell'aria e le cui concentrazioni sono spesso inferiori al limite di rilevabilità strumentale.

Nella stessa tabella 3.4 è indicata anche la configurazione della rete privata. Nel 2009 anche la rete privata ha subito alcune modifiche, con lo spostamento di due strumenti (l'SO₂ di Agip29 è stato posto a Marani e l'ozono di Germani è stato installato a Zorabini).

Rete / Stazione		Tipologia			Inquinanti misurati					
Privata	Germani	Industriale	Ind	X	X	X	-	-	X	-
	Marani	Industriale	Ind	X	-	X	-	-	X	-
	AGIP 29	Industriale	Ind	X	-	-	-	-	-	-
	Marina di RA	Industriale	Ind	-	-	X	-	-	X	X
	Zorabini	Industriale	Ind	-	-	X	-	-	X	X
	Sant'Alberto	Industriale	Ind	-	-	-	-	-	X	-
Pubblica	Ballirana	Fondo Rurale	FR	-	X	X	-	-	-	X
	Delta Cervia	Fondo Sub Urbano	FSubU	X	-	X	-	-	-	X
	Zalamella	Traffico Urbano	TU	X	-	X	X	X	-	-
	Caorle	Fondo Urb. Residenziale	FURes	X	-	X	-	-	X	-
	Giardini	Fondo Urbano	FU	X	X	X	-	-	-	X
	Rocca	Industriale Urbana	Ind-U	X	-	X	X	-	X	X
	SAPIR	Industriale	Ind	X	-	X	X	-	X	X
	Marconi	Traffico Urbano	TU	X	-	X	X	X	-	-
	Parco Bucci	Fondo Urbano	FU	X	X	X	-	-	-	X

Tabella 3.4 – Configurazione a regime (2009) della RRQA di Ravenna

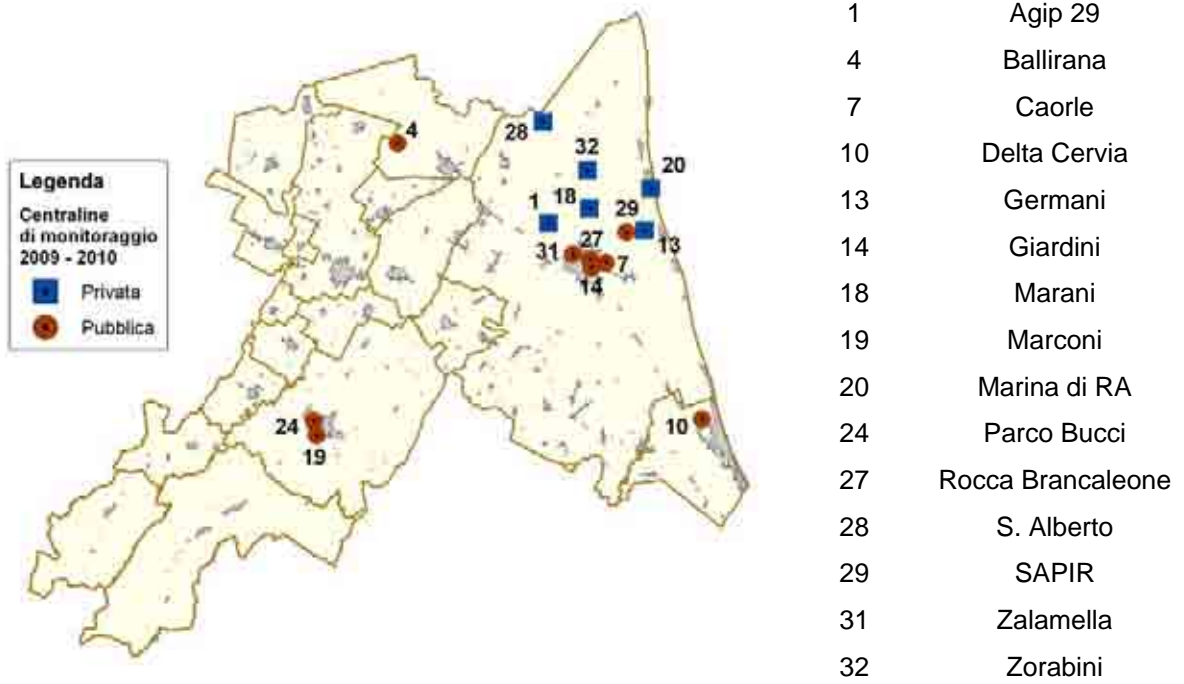


Figura 3.4– Dislocazione delle stazioni di monitoraggio operative dal 2009

SCHEDA INDICATORE 1: Biossido di zolfo(SO₂)

NOME DELL'INDICATORE	<i>Concentrazioni in aria di biossido di zolfo(SO₂)</i>	DPSIR	S
UNITA'DIMISURA	<i>microgrammi/metrocubo (µg/m³)</i>	FONTE	<i>Arpa-Sezione di Ravenna</i>
COPERTURA SPAZIALE DATI	<i>Provincia</i>	COPERTURA TEMPORALE DATI	<i>1972-2010</i>
AGGIORNAMENTO DATI	<i>Annuale</i>		
RIFERIMENTI NORMATIVI	<i>DLg.155/2010</i>		
METODI DI ELABORAZIONE DATI	<i>Medie orarie, annuali, percentili, valori massimi, conteggio superamenti relativamente alla stazione che, singolarmente per ciascuno degli anni considerati, ha presentato la media annua più elevata</i>		

DESCRIZIONE DELL'INDICATORE

L'indicatore evidenzia la concentrazione al suolo di biossido di zolfo.

Le principali sorgenti di SO₂ derivano dall'utilizzo di prodotti petroliferi ad alto contenuto di zolfo o carbone.

In particolare nell'area di Ravenna, dove era presente un importante polo industriale (due raffinerie: Sarom e Alma, due cementifici: Anic e Cementi Ravenna, tre centrali termoelettriche: Enel, Anic e Sarom, due impianti di produzione nerofumo: Cabot e Phillips Carbon Black e un inceneritore di rifiuti: Anic Tas), questo inquinante è risultato particolarmente critico fino ai primi anni '80.

In seguito, con la chiusura di diversi impianti, tra i quali la raffineria Sarom e la sostituzione dei combustibili tradizionali con il metano anche nei grandi impianti di produzione energia tali concentrazioni si sono ulteriormente ridotte.

Negli anni, quindi, la concentrazione in aria ambiente di questo inquinante è notevolmente diminuita raggiungendo valori decisamente bassi (attualmente spesso inferiori al limite di quantificazione strumentale) anche in prossimità della zona industriale.

SCOPO DELL'INDICATORE

Visualizzare le variazioni nelle concentrazioni di biossido di zolfo (SO₂) al suolo, considerando la situazione normativa, l'andamento medio annuale ed eventuali situazioni limite in riferimento alle concentrazioni massime rilevate.

SO₂ - GENERALITÀ ED EFFETTI SULL'AMBIENTE E SULL'UOMO

Generalità

Il biossido di zolfo (anidride solforosa, SO₂) è un gas incolore, irritante, non infiammabile, molto solubile in acqua e dall'odore pungente. Deriva dalla ossidazione dello zolfo nel corso dei processi di combustione delle sostanze che contengono questo elemento sia come impurezza (ad esempio i combustibili fossili) che come costituente fondamentale.

Essendo più pesante dell'aria tende a stratificarsi in basso.

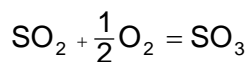
Il biossido di zolfo è il maggior responsabile, insieme al biossido di azoto, del fenomeno delle piogge acide.

Nell'ambiente esterno le emissioni di biossido di zolfo sono principalmente dovute ai processi industriali di combustione dei combustibili fossili (carbone, petrolio, gasolio). Sono rilevanti anche le emissioni dai processi di produzione dell'acido solforico, dalla lavorazione di molte materie plastiche, dalla desolforazione dei gas naturali, dall'arrostimento delle piriti e dall'incenerimento dei rifiuti.

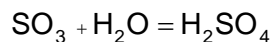
Fino a non molto tempo addietro il biossido di zolfo veniva usato come indicatore dell'inquinamento antropico, in particolare dell'inquinamento di origine industriale.

Reazioni caratteristiche a livello atmosferico

L'SO₂ è caratterizzato da una buona stabilità chimica in atmosfera, proprietà che gli consente di mantenersi in sospensione aerea anche per lunghi periodi. Le gocce di acqua presenti in atmosfera e la via fotolitica (anche se molto più lentamente) trasformano l'SO₂ in SO₃. (anidride solforica):



La conseguente idrolisi produce quindi H₂SO₄ (acido solforico):



che, in dispersione di aerosol acquoso, funge da assorbitore per ulteriori quantità di SO₂, sostanze basiche e tracce di metalli e cationi.

Effetti sull'ambiente e sull'uomo

Durante le giornate di pioggia, quando si ha il dilavamento dell'atmosfera, la ricaduta degli inquinanti derivanti dagli ossidi di zolfo è una delle componenti principali per la formazione delle "piogge acide" con i noti effetti negativi sulle forme di vita acquatiche, vegetali e sulla salute umana. Significative, inoltre, le conseguenze a livello urbanistico, con il danneggiamento degli edifici sia moderni che storici.

Anche per limitare gli effetti di questo fenomeno, un'apposita legislazione ha incentivato l'utilizzo di combustibili a più basso contenuto di zolfo (BTZ), se non addirittura assente (metano), imponendo, in alternativa, l'adozione di sistemi di abbattimento per limitare l'emissione di fluidi gassosi con alti contenuti di ossidi di zolfo.

Sull'uomo gli effetti a basse concentrazioni di biossido di zolfo sono principalmente legati a patologie dell'apparato respiratorio come bronchiti, asma e tracheiti ed alle irritazioni della pelle, degli occhi e delle mucose.

Esposizioni brevi ma ad alte concentrazioni possono provocare un aumento del ritmo respiratorio e del battito cardiaco, irritazioni agli occhi, naso e gola.

A livello della vegetazione si possono avere fenomeni di danni cronici, fino a danni acuti con distruzione del tessuto linfatico (necrosi).

Concentrazione di SO₂ ed effetti indicativi sull'uomo e sull'ambiente:
Principali effetti sull'uomo

livello di soglia di presenza avvertibile
 primi effetti sanitari
 fenomeni di broncocostrizione

Concentrazioni

0.3 ppm \cong 800 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
 1.0 ppm \cong 2660 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
 1.0 ppm \cong 2660 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Principali effetti sulla vegetazione

livello di soglia inizio danni
 livello danni cronici vegetazione sensibile
 livello di necrosi

0.15 ppm \cong 400 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
 0.3 ppm \cong 800 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
 1.2 ppm \cong 3200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Conc. Troposferica Media

0.2 ppb \cong 0.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

LIVELLI FISSATI DAL DLVO 155/2010 E VALORI GUIDA OMS

Per il biossido di zolfo il DLvo 155/2010 prevede valori limite, livelli critici per la protezione della vegetazione e soglie di allarme. In particolare:

SO ₂	Periodo di mediazione	Valore limite
Valori limite	1 ora	350 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ da non superare più di 24 volte per anno civile
	1 giorno	125 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ da non superare più di 3 volte per anno civile

SO ₂	Livello critico annuale (anno civile)	Livello critico invernale (1° ottobre – 31 marzo)
Livelli critici per la protezione della vegetazione	20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

SO ₂	Soglia di allarme ⁽¹⁾
⁽¹⁾ Le soglie di allarme devono essere misurate su tre ore consecutive presso siti fissi di campionamento aventi area di rappresentatività di almeno 100 km ² oppure pari all'estensione dell'intera zona o dell'intero agglomerato se tale zona o agglomerato sono meno estesi.	500 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

I VALORI GUIDA PREVISTI DALL'OMS

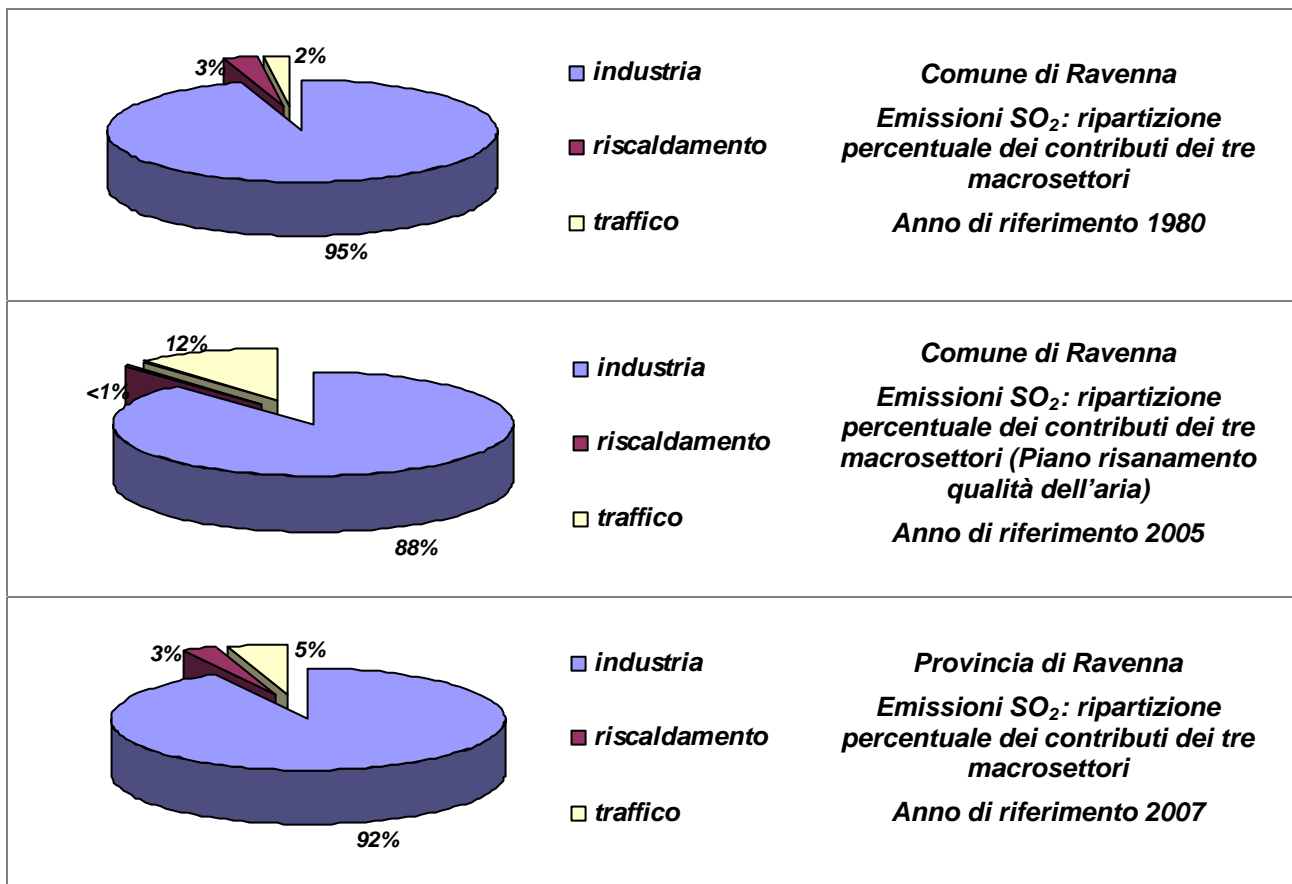
SO ₂	Periodo di mediazione	Valore guida
Valori guida OMS (2006)	Media 10 minuti	500 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
	Media 24 ore	20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

SO₂ – EVOLUZIONE DEI FATTORI DI PRESSIONE SUL TERRITORIO

Secondo valutazioni effettuate negli anni ottanta (“Analisi e gestione della qualità dell’aria a Ravenna” a cura di F. Fortezza e V. Strocchi - PMP dell’USL N°35), il 95% degli ossidi di zolfo emessi in quegli anni nel territorio ravennate (area urbana e zona industriale) erano da imputarsi alle attività industriali, di queste circa il 70% derivavano dalla presenza delle centrali termoelettriche di ENEL e ANIC.

L’emissione complessiva del macrosettore industriale nella sola Ravenna era di un ordine di grandezza superiore a quella che le stime più recenti (2007) valutano per l’intera Provincia (≈ 5000 t/a).

L’inventario regionale 2007, elaborato da Arpa - Regione, indica che – in Provincia di Ravenna - ai tre macrosettori industria, traffico veicolare e riscaldamento domestico è attribuibile l’80% delle emissioni provinciali di ossidi di zolfo. Il contributo maggiore è dato dall’industria (92%).



MONITORAGGIO DELL'INQUINANTE IN PROVINCIA DI RAVENNA
STAZIONE E TIPOLOGIA

STAZIONE	TIPOLOGIA	
Agip29	Industriale / Rurale	<i>Ind_Ru</i>
Argini	Industriale / Rurale	<i>Ind_Ru</i>
Cà Bosco	Industriale / Rurale	<i>Ind_Ru</i>
Cà Pino	Industriale / Rurale	<i>Ind_Ru</i>
Caorle	Fondo Urbano Residenziale	<i>FU_Res</i>
Ceramiche	Traffico Urbano	<i>TU</i>
Cotignola	Industriale / Sub Urbano	<i>Ind_SubU</i>
Faentina	Traffico Urbano	<i>TU</i>
Fiumetto	Industriale / Rurale	<i>Ind_Ru</i>
Germani	Industriale / Fondo sub urbano	<i>Ind_FSubU</i>
Laboratorio	Fondo Urbano Residenziale	<i>FU_Res</i>
Lido Adriano	Fondo Sub-Urbano	<i>FSubU</i>
Lido diSavio	Fondo Sub-Urbano	<i>FSubU</i>
Marani	Industriale / Sub Urbano	<i>Ind_SubU</i>
Marina di Ravenna	Industriale / Sub Urbano	<i>Ind_SubU</i>
Marina Romea	Industriale / Sub Urbano	<i>Ind_SubU</i>
Pantanella	Industriale / Rurale	<i>Ind_Ru</i>
Piazza Resistenza	Traffico Urbano	<i>TU</i>
Punta Marina	Fondo Sub-Urbano	<i>FSubU</i>
Rocca Brancaleone	Traffico / Fondo Urbano Residenziale	<i>T_FU_Res</i>
Sant'Alberto	Industriale / Sub Urbano	<i>Ind_SubU</i>
SAPIR	Industriale	<i>Ind</i>
Stadio	Fondo urbano Residenziale	<i>FU_Res</i>
Zorabini	Industriale / Rurale	<i>Ind_Ru</i>

Tabella 1.1: Stazioni in cui è stato monitorato il biossido di zolfo e tipologia

PERIODO DI MONITORAGGIO NELLE DIVERSE POSTAZIONI ED EFFICIENZA PERCENTUALE(%)

		Pantanello	Sant'Alberto	Cà Bosco	Cà Pino	Fiumetto	Marina di Ravenna	Marina Romea	Rocca Brancaleone	Laboratorio	Stadio	Punta Marina	Via Argini	Faentina	Lido Adriano	Lido di Savio
1972-1988	1972	10		15		16			10			16				
	1973	64		62		69			64			46	47			
	1974	70		56		66			75			60	67			
	1975	22		20		25			24		25	13	22	32	15	18
	1976	36	39	35	31	28	32	49	43		45	25	40	57	41	29
	1977	28	22	30	39	29	37	38	32		24	23	34	59	37	35
	1978	6	7	7	8	8	7	10	7	4	25	5	8	22	12	17
	1979	42	42	40	43	41	41	52	29	67	54	36	43	80	40	20
	1980	73	68	78	88	75	76	86	78	61	43	64	79	64	41	52
	1981	77	72	73	78	68	72	91	79	80	66	70	80	79	60	28
	1982	77	61	72	60	68	76	80	78	76	64	60	72	77	78	
	1983	52	64	64	63	73	68	77	57	30	39	60	64	30	43	
	1984	75	76	56	70	78	69	89	69	68	58	68	77		82	
	1985	78	71	67	80	79	75	86	66	76	53	42	76	64	64	
	1986	65	75	62	71	76	68	84	57	49	45	40	75	79	55	
1987	81	79	59	74	61	78	90	55	49	61	78	76	48	52		
1988	32	35	23	28	8	38	43	19	12	51	27	14	41	37		
		Agip 29	Sant'Alberto	Azienda Marani	Azienda Zorabini	Germani	Marina di Ravenna	SAPIR	Rocca Brancaleone	Laboratorio	Stadio	Piazza Resistenza	Ceramiche	Faentina	Lido Adriano	
1989-1996	1989	79	81	87	79	93	90		87		18			38	27	
	1990	86	87	92	13	91	92		87	41	71	11		19	15	
	1991	74	38	88	27	81	85	56	83	78	95	85			37	
	1992	74	86	91		92	92	95	95	7	85	100			98	
	1993	92	88	84		94	92	88	89	46	85	99			87	
	1994	96	96		63	96	96	91	88	84	91	98			90	
	1995	96	96		95	96	93	97	74	91	83	96	26		85	
	1996	96	96		96	96	94	74	72	66	98	100	98		59	

		Agip 29	Sant'Alberto		Azienda Zorabini	Germani	Marina di Ravenna	SAPIR	Rocca Brancaleone	Caorle	Stadio	Piazza Resistenza	Ceramiche	Cotignola		
1997-2008	1997	95	96		96	96	96	38	84		81	91	95			
	1998	96	95		96	96	96	91	87		94	97	92	53		
	1999	96	96		96	96	96	99	94	80	98		95	99		
	2000	96	95		95	96	96	95	100	98	98		94	100		
	2001	96	94		95	96	96	94	92		98		94	96		
	2002	95	94		94	95	95	96	91		93		95	80		
	2003	94	96		94	95	94	93	95		99		96	96		
	2004	96	96		96	96	96	95	94		95		95	94		
	2005	84	85		85	84	85	52	87		92		90	83		
	2006	96	96		95	96	96	99	97		99		100	100		
	2007	95	95		96	95	96	94	96		99		100	98		
2008	99	99		99	99	90	94	99		44		49	76			
		Agip 29	Sant'Alberto	Azienda Marani	Azienda Zorabini	Germani	Marina di Ravenna	SAPIR	Rocca Brancaleone	Caorle						
2009-2010	2009	79	91	17	98	99	91	99	91	91						
	2010		99	100	100	99	70	99	98	99						

Legenda:

efficienza percentuale > 75%
 efficienza percentuale < 75%
 Analizzatore non installato

Tabella 1.2: Biossido di zolfo – Periodo di monitoraggio del biossido di zolfo nelle diverse postazioni ed efficienza percentuale annuale di campionamento

GRAFICI E TABELLE

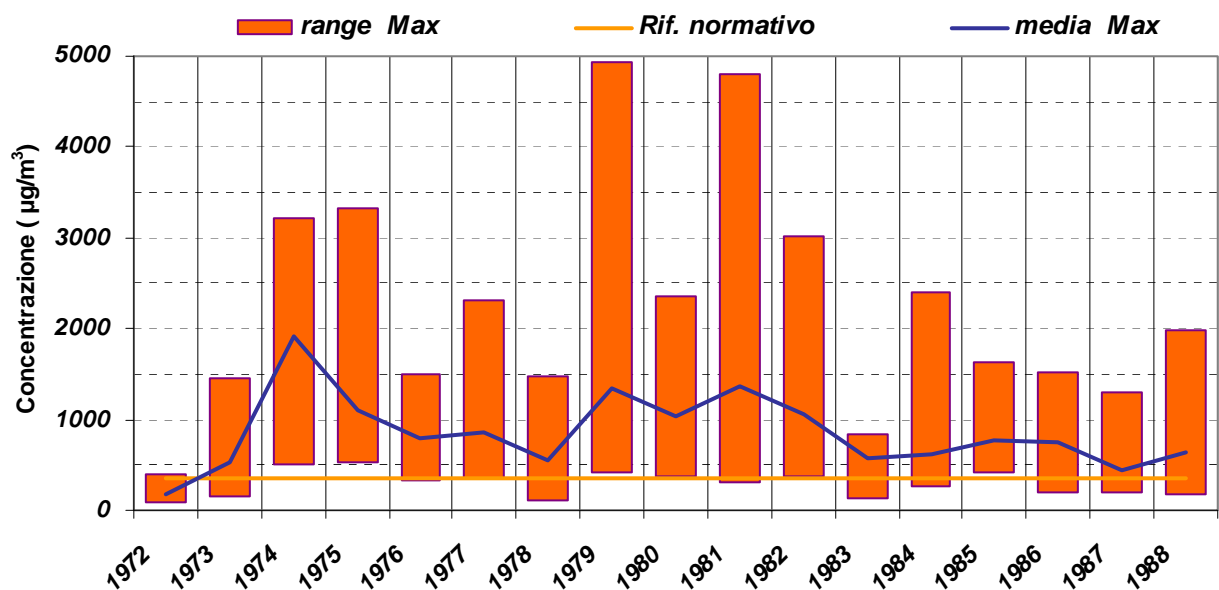
1972 - 1988

Nel periodo 1972 – 1988 il biossido di zolfo è stato monitorato in 15 postazioni. L'efficienza delle rilevazioni è in alcuni casi molto scarsa. Solo a partire dagli anni 80 il monitoraggio ha una continuità temporale che consente di calcolare alcuni parametri statistici.

	Pantanello	Sant'Alberto	Cà Bosco	Cà Pino	Fiumetto	Marina di Ravenna	Marina Romea	Rocca Brancaleone	Laboratorio	Stadio	Punta Marina	Via Argini	Faentina	Lido Adriano	Lido di Savio
1972^(a)	83		93		81			400			263				
1973^(a)	812		1461		163			411			411	225			
1974	2968		496		2112			1999			672	3209			
1975	1344		865		3322			536		529	608	600	799	1530	799
1976	766	713	1503	446	482	1209	604	410		728	327	778	817	1216	1048
1977	456	423	1838	735	353	1185	2323	580		1205	358	451	867	456	844
1978	120	281	574	390	245	1153	364	229	626	254	318	398	1192	1475	713
1979	892	2217	415	1308	502	2435	469	460	1036	4944	878	2504	563	990	652
1980	546	1748	584	951	813	2353	1354	606	924	617	1159	970	364	1199	1449
1981	1230	2621	761	1547	2051	1307	1011	613	689	4806	746	602	1104	303	1239
1982	1978	3013	711	941	1339	1208	858	810	1491	485	405	445	844	367	
1983	542	838	830	647	325	705	516	354	781	309	666	757	136	731	
1984	341	270	406	396	734	396	1103	401	2400	453	403	307		519	
1985	430	684	608	479	776	521	639	1305	419	679	1630	1064	872	700	
1986	1119	833	456	257	886	1289	1514	500	351	189	786	846	377	1024	
1987	307	1310	367	338	343	652	406	409	280	194	356	338	322	576	
1988	233	372	351	390	181	1009	244	309	1582	791	781	343	411	1983	

 Tabella 1.3: Concentrazioni massime orarie di biossido di zolfo [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]

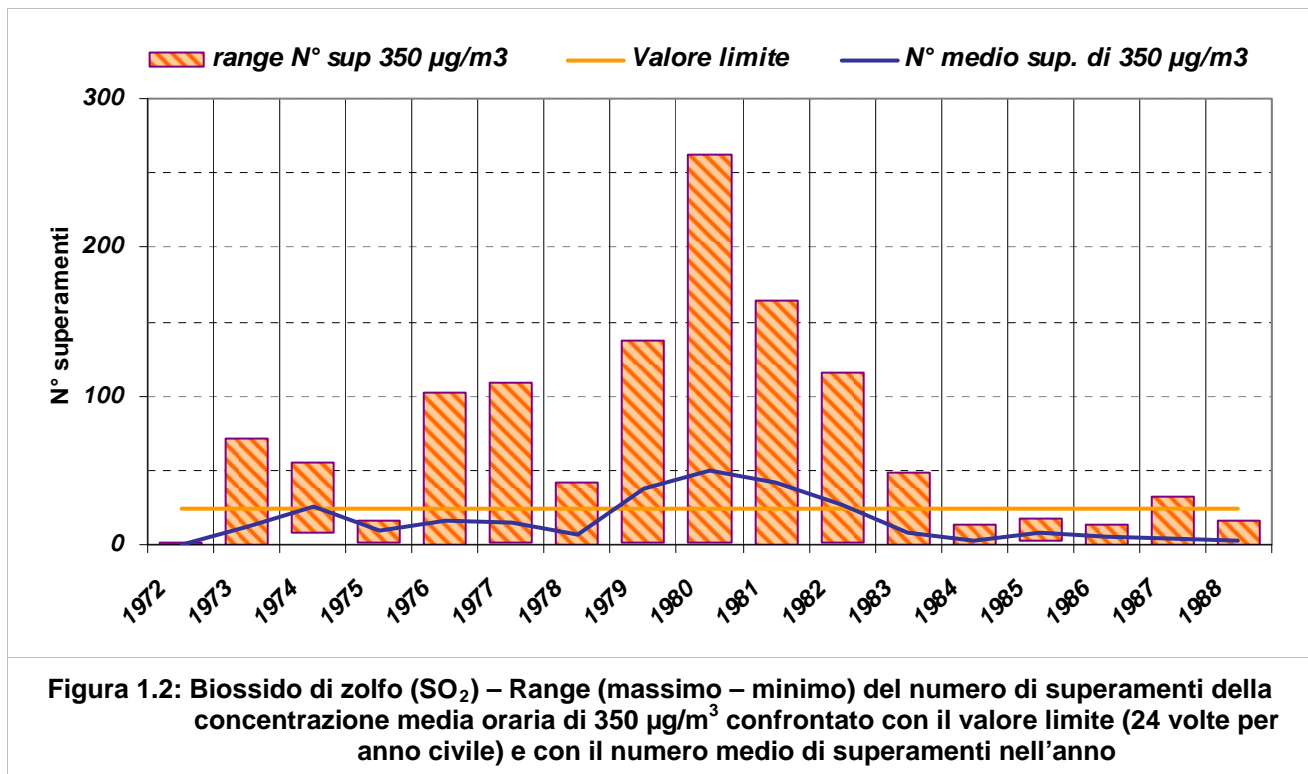
(a) I massimi rilevati si riferiscono a dati giornalieri


 Figura 1.1: Biossido di zolfo (SO_2) – Valori massimi orari

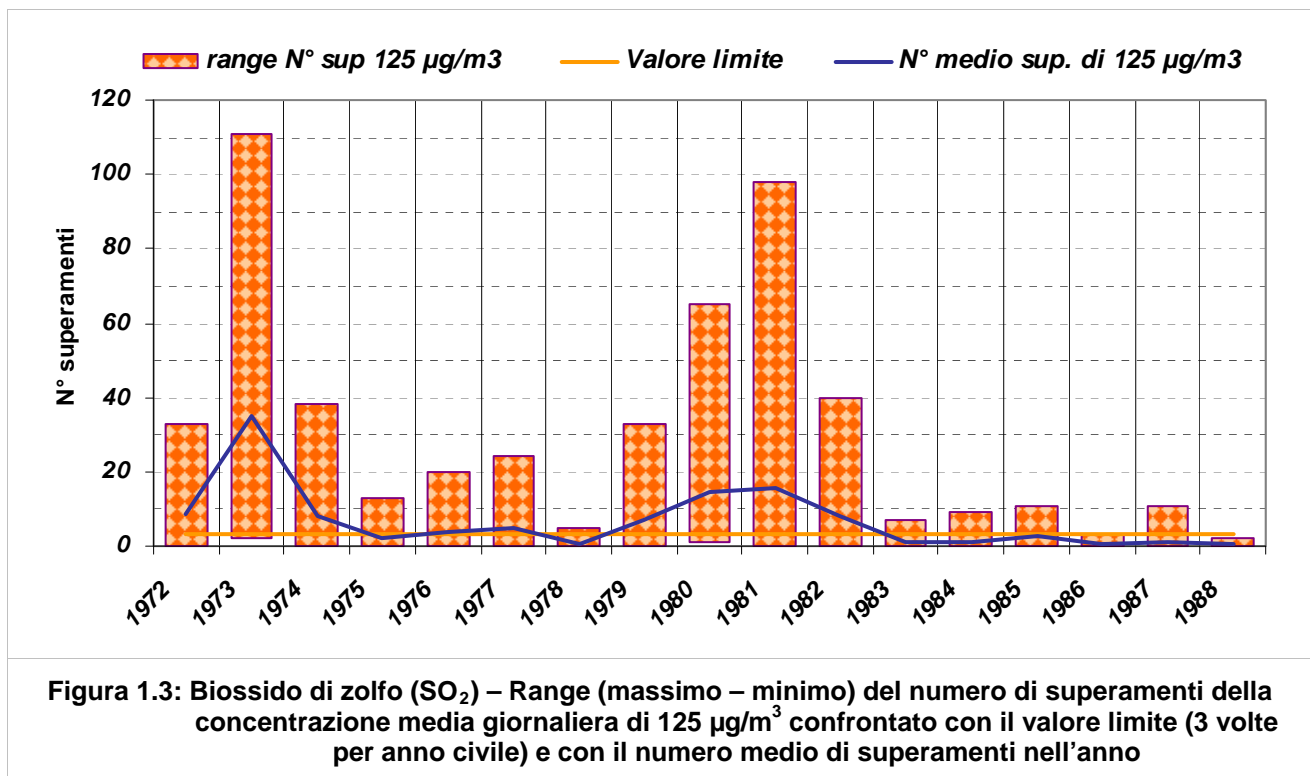
	Pantanello	Sant'Alberto	Cà Bosco	Cà Pino	Fiumetto	Marina di Ravenna	Marina Romea	Rocca Brancaleone	Laboratorio	Stadio	Punta Marina	Via Argini	Faentina	Lido Adriano	Lido di Savio	
1972 - 1988	1972 ^(a)	0		0		0		2			0					
	1973 ^(a)	1		71		0		4			0	0				
	1974	52		14		9		55			8	19				
	1975	16		7		14		10		5	1	4	8	10	13	
	1976	24	9	23	1	6	102	6	1		7	0	7	9	8	17
	1977	4	1	6	16	1	109	5	7		24	1	2	12	3	13
	1978	0	0	1	1	0	15	2	0	3	0	0	1	42	37	5
	1979	25	103	5	19	2	121	3	8	137	11	45	37	15	19	13
	1980	29	49	13	48	8	262	57	26	172	13	24	17	1	22	5
	1981	38	19	15	80	16	164	21	35	162	15	15	17	14	0	12
	1982	45	69	9	20	5	116	11	21	59	4	2	3	8	2	
	1983	4	4	48	5	0	19	6	1	10	0	4	2	0	9	
	1984	0	0	1	1	7	2	5	1	10	13	2	0		1	
	1985	4	8	9	3	9	4	7	16	5	11	4	17	5	13	
	1986	13	4	5	0	9	13	6	5	1	0	3	11	1	4	
	1987	0	5	1	0	0	7	2	1	0	0	1	0	0	32	
	1988	0	1	1	3	0	2	0	0	16	5	2	0	1	10	

 Tabella 1.4: Numero di superamenti della concentrazione media oraria di $350 \mu\text{g}/\text{m}^3$ [Numero]

(a) I superamenti rilevati si riferiscono a dati giornalieri



		Pantanello	Sant'Alberto	CàBosco	CàPino	Fiumetto	MarinadiRavenna	MarinaRomea	RoccaBrancaleone	Laboratorio	Stadio	PuntaMarina	ViaArgini	Faentina	LidoAdriano	LidodiSavio
1972 - 1988	1972	0		0		0			33			9				
	1973	4		111		10			67			2	15			
	1974	8		1		2			38			0	1			
	1975	0		1		3			13		1	0	0	1	0	0
	1976	1	0	3	0	0	1	20	13		6	0	2	2	1	0
	1977	1	0	1	5	0	7	24	15		0	0	4	6	4	2
	1978	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	5	0
	1979	2	8	0	0	2	1	20	9	33	3	1	4	14	3	5
	1980	6	14	4	11	4	12	65	33	38	3	2	7	8	12	1
	1981	3	6	0	14	1	3	36	43	98	8	2	5	6	3	3
	1982	4	6	1	6	2	4	30	15	40	4	0	0	1	2	
	1983	1	1	2	0	0	0	7	1	5	0	0	0	0	1	
	1984	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	0	0		4	
	1985	0	0	1	0	0	0	0	9	10	11	1	1	0	2	
	1986	1	0	0	2	0	1	3	3	0	0	1	0	0	0	
	1987	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	2	11	
	1988	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	0	0	0	1	

 Tabella 1.5: Numero di superamenti della concentrazione media giornaliera di $125 \mu\text{g}/\text{m}^3$ [Numero]


	Pantanella	Sant'Alberto	CàBosco	CàPino	Fiumetto	MarinadiRavenna	MarinaRomea	RoccaBrancaleone	Laboratorio	Stadio	PuntaMarina	ViaArgini	Faentina	LidoAdriano	LidodiSavio	
1972 - 1988	1972	34	16	47	194	91										
	1973	46	259	46	96	47	15									
	1974	52	14	9	55	8	19									
	1975	16	7	14	10	5	1	4	8	10	13					
	1976	24	9	23	1	6	6	102	1	7	0	7	9	8	17	
	1977	4	1	6	16	1	5	109	7	24	1	2	12	3	13	
	1978	0	0	1	1	0	2	15	0	3	0	0	1	42	37	5
	1979	25	103	5	19	2	3	121	8	137	11	45	37	15	19	13
	1980	29	49	13	48	8	57	262	26	172	13	24	17	1	22	5
	1981	38	19	15	80	16	21	164	35	162	15	15	17	14	0	12
	1982	45	69	9	20	5	11	116	21	59	4	2	3	8	2	
	1983	4	4	48	5	0	6	19	1	10	0	4	2	0	9	
	1984	0	0	1	1	7	5	2	1	10	13	2	0		1	
	1985	4	8	9	3	9	7	4	16	5	11	4	17	5	13	
	1986	13	4	5	0	9	6	13	5	1	0	3	11	1	4	
	1987	0	5	1	0	0	2	7	1	0	0	1	0	0	32	
	1988	0	1	1	3	0	0	2	0	16	5	2	0	1	10	

Tabella 1.6: Concentrazione media annuale [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] per la verifica del rispetto del livello critico per la protezione della vegetazione ($20 \mu\text{g}/\text{m}^3$)

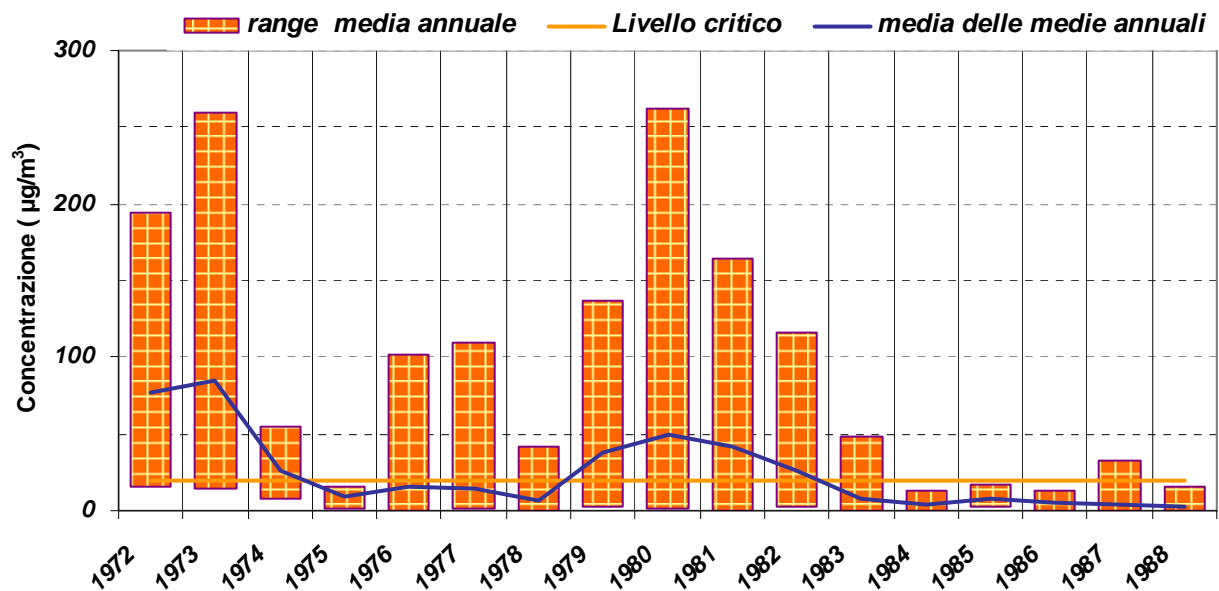
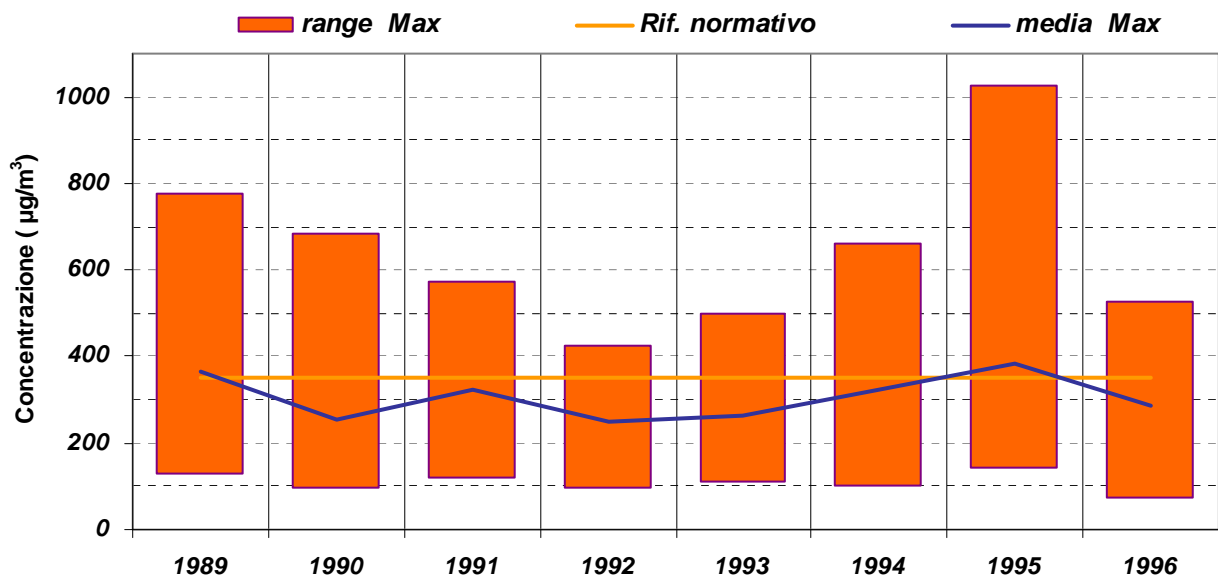


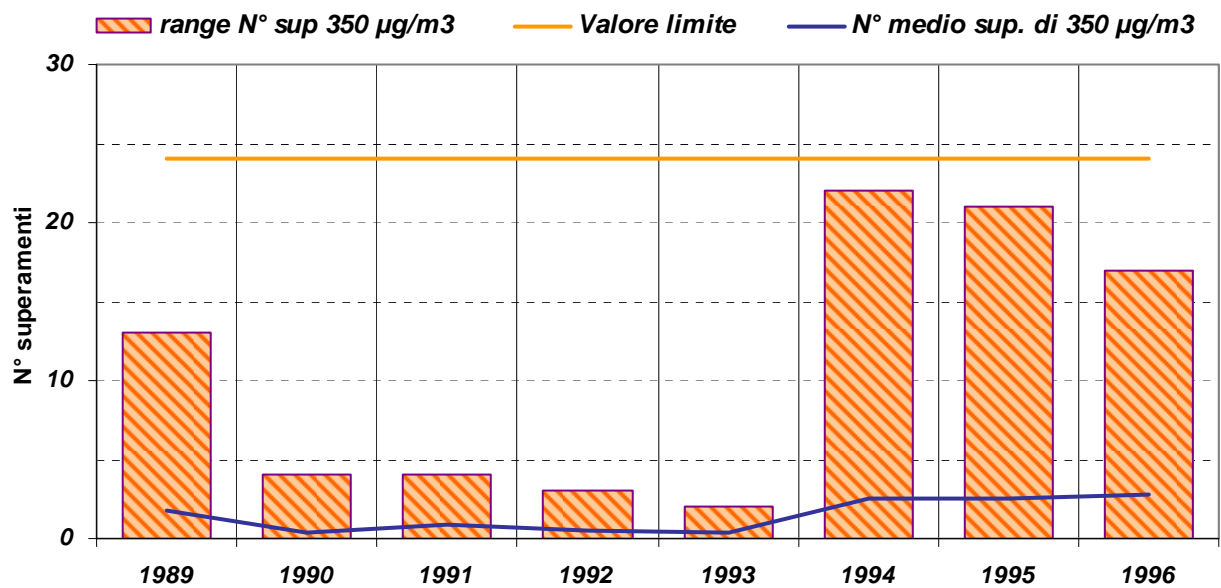
Figura 1.4: Biossido di zolfo (SO_2) – Range (massimo – minimo) della concentrazione media annuale, confrontato con il livello critico ($20 \mu\text{g}/\text{m}^3$) e con la media delle medie annuali

1989 - 1996

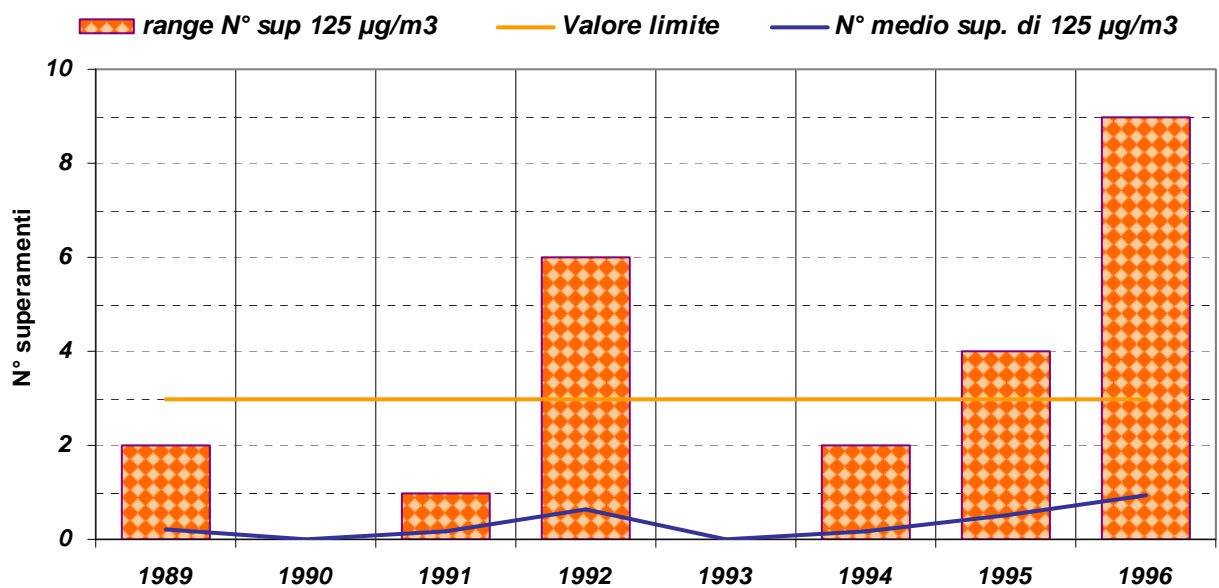
		Agip29	Sant'Alberto	Azienda Marani	Azienda Zorabini	Germani	Marina di Ravenna	SAPIR	Rocca Brancaleone	Laboratorio	Stadio	Piazza Resistenza	Ceramiche	Faentina	Lido Adriano
1989-1996	1989	375	146	131	308	196	399		374		401			534	776
	1990	296	201	281	213	207	682		309	175	178	97		202	197
	1991	131	120	282	338	219	473	573	167	467	483	356			251
	1992	427	96	146		228	200	366	243	95	231	356			372
	1993	111	130	294		294	386	499	261	159	192	354			227
	1994	280	178		408	323	662	322	207	100	317	369			406
	1995	148	168		488	377	1014	414	230	190	183	204	144		102 4
	1996	192	192		392	377	514	527	211	170	258	220	76		290

 Tabella 1.7: Concentrazioni massime orarie di biossido di zolfo [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]

 Figura 1.5: Biossido di zolfo (SO₂) – Valori massimi orari

		Agip29	Sant'Alberto	Azienda Marani	Azienda Zorabini	Germani	Marina di Ravenna	SAPIR	Rocca Brancaleone	Laboratorio	Stadio	Piazza Resistenza	Ceramiche	Faentina	Lido Adriano
1989-1996	1989	1	0	0	0	0	1		1		1			1	13
	1990	0	0	0	0	0	4		0	0	0	0		0	0
	1991	0	0	0	0	0	2	4	0	2	1	1			0
	1992	1	0	0		0	0	3	0	0	0	1			1
	1993	0	0	0		0	1	2	0	0	0	1			0
	1994	0	0		3	0	22	0	0	0	0	1			2
	1995	0	0		2	1	21	5	0	0	0	0	0		1
	1996	0	0		1	2	17	14	0	0	0	0	0		0

 Tabella 1.8: Numero di superamenti della concentrazione media oraria di $350 \mu\text{g}/\text{m}^3$ [Numero]

 Figura 1.6: Biossido di zolfo (SO_2) – Range (massimo – minimo) del numero di superamenti della concentrazione media oraria di $350 \mu\text{g}/\text{m}^3$ confrontato con il valore limite (24 volte per anno civile) e con il numero medio di superamenti nell'anno

		Agip29	Sant'Alberto	Azienda Marani	Azienda Zorabini	Germani	Marina di Ravenna	SAPIR	Rocca Brancaleone	Laboratorio	Stadio	Piazza Resistenza	Ceramiche	Faentina	Lido Adriano
1989-1996	1989	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
	1990	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	1991	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0
	1992	0	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	1
	1993	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	1994	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0
	1995	0	0	0	0	1	4	1	0	0	0	0	0	0	0
	1996	0	0	0	0	0	2	9	0	0	0	0	0	0	0

 Tabella 1.9: Numero di superamenti della concentrazione media giornaliera di $125 \mu\text{g}/\text{m}^3$ [Numero]

 Figura 1.7: Biossido di zolfo (SO_2) – Range (massimo – minimo) del numero di superamenti della concentrazione media giornaliera di $125 \mu\text{g}/\text{m}^3$ confrontato con il valore limite (3 volte per anno civile) e con il numero medio di superamenti nell'anno

		Agip29	Sant'Alberto	Azienda Marani	Azienda Zorabini	Germani	Marina di Ravenna	SAPIR	Rocca Brancaleone	Laboratorio	Stadio	Piazza Resistenza	Ceramiche	Faentina	Lido Adriano
1989-1996	1989	27	23	27	26	28	18		33		11			17	23
	1990	29	25	27	40	33	11		34	18	20	9		19	13
	1991	31	30	27	29	34	13	52	29	29	24	35			32
	1992	33	26	28		30	6	58	32	18	35	39			45
	1993	25	23	31		30	13	21	30	20	17	18			16
	1994	8	5		11	15	22	24	13	14	13	12			13
	1995	6	4		8	14	21	17	9	13	12	13	23		19
	1996	5	4		9	14	19	27	6	13	7	12	12		25

Tabella 1.10: Concentrazione media annuale [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] per la verifica del rispetto del livello critico per la protezione della vegetazione ($20 \mu\text{g}/\text{m}^3$)

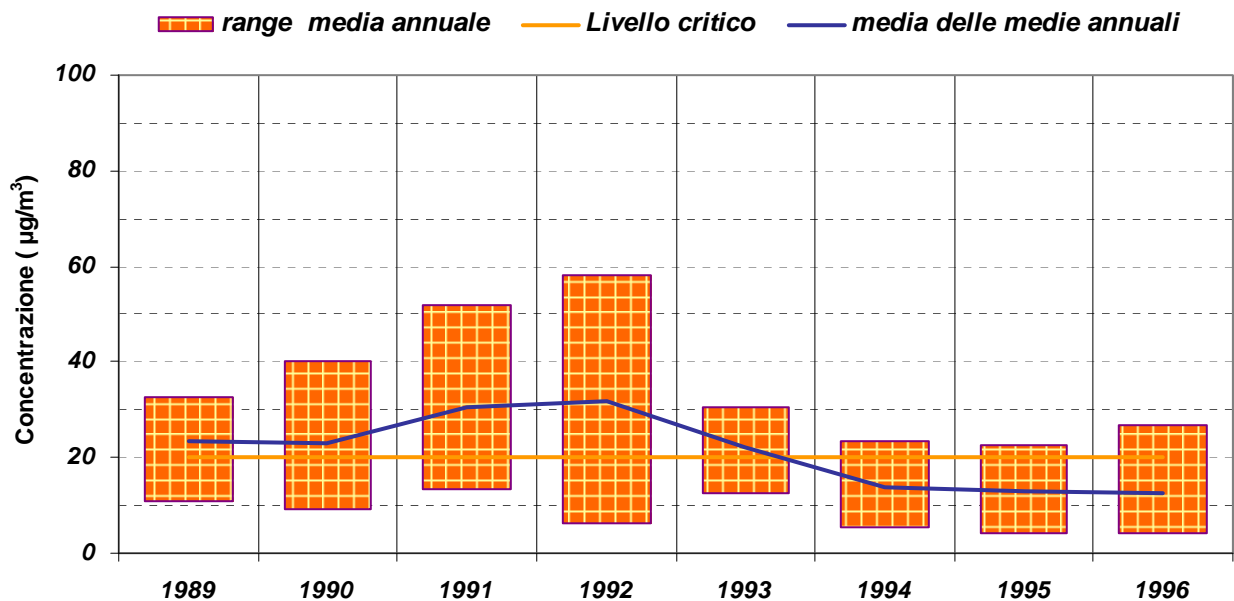
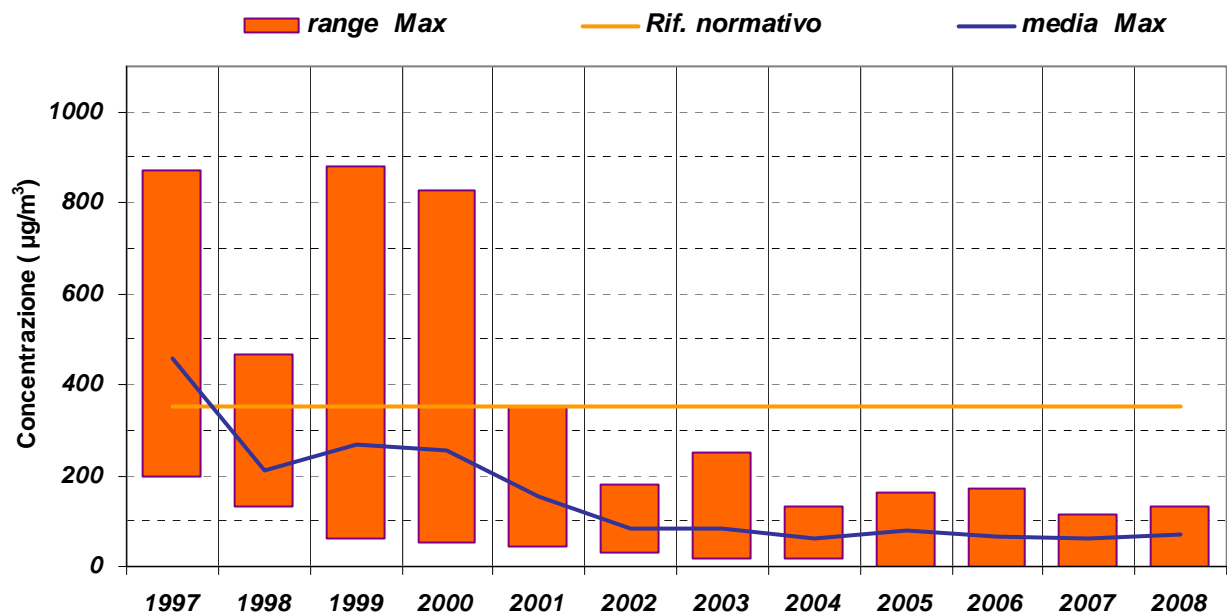


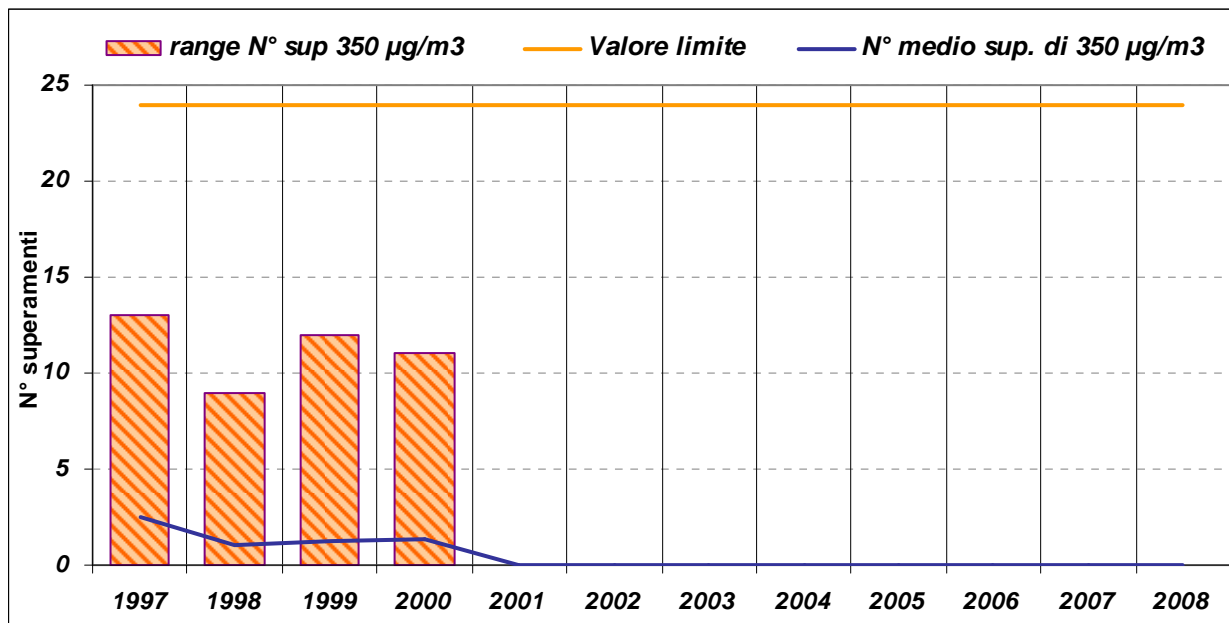
Figura 1.8: Biossido di zolfo (SO_2) – Range (massimo – minimo) della concentrazione media annuale, confrontato con il livello critico ($20 \mu\text{g}/\text{m}^3$) e con la media delle medie annuali

1997 - 2008

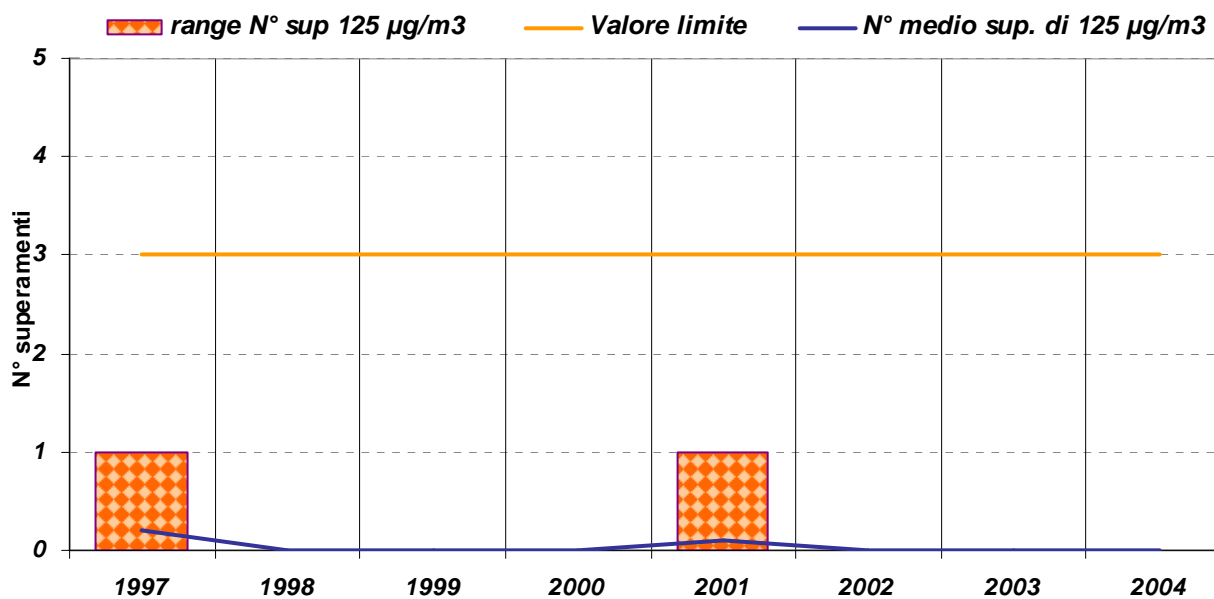
		Agip 29	Sant'Alberto	Azienda Marani	Azienda Zorabini	Germani	Marina di Ravenna	SAPIR	Rocca Brancaleone	Caorle	Stadio	Piazza Resistenza	Ceramiche	Cotignola
1997 - 2008	1997	339	222		450	297	752	872	270		872	198	294	
	1998	147	156		381	275	468	145	177		145	143	164	131
	1999	124	124		381	220	881	279	443	84	279		78	63
	2000	166	160		441	356	826	184	201	121	184		52	114
	2001	74	201		296	177	350	96	150		96		46	51
	2002	77	49		31	88	69	100	179		100		79	48
	2003	159	37		82	252	75	56	72		56		38	18
	2004	63	38		58	134	56	61	85		61		18	39
	2005	95	35		78	197	98	48	105		48		57	43
	2006	76	17		38	187	91	49	106		49		23	36
	2007	98	25		99	132	97	34	55		34		19	32
	2008	77	146		61	133	68	45	53		45		14	44

 Tabella 1.11: Concentrazioni massime orarie di biossido di zolfo [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]

 Figura 1.9: Biossido di zolfo (SO₂) – Valori massimi orari

		Agip 29	Sant'Alberto	Azienda Marani	Azienda Zorabini	Germani	Marina di Ravenna	SAPIR	Rocca Brancaleone	Caorle	Stadio	Piazza Resistenza	Ceramiche	Cotignola
1997 - 2008	1997	0	0	4	0	13	4	0	4	0	0	0	0	
	1998	0	0	2	0	9	0	0	0	0	0	0	0	
	1999	0	0	1	0	12	0	1	0	0	0	0	0	
	2000	0	0	3	1	11	0	0	0	0	0	0	0	
	2001	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	2002	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	2003	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	2004	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	2005	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	2006	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	2007	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
2008	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		

 Tabella 1.12: Numero di superamenti della concentrazione media oraria di $350 \mu\text{g}/\text{m}^3$ [Numero]

 Figura 1.10: Biossido di zolfo (SO_2) – Range (massimo – minimo) del numero di superamenti della concentrazione media oraria di $350 \mu\text{g}/\text{m}^3$ confrontato con il valore limite (24 volte per anno civile) e con il numero medio di superamenti nell'anno

		Agip 29	Sant'Alberto	Azienda Marani	Azienda Zorabini	Germani	Marina di Ravenna	SAPIR	Rocca Brancaleone	Caorle	Stadio	Piazza Resistenza	Ceramiche	Cotignola
1997 - 2008	1997	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0
	1998	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	1999	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	2000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	2001	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
	2002	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	2003	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	2004	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	2005	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	2006	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	2007	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2008	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

 Tabella 1.13: Numero di superamenti della concentrazione media giornaliera di $125 \mu\text{g}/\text{m}^3$ [Numero]

 Figura 1.11: Biossido di zolfo (SO₂) – Range (massimo – minimo) del numero di superamenti della concentrazione media giornaliera di $125 \mu\text{g}/\text{m}^3$ confrontato con il valore limite (3 volte per anno civile) e con il numero medio di superamenti nell'anno

		Agip 29	Sant'Alberto	Azienda Marani	Azienda Zorabini	Germani	Marina di Ravenna	SAPIR	Rocca Brancaleone	Caorle	Stadio	Piazza Resistenza	Ceramiche	Cotignola
1997 - 2008	1997	5	4		7	11	14	9	5		9	9	8	
	1998	3	4		7	8	12	6	5		6	6	6	3
	1999	3	3		3	3	7	8	4	4	8		9	2
	2000	3	2		4	3	9	5	5	5	5		7	3
	2001	2	1		1	3	4	5	6		5		3	2
	2002	2	1		1	2	1	5	6		5		2	2
	2003	3	1		2	7	1	4	5		4		4	2
	2004	2	2		2	7	2	3	5		3		2	3
	2005	2	1		2	6	2	8	7		8		4	8
	2006	2	1		2	7	2	6	4		6		2	3
	2007	2	1		2	7	3	2	4		2		2	3
	2008	1	1		2	6	2	3	2		3		2	3

Tabella 1.14: Concentrazione media annuale [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] per la verifica del rispetto del livello critico per la protezione della vegetazione ($20 \mu\text{g}/\text{m}^3$)

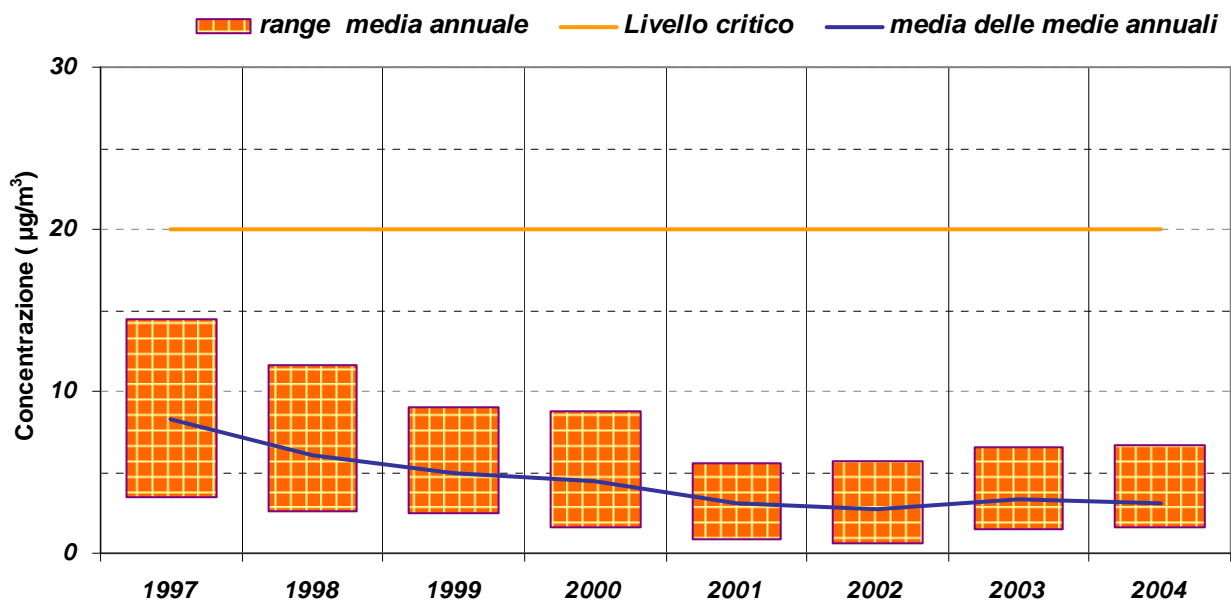


Figura 1.12: Biossido di zolfo (SO₂) – Range (massimo – minimo) della concentrazione media annuale, confrontato con il livello critico ($20 \mu\text{g}/\text{m}^3$) e con la media delle medie annuali

2009 - 2010

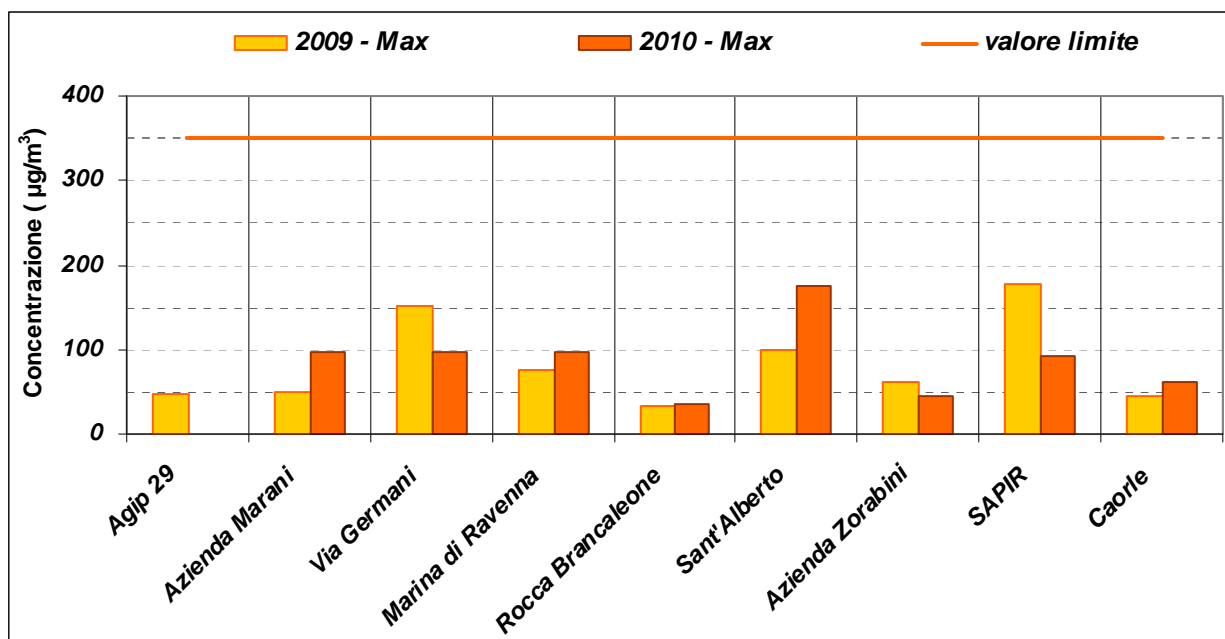
		Agip 29	Sant'Alberto	Azienda Marani	Azienda Zorabini	Germani	Marina di Ravenna	SAPIR	Rocca Brancaleone	Caorle
		Massimo (valore massimo orario rilevato nell'anno) [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]								
2009-2010	2009	47 ^(a)	99	49 ^(b)	61	151	75	177	32	46
	2010		175	96	46	97	96 ^(c)	93	36	61
		Media annuale [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]								
2009-2010	2009	1	1	2	2	5	2	10	1	5
	2010		1	2	1	5	2	7	3	5
		N° superamenti concentrazione oraria (ore con concentrazione > 350 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) [ore]								
2009-2010	2009	0	0	0		0	0	0	0	0
	2010		0	0	0	0	0	0	0	0
		N° di superamenti media giornaliera (giorni con concentrazione > 125 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) [giorni]								
2009-2010	2009	0	0	0		0	0	0	0	0
	2010		0	0	0	0	0	0	0	0

Nota:

(a) Strumento dimesso in data 27/10/2009

(b) Strumento (ex Agip 29) installato il 29/10/2009

(c) Strumento dimesso in data 14/09/2010

Tabella 1.15: Concentrazioni di biossido di zolfo a livello provinciale – Anni 2009 e 2010

Figura 1.13: Biossido di zolfo (SO₂) – Concentrazioni massime orarie [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]

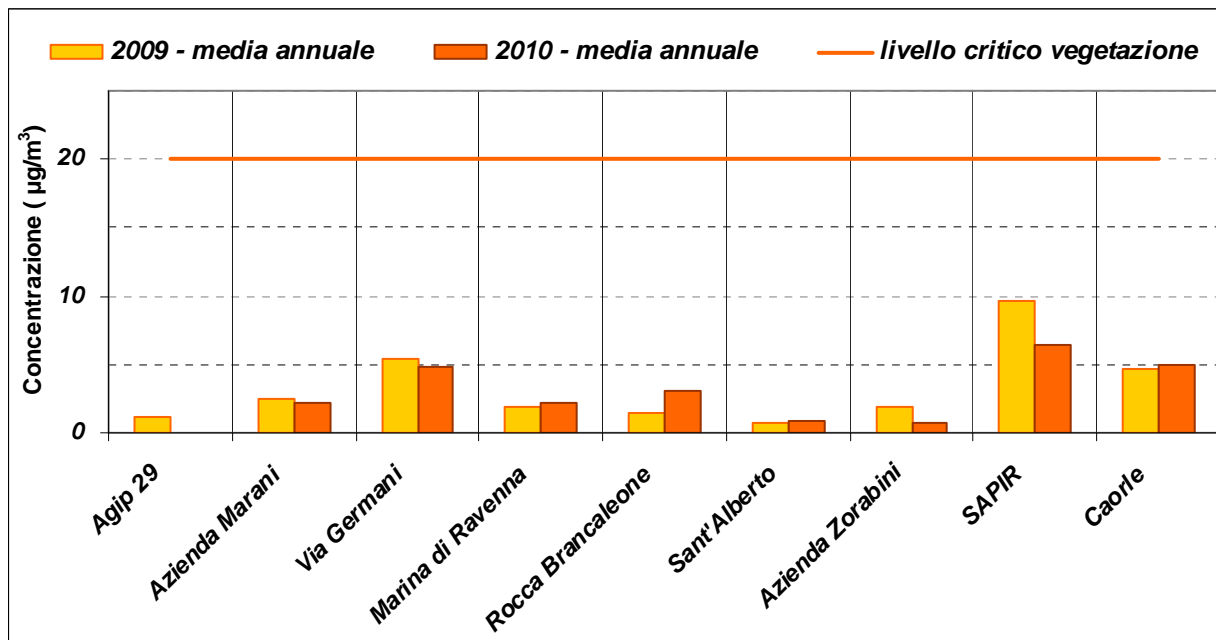


Figura 1.14: Biossido di zolfo (SO₂) – Concentrazione media annuale e confronto con il livello critico annuale per la protezione della vegetazione (20 µg/m³)

COMMENTO AI DATI

Il biossido di zolfo è stato il primo inquinante monitorato con strumentazione in continuo nell'area ravennate. Come si diceva, l'opportunità di misurare questo inquinante in modo così estensivo nasce, a Ravenna, in considerazione della presenza del polo chimico, prima fonte di emissione di SO₂ nel territorio.

Le efficienze dei primi strumenti, installati nel 1972, risultano, in alcuni casi, piuttosto scarse e quindi i parametri statistici, calcolati per questi anni a partire da un set di dati esiguo, risultano poco significativi.

Si riportano comunque alcune considerazioni con riferimento ai limiti attualmente in vigore (DL.vo 155/2010).

Fino al 1988 si sono rilevate, in diverse stazioni della rete, concentrazioni massime orarie decisamente significative, superiori a 1000 µg/m³ (Figura 1.1). Questo valore è andato decisamente diminuendo negli anni successivi, giungendo ad attestarsi su 100 µg/m³ come massimo orario annuale.

Pertanto, il limite orario di 350 µg/m³ (media oraria da non superare più di 24 volte in un anno) è stato superato in gran parte delle centraline in modo sistematico fino alla metà degli anni ottanta, con un quadriennio particolarmente critico dal 1979 al 1982 (Figura 1.2).

La netta diminuzione che si osserva a partire dal 1983 in tutte le stazioni è riconducibile a limiti più restrittivi imposti, a partire dal dicembre 1982, dal CRIAER (Comitato Regionale Inquinamento Atmosferico Emilia Romagna) ad alcuni impianti industriali caratterizzati da grosse emissioni di SO₂, fra cui la centrale ENEL di Porto Corsini. La posizione del CRIAER era stata assunta in seguito alle risultanze della "Commissione per lo studio dell'inquinamento atmosferico della zona industriale di Ravenna"

Dal 1984-1985 la situazione è migliorata in modo costante. A partire dal 1987 in nessuna stazione si sono registrati più di 24 superamenti, e dal 2000 i valori massimi orari rilevati sono stati sempre al di sotto di 350 µg/m³ (Figura 1.9).

Considerazioni analoghe possono essere fatte per i superamenti del valore limite giornaliero di 125 µg/m³ (massimo 3 giorni l'anno). Per superare tale limite occorre che la concentrazione oraria di

SO₂ si mantenga significativamente superiore a 125 µg/m³ per diverse ore nell'arco della giornata, quindi anche in riferimento a questo limite si è verificato un significativo calo del numero di superamenti a partire dal 1983 e per circa un decennio.

Nel periodo 1992 – 1996 nelle postazioni più vicine o sottovento rispetto alla zona industriale (Sapir e Marina di Ravenna) sono stati misurati superamenti del limite giornaliero (Tabella 1.9), mentre i superamenti del dato orario si mantengono inferiori a quelli massimi consentiti.

Dal 2001 nessun limite di breve periodo (orario e giornaliero) viene più superato.

Per quanto riguarda la media annuale, il livello critico per la protezione della vegetazione (20 µg/m³ - protezione degli ecosistemi) viene superato nella maggior parte delle postazioni fino al 1983 (Figura 1.4); poi diminuisce e, già a partire dal 1994, la media annuale risulta inferiore al livello critico in pratica in tutte le stazioni, come si può osservare dalle Figure 1.8 e 1.12; fanno eccezione Sapir e Marina di Ravenna, dove la media annuale rimane superiore a 20 µg/m³ anche nel periodo 1994 – 1996.

La netta diminuzione delle concentrazioni di SO₂ verificatisi dal 2000 in tutte le stazioni della rete (industriali o urbane) è attribuibile al progressivo uso di gas metano, in alternativa all'olio combustibile, da parte delle aziende dell'area industriale (in particolare dalle centrali termoelettriche) ed alla diminuzione del tenore di zolfo nei combustibili per autotrazione.

SCHEDA INDICATORE 2: Biossido di azoto (NO₂)

NOME DELL'INDICATORE	<i>Concentrazioni in aria di biossido di azoto (NO₂)</i>	DPSIR	S
UNITA'DIMISURA	<i>microgrammi/metrocubo (µg/m³)</i>	FONTE	<i>Arpa-Sezione di Ravenna</i>
COPERTURA SPAZIALE DATI	<i>Provincia</i>	COPERTURA TEMPORALE DATI	<i>1986-2010</i>
AGGIORNAMENTO DATI	<i>Annuale</i>		
RIFERIMENTI NORMATIVI	<i>DLg.155/2010</i>		
METODI DI ELABORAZIONE DATI	<i>Medie orarie, percentili, min/max, medie annuali e conteggio superamenti</i>		

DESCRIZIONE DELL'INDICATORE

L'indicatore evidenzia la concentrazione in aria di biossido di azoto. Le principali sorgenti di NO₂ sono i gas di scarico dei veicoli a motore, gli impianti di riscaldamento e alcuni processi industriali. Il biossido di azoto contribuisce alla formazione dello smog fotochimico, delle piogge acide ed è tra i precursori di alcune frazioni significative del PM₁₀.

SCOPO DELL'INDICATORE

Visualizzare le variazioni nelle concentrazioni di biossido di azoto (NO₂) al suolo considerando la situazione normativa, l'andamento medio annuale ed eventuali situazioni limite derivanti da massimi rilevati.

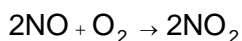
NOX - GENERALITÀ ED EFFETTI SULL'AMBIENTE E SULL'UOMO
Generalità

Gli ossidi di azoto che contribuiscono all'inquinamento atmosferico sono il monossido di azoto (NO) e il biossido di azoto (NO₂), generalmente indicati complessivamente come NOx.

Si formano per reazione chimica (prevalentemente combustione) a partire dall'azoto contenuto nell'aria (circa il 70% dell'aria è costituita da N₂). Ad alte temperature l'N₂ viene ossidato a NO e, in minor percentuale – circa il 10% - , a NO₂:



Successivamente la maggior parte dell'NO reagisce, a temperatura ambiente, con l'ossigeno dell'aria per dare l'NO₂:



Poiché il biossido di azoto si origina prevalentemente in atmosfera, è generalmente definito "inquinante secondario" o a rilevante componente secondaria.

Il biossido di azoto è un gas tossico di colore giallo-rosso, dall'odore forte e pungente, con grande potere irritante.

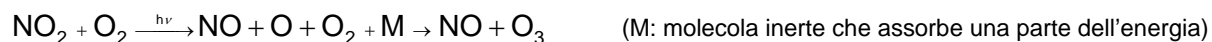
Poiché è un ossidante altamente reattivo e corrosivo, la sua misura è indice dell'inquinamento dell'aria da ossidi di azoto. Svolge, inoltre, un ruolo fondamentale nella formazione dello smog fotochimico, essendo l'intermedio di base per la produzione di tutta una serie di altri inquinanti secondari: l'ozono, l'acido nitrico, l'acido nitroso, ecc... Insieme al biossido di zolfo è responsabile del fenomeno delle piogge acide.

Si stima che il maggiore responsabile dell'inquinamento antropico da ossidi di azoto sia il traffico autoveicolare (50% circa), in particolare l'utilizzo dei motori diesel.

Industrialmente gli ossidi di azoto, oltre che da tutte le sorgenti di combustione (centrali, ecc..), possono essere emessi dagli impianti di produzione dell'acido nitrico e da quelli che lavorano composti azotati o che utilizzano direttamente l'acido nitrico come composto base, ad esempio per la produzione di fertilizzanti, acido adipico, nylon 6.6, ecc..

Reazioni caratteristiche a livello atmosferico

La notevole reattività fotochimica è sicuramente la caratteristica peculiare degli ossidi di azoto. Le reazioni fotochimiche avvengono in seguito all'assorbimento di energia proveniente dalla radiazione solare da parte di molecole, atomi e ioni. Questo tipo di reattività li rende precursori di una innumerevole serie di reazioni che avvengono nella troposfera le cui fondamentali sono riassunte nel seguente "Ciclo Fotolitico":



Queste reazioni indicano che, se non intervenissero altri fattori, i rapporti tra NO_2 e NO presenti in atmosfera si manterrebbero costanti (in quanto l' NO tende a ricombinarsi con l' O_3). In realtà, in atmosfere inquinate, la presenza di altre molecole, quali ad esempio particolari idrocarburi, favoriscono l'ossidazione di NO e quindi l'accumulo di ozono, O_3 .

Ulteriori reazioni non ancora completamente studiate sono quelle che portano nel giro di tre, quattro giorni alla scomparsa completa sia di NO che di NO_2 ; si pensa per la loro trasformazione in presenza di umidità atmosferica in acido nitrico e di conseguenza in nitrati che ricadono poi al suolo con le piogge o sotto forma di particolati.

Effetti sull'ambiente e sull'uomo

I maggiori effetti diretti sull'ambiente degli ossidi di azoto sono dovuti sia agli ossidi in quanto tali sia alla loro ricaduta, sotto forma di acido nitrico, ed alla creazione di zone di aggressione puntiformi ad elevata concentrazione. E' stato sperimentalmente verificato che l'esposizione del fogliame ad 1 ppm di NO_2 per 24 ore provoca già le prime necrosi, mentre a 10 ppm di NO per 24 ore viene debilitata in modo sensibile la fotosintesi clorofilliana.

A parità di concentrazione, sull'uomo l'esposizione ad NO_2 pare essere 4 volte più pericolosa rispetto all' NO ma, data la facilità del loro interscambio, entrambi sono considerati potenzialmente pericolosi.

Il biossido di azoto è un gas irritante per le mucose e può contribuire all'insorgere di varie alterazioni delle funzioni polmonari, bronchiti croniche, asma ed enfisema polmonare.

Lunghe esposizioni anche a basse concentrazioni provocano una drastica diminuzione delle difese polmonari con conseguente aumento di rischio di affezioni alle vie respiratorie. Per questo motivo risulta importante anche il contributo all'esposizione dato dall'inquinamento indoor dovuto all'utilizzo dei fornelli a gas e caldaie per il riscaldamento.

Concentrazione di NO₂ ed effetti indicativi sull'uomo:

Principali effetti sull'uomo	Concentrazioni	
livello di soglia di presenza avvertibile	0.12 ppm	≅ 230 µg/m ³
Irritazione delle mucose e degli occhi	15 ppm	≅ 28680 µg/m ³
Problemi di respirazione, edemi polmonari	100 ppm	≅ 191200 µg/m ³
Conc. Troposferica Media	trascurabile	

LIVELLI FISSATI DAL DLVO 155/2010 E VALORI GUIDA OMS

Per il biossido di azoto il DLvo 155/2010 prevede valori limite, livelli critici per la protezione della vegetazione (NO_x) e soglie di allarme. In particolare:

NO ₂	Periodo di mediazione	Valore limite
Valori limite	1 ora	200 µg/m ³ da non superare più di 18 volte per anno civile
	Anno civile	40 µg/m ³

NO _x (Ossidi di azoto)	Livello critico annuale (anno civile)
Livelli critici per la protezione della vegetazione	30 µg/m ³ NO _x

NO ₂	Soglia di allarme ⁽¹⁾
⁽¹⁾ Le soglie di allarme devono essere misurate su tre ore consecutive presso siti fissi di campionamento aventi area di rappresentatività di almeno 100 km ² oppure pari all'estensione dell'intera zona o dell'intero agglomerato se tale zona o agglomerato sono meno estesi.	400 µg/m ³

I VALORI GUIDA PREVISTI DALL'OMS

NO ₂	Periodo di mediazione	Valore guida
Valori guida OMS (2006)	Media oraria	200 µg/m ³
	Media annuale	40 µg/m ³

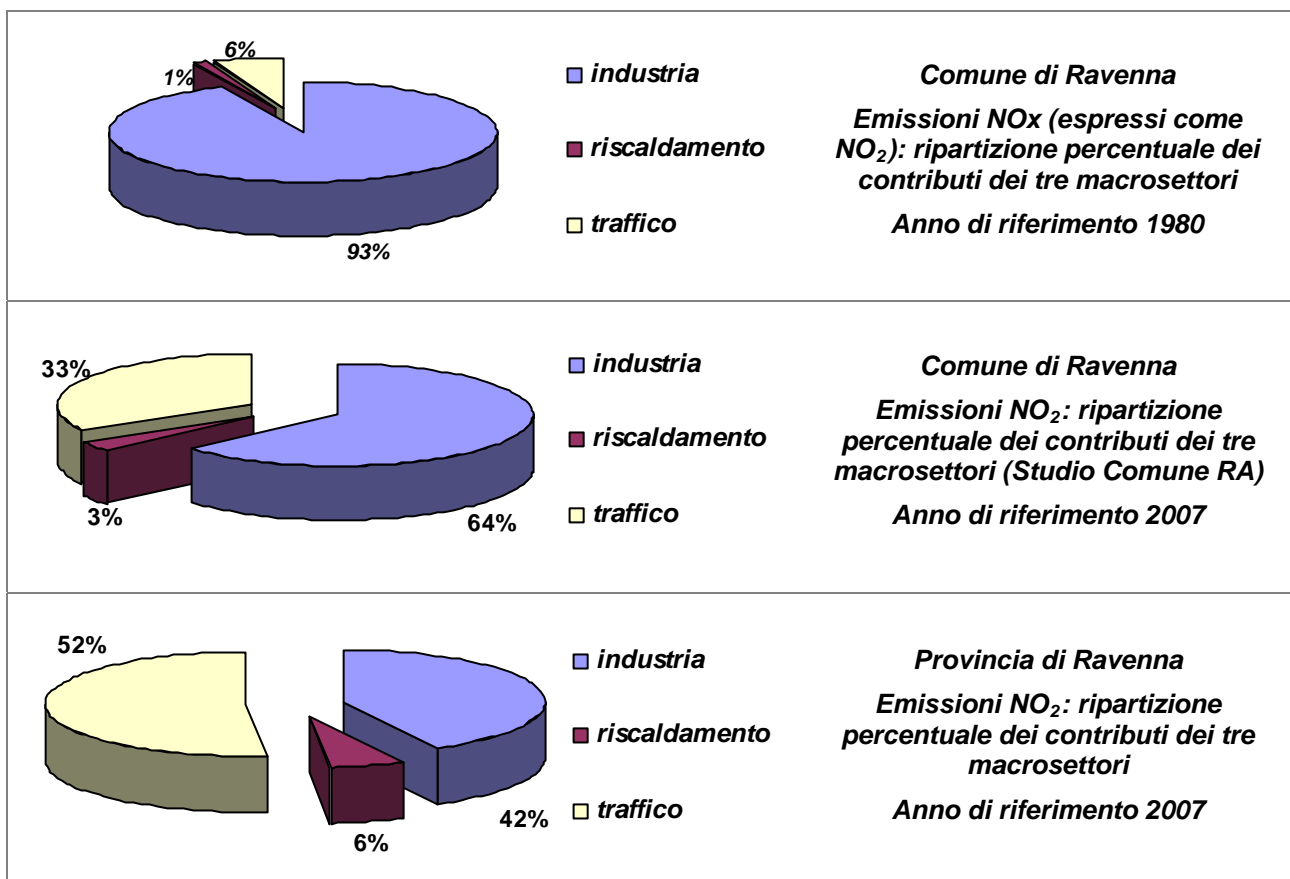
NOx – EVOLUZIONE DEI FATTORI DI PRESSIONE SUL TERRITORIO

Valutazioni relative agli anni settanta-ottanta, indicavano che circa il 90% degli ossidi di azoto emessi nel territorio ravennate (area urbana e zona industriale) erano da imputarsi alle attività industriali; di queste circa il 70% derivavano dalla presenza delle centrali termoelettriche di ENEL, ANIC e SAROM. L'emissione complessiva del macrosettore industriale era stimata circa 3 volte superiore a quella attuale (nel 2007 pari a circa 4000 t/a).

Nonostante il quantitativo di ossidi di azoto emesso da sorgenti industriali fosse 10 volte superiore a quello da sorgenti civili (rapporto 10:1), in area urbana i contributi alle immissioni delle due tipologie di sorgenti, per questo inquinante, risultavano sostanzialmente equivalenti in quanto le emissioni civili, più vicine ai recettori, presentavano un minor percorso di diffusione. Questo fenomeno ha comportato, quando sono diminuite le emissioni industriali (rapporto 3:1), la prevalenza dell'origine civile delle concentrazioni di NOx in area urbana.

Considerando le emissioni dell'area urbana ed industriale di Ravenna, nel 2007 il contributo emissivo dell'industria è percentualmente il più significativo (64%), circa il doppio rispetto a quello imputabile al traffico veicolare (33%).

A livello provinciale (2007) l'emissione di NO_x, considerando solo i macrosettori industria, traffico veicolare e riscaldamento domestico, è per il 42% riconducibile al macrosettore industriale, per il 52% ai trasporti e per il 6% al riscaldamento domestico. Questi tre settori contribuiscono da soli per più dell'80% delle emissioni provinciali di ossidi di azoto.



MONITORAGGIO DELL'INQUINANTE IN PROVINCIA DI RAVENNA
STAZIONE E TIPOLOGIA

STAZIONE	TIPOLOGIA	
Amga	Industriale	<i>Ind_Ru</i>
Ballirana	Fondo rurale	<i>FRu</i>
Caorle	Fondo Urbano Residenziale	<i>FU_Res</i>
Ceramiche	Traffico Urbano	<i>TU</i>
Delta Cervia	Fondo subUrbano	<i>F_SubU</i>
Germani	Industriale / Fondo sub urbano	<i>Ind_FSubU</i>
Giardini	Fondo Urbano	<i>FU</i>
Laboratorio	Fondo Urbano Residenziale	<i>FU_Res</i>
Marani	Industriale / Sub Urbano	<i>Ind_SubU</i>
Marconi	Traffico Urbano	<i>TU</i>
Marina di Ravenna	Industriale / Sub Urbano	<i>Ind_SubU</i>
Parco Bucci	Fondo Urbano	<i>FU</i>
Piazza Resistenza	Traffico Urbano	<i>TU</i>
Rocca Brancaleone	Traffico / Fondo Urbano Residenziale	<i>T_FU_Res</i>
SAPIR	Industriale	<i>Ind</i>
Stadio	Fondo urbano Residenziale	<i>FU_Res</i>
Zalamella	Traffico Urbano	<i>TU</i>
Zorabini	Industriale / Rurale	<i>Ind_Ru</i>

Tabella 2.1: Stazioni in cui è stato monitorato il biossido di azoto e tipologia

PERIODO DI MONITORAGGIO NELLE DIVERSE POSTAZIONI ED EFFICIENZA PERCENTUALE(%)

		Amga	Laboratorio	Az. Marani	Az. Zorabini	Germani	SAPIR	Marina Ravenna	Piaz. Resistenza	Zalamella	Stadio	Rocca Brancaleone	Caorle	Parco Bucci	Marconi	Caramiche	Ballirana	Delta Cervia		
1972-1988	1986	65																		
	1987	81																		
	1988	32																		
1989-1996	1989	64																		
	1990	47	24																	
	1991	2				16	23	17	11											
	1992		11			80	28	85	97											
	1993		16			93	79	95	99											
	1994			96	63	95	68	97	99	94										
	1995		14	96	62	97	88	87	99	98	64			26	29	26				
	1996			98	96	96	96	93	99	98	98			100	99	98				
1997-2008	1997			95	96	94	53	96	91	88	93	23		97	93	94				
	1998			90	90	90	64	91	94	94	83	74		93	92	80				
	1999			91	88	89	89	87		85	79	84	56	84	77	83				
	2000			94	89	91	98	92		90	94		98	95	95	93				
	2001			95	93	95	91	96		92	95	92	96	95	95	92				
	2002			91	94	94	96	94		94	88	90	96	88	95	94				
	2003			94	93	93	93	94		95	94	93	94	90	92	95				
	2004			96	96	95	95	96		95	90	93	95	94	93	94				
	2005			85	85	85	89	85		90	89	93	92	81	75	94				
	2006			96	96	97	97	96		100	99	99	99	96	97	100				
	2007			95	97	97	98	96		96	98	95	95	98	99	99				
	2008			99	99	100	98	91		98	96	96	95	100	99	47	37			
2009-2010	2009			99	97	99	91	92		100	70	97	92	99	99		92	80		
	2010			100	100	99	96	96		99	98	94	96	100	99		95	94		

Legenda:

efficienza percentuale > 75%
 efficienza percentuale < 75%
 Analizzatore non installato

Tabella 2.2: Biossido di azoto –Periodo di monitoraggio del biossido di azoto nelle diverse postazioni ed efficienza percentuale annuale di campionamento

GRAFICI E TABELLE

1972 - 1988

Nel periodo 1972 – 1988 il biossido di azoto è stato monitorato solo nella postazione Amga (anni 1986 -1988) con efficienza significativa solo nel 1987.

Nel 1988 si sono rilevate concentrazioni massime orarie anche molto elevate, in 45 casi superiori a $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

		Efficienza percentuale [%]	Massimo orario rilevato nell'anno [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	N° sup. conc. oraria (ore conc. > $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$) [ore]	Media annuale [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]
1972 - 1988	1986	21	111	0	29
	1987	79	188	0	18
	1988	66	551	45	26

Tabella 2.3: Concentrazioni di biossido di azoto nella postazione Amga – Anni 1986 ÷ 1988

1986 1987 1988 — valore rif.

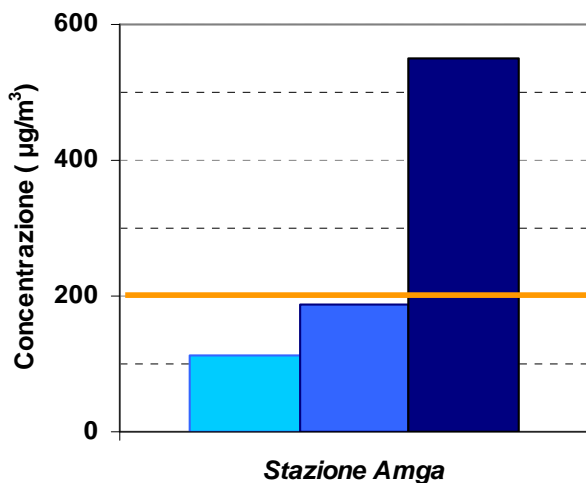


Figura 2.1: Biossido di azoto (NO₂) – Valori massimi orari

1986 1987 1988 — val. limite

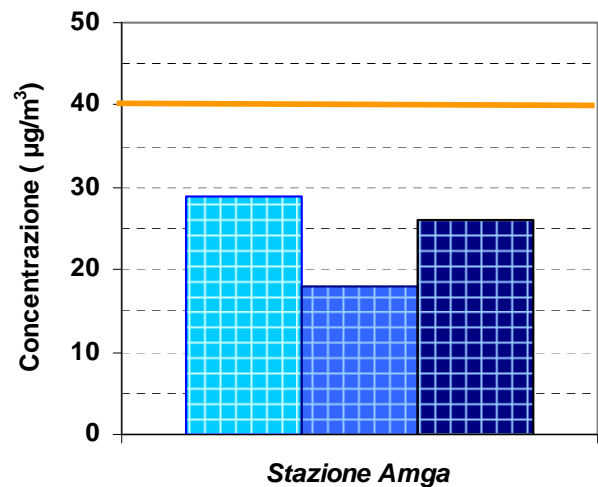
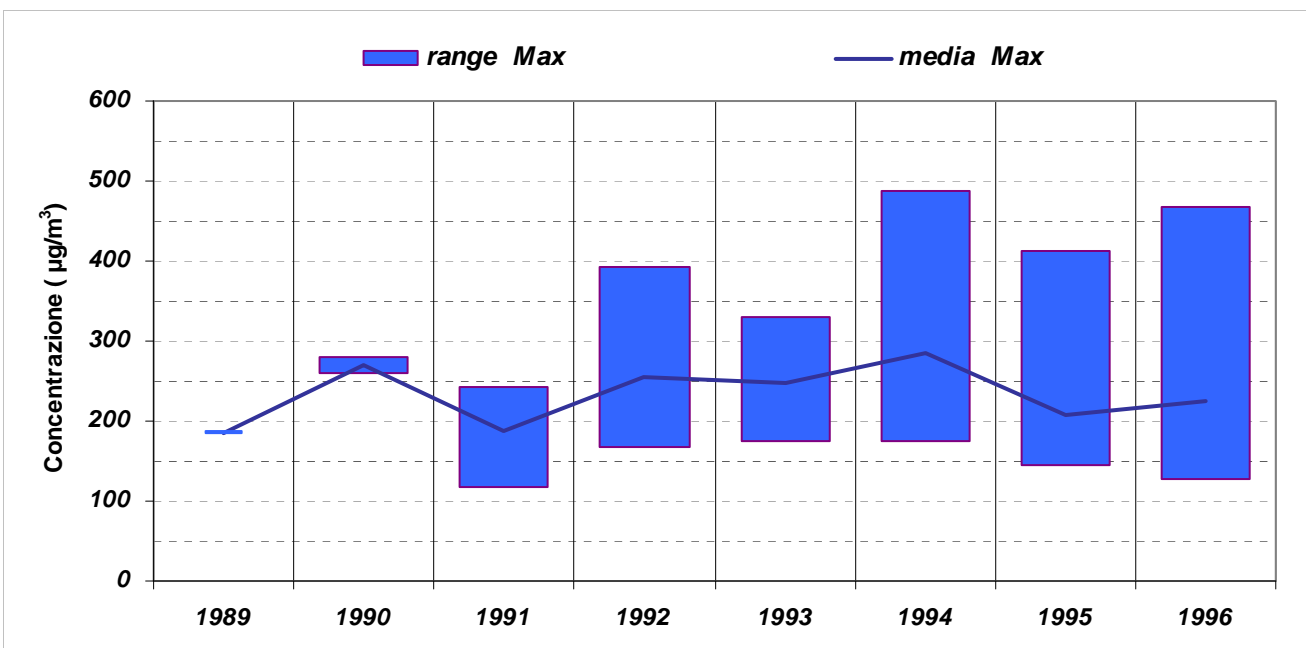


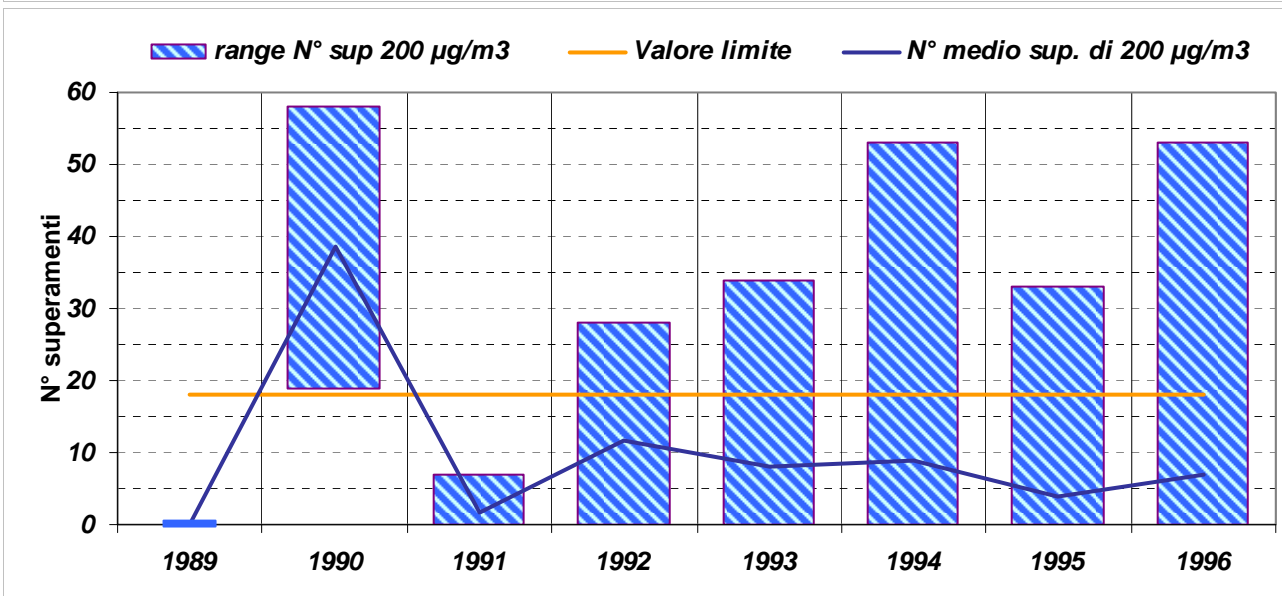
Figura 2.2: Biossido di azoto (NO₂) – Concentrazione media annuale confrontata con il valore limite ($40 \mu\text{g}/\text{m}^3$)

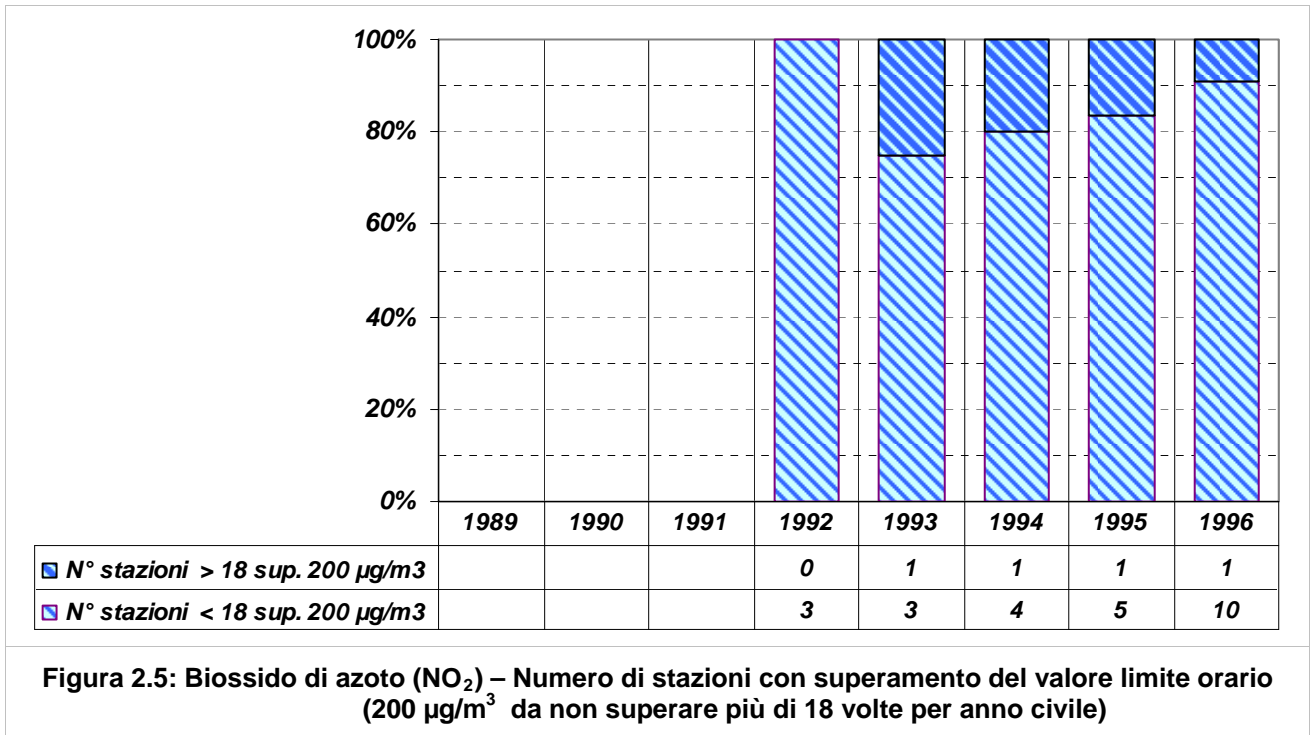
1989 - 1996

		Amga	Laboratorio	Azienda Marani	Azienda Zorabini	Germani	SAPIR	Marina di Ravenna	Piazza Resistenza	Zalamella	Stadio	Parco Bucci	Marconi	Caramiche
1989 - 1996	1989	184												
	1990	280	261											
	1991	144				207	228	117	243					
	1992		256			187	393	167	269					
	1993		176			206	331	211	309					
	1994			175	196	487	242	177	452	273				
	1995		176	145	166	185	293	153	412	254	193	156	157	132
	1996			153	164	191	467	128	258	345	174	216	152	110

 Tabella 2.4: Concentrazioni massime orarie di biossido di azoto [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]

 Figura 2.3: Biossido di azoto (NO₂) – Range valori massimi orari

		Amga	Laboratori	Azienda Marani	Azienda Zorabini	Germani	SAPIR	Marina di Ravenna	Piazza Resistenza	Zalamella	Stadio	Parco Bucci	Marconi	Caramiche
1989 - 1996	1989	0												
	1990	19	58											
	1991	0				1	1	0	7					
	1992		28			0	21	0	9					
	1993		0			1	34	1	4					
	1994			0	0	4	3	0	53	2				
	1995		0	0	0	0	1	0	33	13	0	0	0	0
	1996			0	0	0	53	0	8	13	0	1	0	0

 Tabella 2.5: Numero di superamenti della concentrazione media oraria di $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ [Numero]

 Figura 2.4: Biossido di azoto (NO_2) – Range (massimo – minimo) del numero di superamenti della concentrazione media oraria di $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ confrontato con il valore limite (18 volte per anno civile) e con il numero medio di superamenti nell'anno



		Amga	Laboratorio	Azienda Marani	Azienda Zorabini	Germani	SAPIR	Marina di Ravenna	Piazza Resistenza	Zalamella	Stadio	Parco Bucci	Marconi	Caramiche
1989 - 1996	1989	11												
	1990	37	59											
	1991	41				61	55	42	72					
	1992		98			46	66	34	68					
	1993		38			40	53	37	62					
	1994			41	36	48	40	36	72	64				
	1995		40	37	42	43	44	34	66	74	37	44	49	47
	1996			39	34	41	51	29	60	67	42	34	44	38

Tabella 2.6: Concentrazione media annuale [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] per la verifica del rispetto del valore limite ($40 \mu\text{g}/\text{m}^3$)

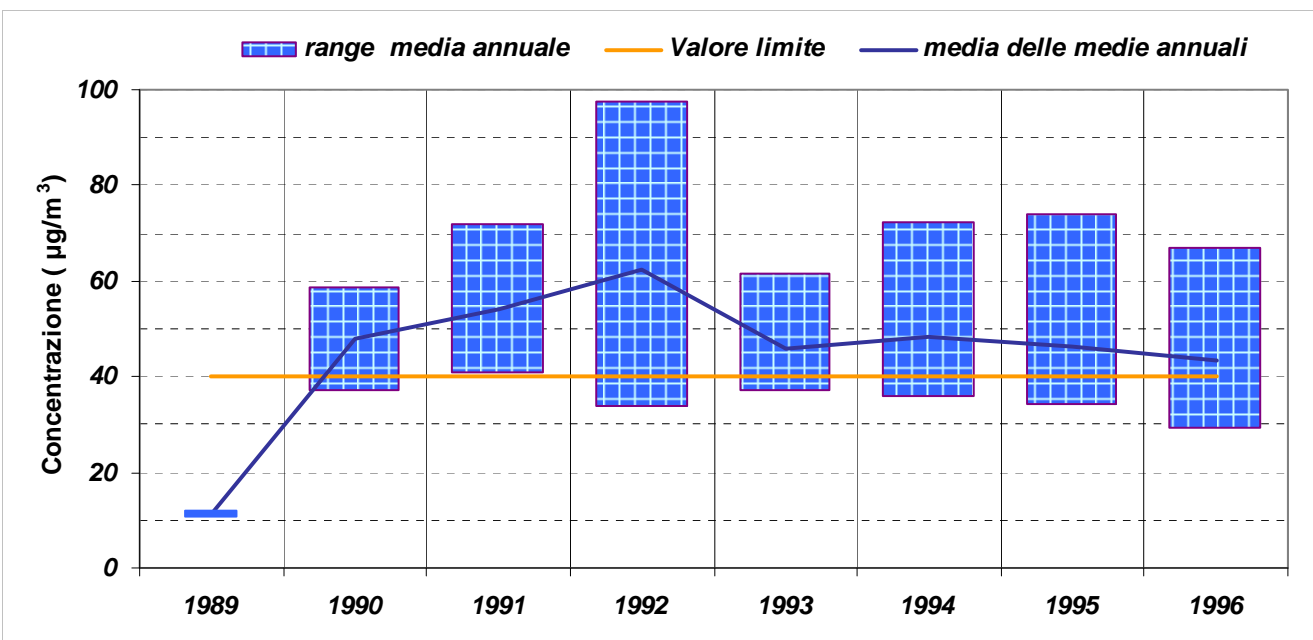


Figura 2.6: Biossido di azoto (NO₂) – Range (massimo – minimo) della concentrazione media annuale, confrontato con il valore limite ($40 \mu\text{g}/\text{m}^3$) e con la media delle medie annuali

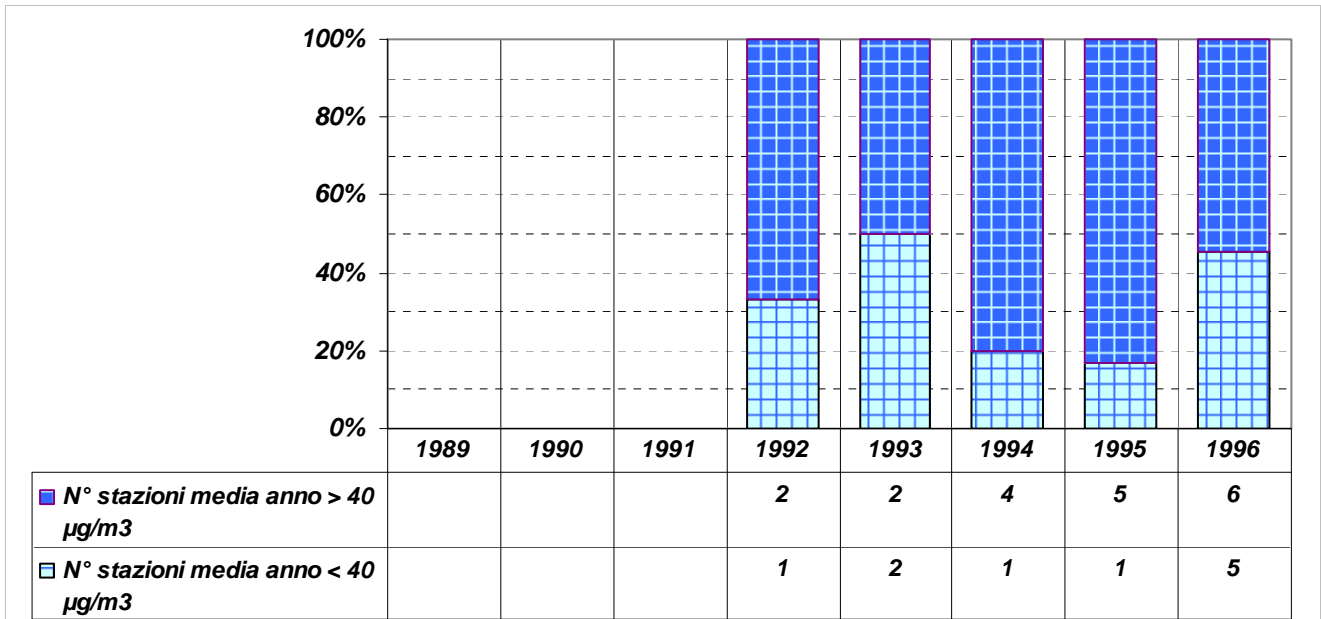
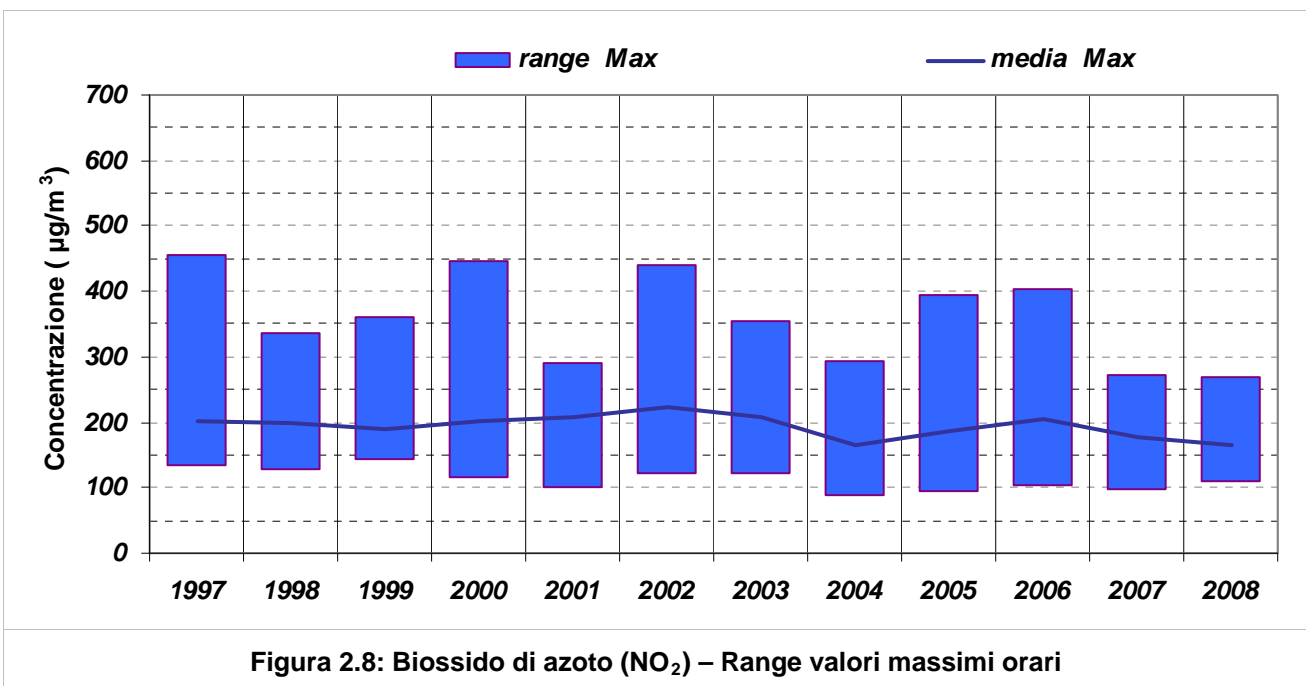


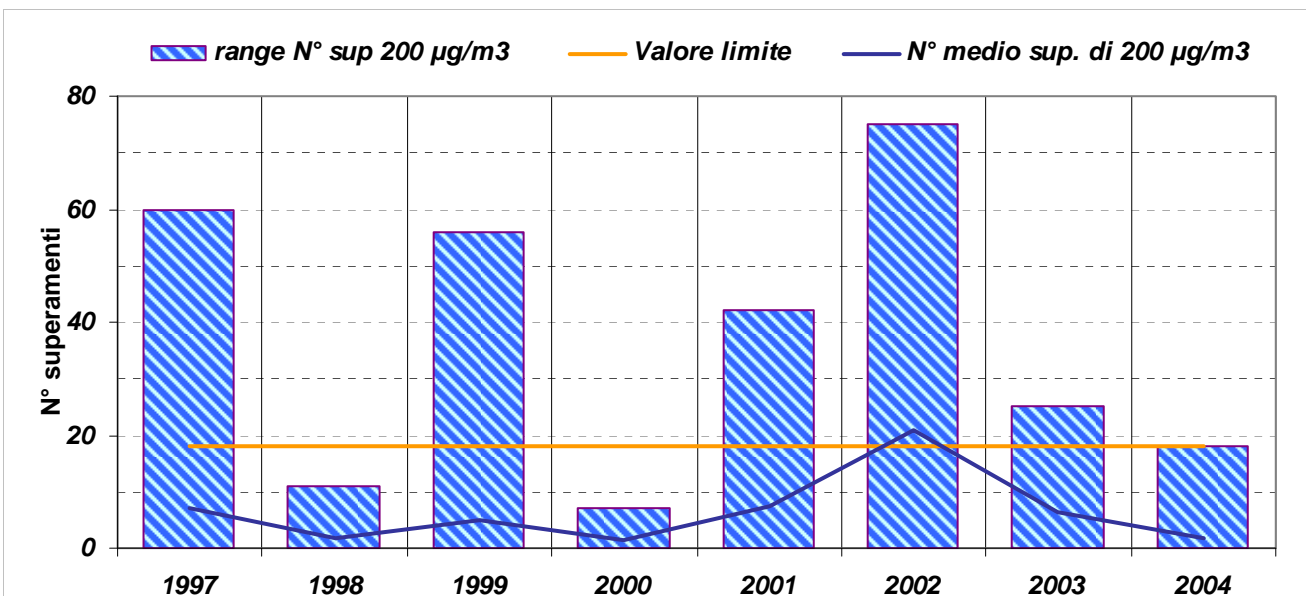
Figura 2.7: Biossido di azoto (NO_2) – Numero di stazioni con superamento del valore limite della media annuale ($40 \mu\text{g}/\text{m}^3$)

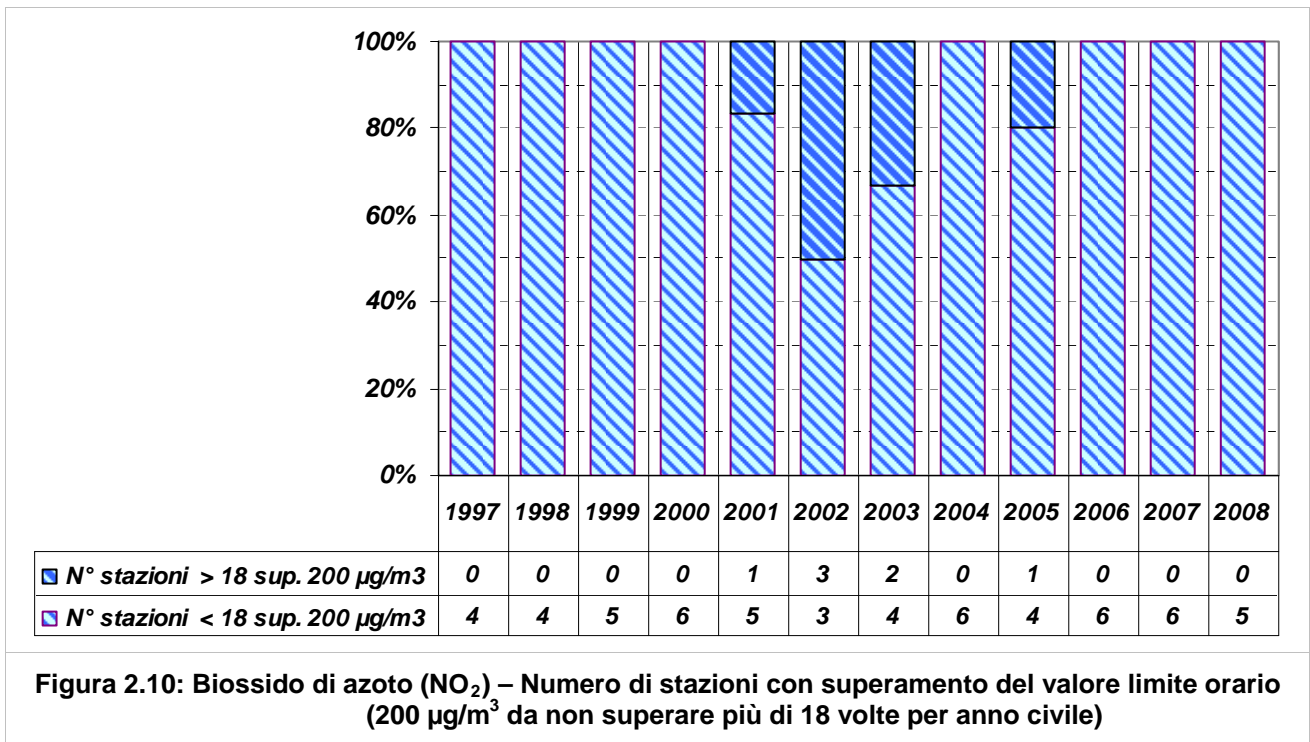
1997 - 2008

		Azienda Marani	Azienda Zorabini	Germani	SAPIR	Marina di Ravenna	Piazza Resistenza	Zalamella	Stadio	Rocca Brancaleone	Caorle	Parco Bucci	Marconi	Caramiche	Ballirana
1997 - 2008	1997	169	164	182	455	148	245	273	154	135		165	197	151	
	1998	158	150	335	320	151	163	233	240	148		139	128	237	
	1999	157	195	149	179	154		362	189	206	155	228	145	167	
	2000	244	446	190	116	201		185	149	236	141	169	150	198	
	2001	238	156	291	259	258		237	233	170	188	234	134	102	
	2002	263	151	439	284	265		260	238	159	121	157	143	198	
	2003	355	277	247	199	186		237	181	150	240	123	136	181	
	2004	210	141	102	205	90		186	292	190	163	104	146	167	
	2005	210	393	96	326	118		199	149	156	193	104	123	161	
	2006	242	130	104	403	207		281	268	172	161	113	134	237	
	2007	211	143	112	272	98		255	171	190	170	108	134	248	
	2008	171	217	111	270	123		158	136	146	156	153	143	220	147

 Tabella 2.7: Concentrazioni massime orarie di biossido di azoto [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]

 Figura 2.8: Biossido di azoto (NO₂) – Range valori massimi orari

		Azienda Marani	Azienda Zorabini	Germani	SAPIR	Marina di Ravenna	Piazza Resistenza	Zalamella	Stadio	Rocca Brancaleone	Caorle	Parco Bucci	Marconi	Caramiche	Ballirana
1997 - 2008	1997	0	0	0	60	0	4	19	0	0		0	0	0	
	1998	0	0	1	4	0	0	1	3	0		0	0	11	
	1999	0	0	0	0	0		56	0	1	0	1	0	0	
	2000	7	6	0	0	1		0	0	4	0	0	0	0	
	2001	17	0	7	5	42		8	6	0	0	3	0	0	
	2002	58	0	75	15	45		54	3	0	0	0	0	0	
	2003	25	11	20	0	0		21	0	0	1	0	0	0	
	2004	1	0	0	1	0		0	18	0	0	0	0	0	
	2005	2	152	0	29	0		0	0	0	0	0	0	0	
	2006	2	0	0	205	1		54	2	0	0	0	0	5	
	2007	1	0	0	23	0		16	0	0	0	0	0	3	
2008	0	1	0	26	0		0	0	0	0	0	0	2	0	

 Tabella 2.8: Numero di superamenti della concentrazione media oraria di $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ [Numero]

 Figura 2.9: Biossido di azoto (NO_2) – Range (massimo – minimo) del numero di superamenti della concentrazione media oraria di $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ confrontato con il valore limite (18 volte per anno civile) e con il numero medio di superamenti nell'anno



		Azienda Marani	Azienda Zorabini	Germani	SAPIR	Marina di Ravenna	Piazza Resistenza	Zalamella	Stadio	Rocca Brancaleone	Caorle	Parco Bucci	Marconi	Caramiche	Ballirana
1997 - 2008	1997	45	37	38	74	34	56	60	45	52		28	44	40	
	1998	45	32	30	32	38	46	47	40	42		26	34	43	
	1999	40	36	31	25	31		77	31	41	35	39	40	46	
	2000	59	48	35	19	39		66	31	41	30	35	38	55	
	2001	69	34	38	30	61		62	35	39	52	35	38	17	
	2002	65	31	42	51	44		59	31	42	31	33	38	53	
	2003	44	25	32	46	27		60	26	44	35	26	38	51	
	2004	52	22	26	32	23		47	34	52	48	23	34	37	
	2005	45	40	23	48	20		55	34	39	42	23	34	49	
	2006	48	25	25	76	29		69	39	39	39	21	34	47	
	2007	37	26	25	62	24		54	32	42	37	27	32	51	
	2008	39	23	26	67	23		40	28	30	29	28	29	50	39

Tabella 2.9: Concentrazione media annuale [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] per la verifica del rispetto del valore limite ($40 \mu\text{g}/\text{m}^3$)

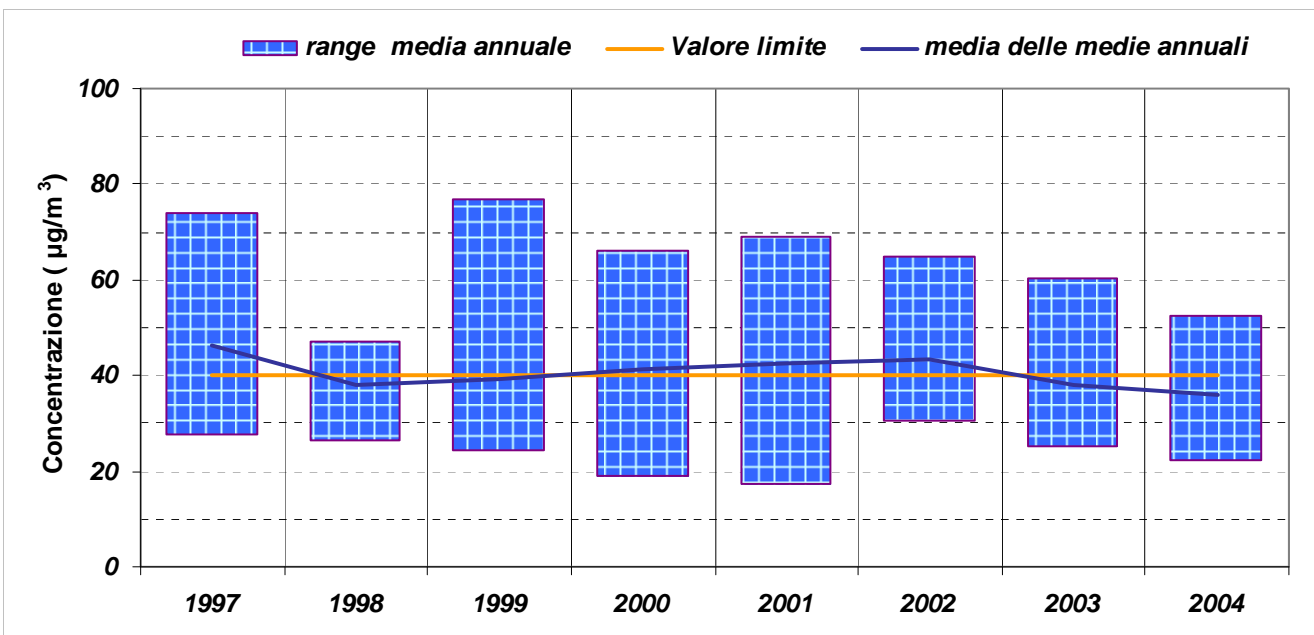


Figura 2.11: Biossido di azoto (NO_2) – Range (massimo – minimo) della concentrazione media annuale, confrontato con il valore limite ($40 \mu\text{g}/\text{m}^3$) e con la media delle medie annuali

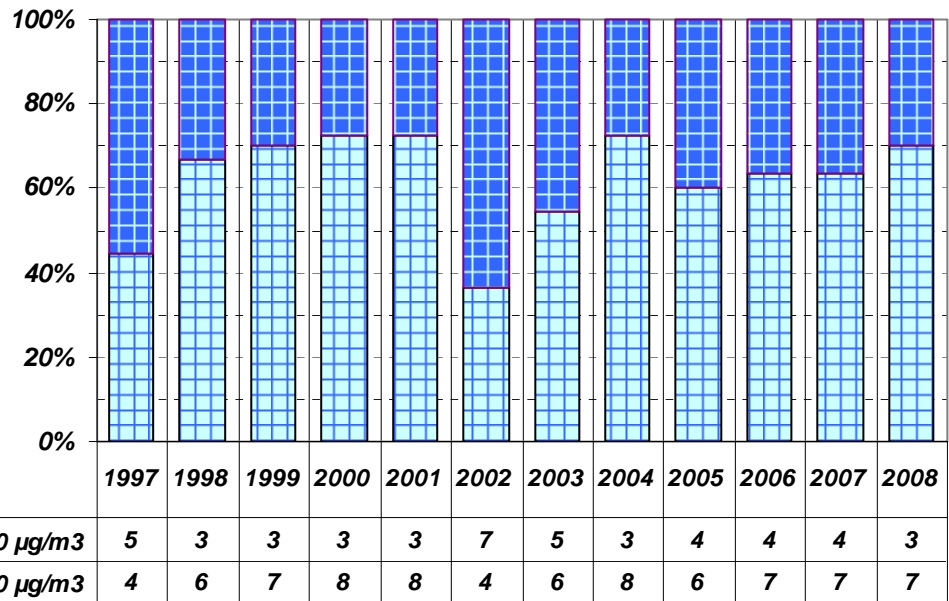


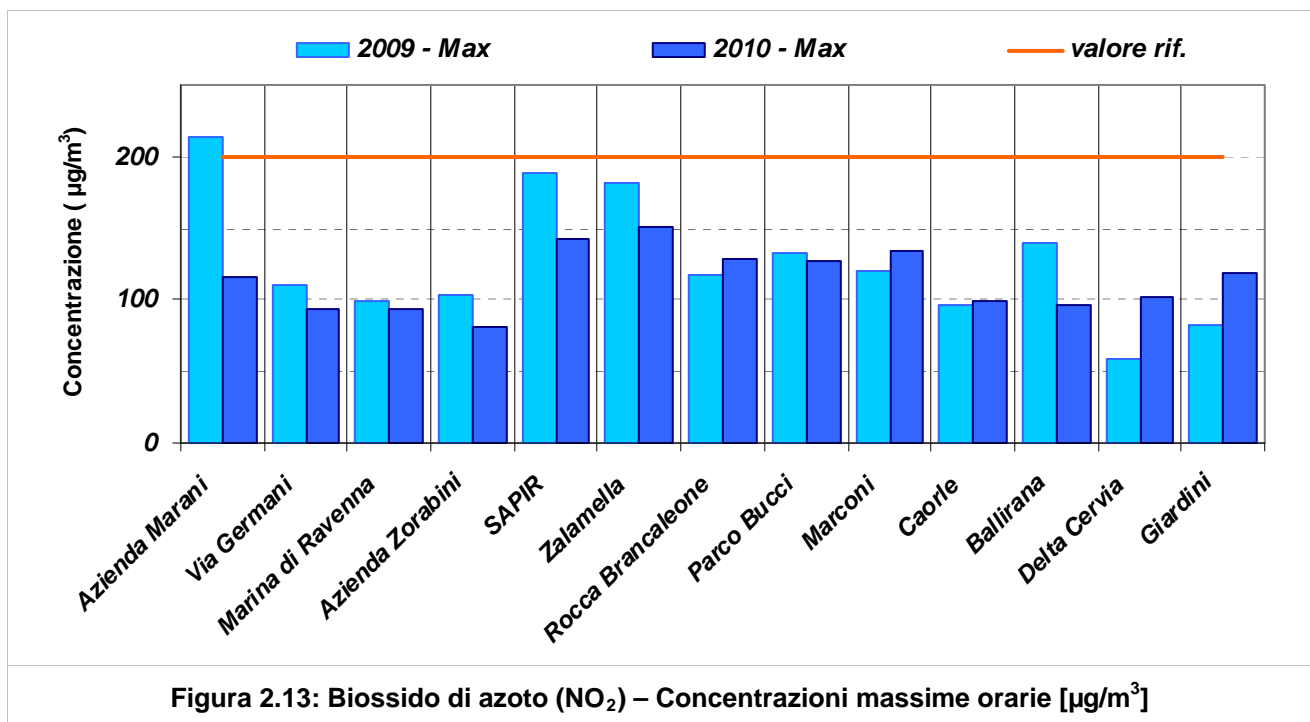
Figura 2.12: Biossido di azoto (NO₂) – Numero di stazioni con superamento del valore limite della media annuale (40 µg/m³)

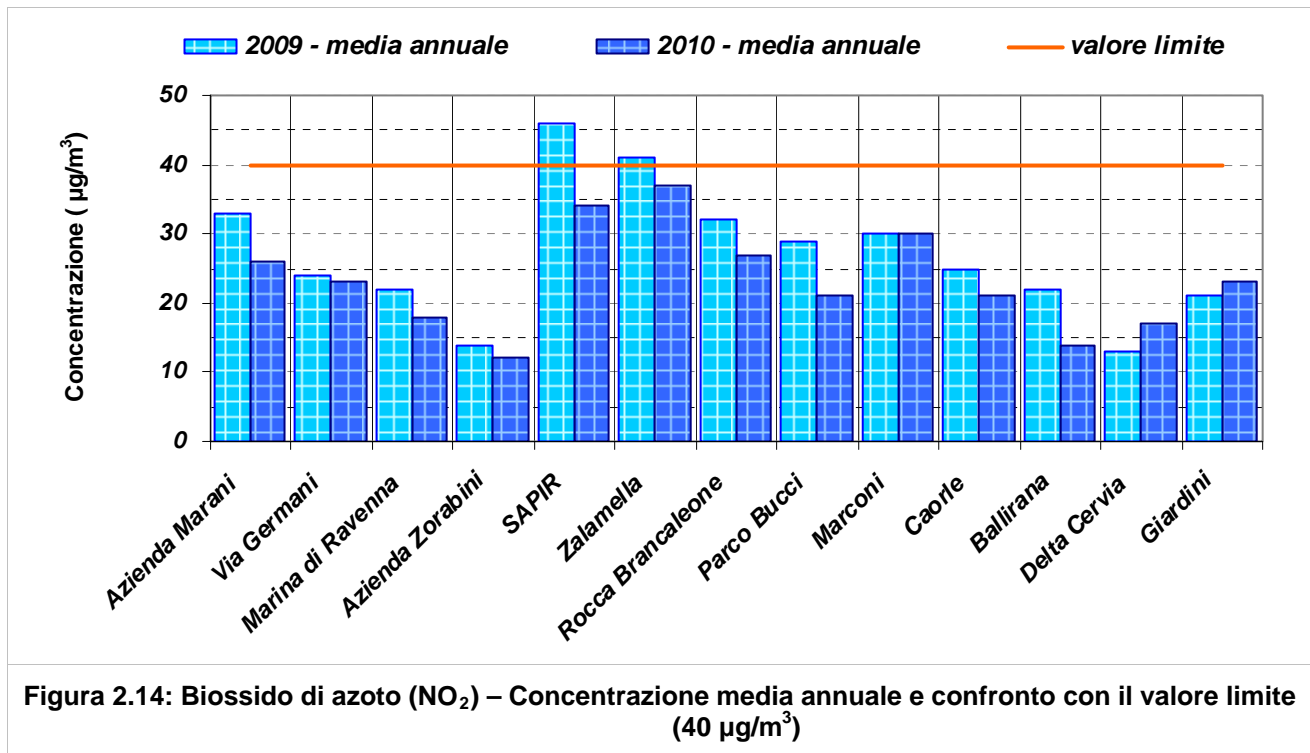
2009 - 2010

		Azienda Marani	Azienda Zorabini	Germani	SAPIR	Marina di Ravenna	Zalamella	Giardini ^(a)	Rocca Brancaleone	Caorle	Parco Bucci	Marconi	Ballirana	Delta Cervia ^(b)	
		Massimo (valore massimo orario rilevato nell'anno) [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]													
2009-2010	2009	214	104	111	188	99	182	82	118	96	132	120	139	59	
	2010	116	81	93	143	93	151	119	129	99	127	134	96	102	
		N° superamenti concentrazione oraria (ore con concentrazione > 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) [ore]													
2009-2010	2009	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	2010	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
		Media annuale [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]													
2009-2010	2009	33	14	24	46	22	41	21	32	25	29	30	22	13	
	2010	26	12	23	34	18	37	23	27	21	21	30	14	17	

Note:

- (a) Strumento installato il 16/04/2009 a partire da questa data efficienza del 99%
 (b) Strumento installato il 04/03/2009 a partire da questa data efficienza del 97%

Tabella 2.10: Concentrazioni di biossido di zolfo a livello provinciale – Anni 2009 e 2010

Figura 2.13: Biossido di azoto (NO₂) – Concentrazioni massime orarie [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]



COMMENTO AI DATI

Inizialmente nella rete di rilevamento di Ravenna erano in funzione quattro analizzatori per la misura degli ossidi di azoto totali (NO_x=NO+NO₂) senza possibilità di discriminazione tra NO e NO₂, installati nelle stazioni Amga (fine 1978), Laboratorio, Punta Marina e Pantanella (1979). Anche se non sono oggetto di elaborazione della presente relazione (che riporta le elaborazioni del biossido di azoto), un precedente documento¹ mostra come le concentrazioni misurate fossero spesso significative (>100 ppb di NO_x). In area urbana (Laboratorio) i dati risultavano più elevati in periodo invernale, quando alle emissioni dovute al traffico veicolare si aggiungevano i contributi del riscaldamento civile; in zona industriale (Amga) i livelli si mantenevano alti anche in estate, data la vicinanza di grosse sorgenti di tipo industriale.

Misure in continuo di biossido di azoto sono iniziate nel 1986 in una sola postazione (Amga), diventate cinque nel 1991. Le efficienze sono decisamente scarse fino al 1992, anno in cui erano installati, in area urbana e all'intorno dell'area industriale di Ravenna, sei monitor per il controllo delle concentrazioni in aria ambiente di questo inquinante (Tabella 2.2).

Le concentrazioni di NO₂ sono risultate critiche a partire dai primi anni di rilevazione fino ai giorni nostri.

Dall'89 al '96 c'è stato un significativo miglioramento della situazione, anche se permanevano criticità in alcune postazioni, in particolare in area urbana ed in prossimità della zona industriale di Ravenna. La media annuale è superiore a 40 µg/m³ nella maggior parte delle stazioni (Figura 2.7), mentre i 200 µg/m³ come media oraria vengono superati, fino al 1996, in due postazioni: Piazza Resistenza (area urbana) e SAPIR (area portuale/industriale), come riportato in tabella 2.5.

Nel periodo 1997 – 2008 le medie annuali tendono decisamente a diminuire (Figura 2.11), così come il numero di stazioni in cui si continua a superare il limite. Anche gli episodi acuti (concentrazione media oraria > 200 µg/m³) si riducono e, a parte il triennio 2001 e 2003, si registra un sostanziale rispetto del valore previsto dalla normativa (fa eccezione la postazione Sapiir in zona industriale e un dato elevato nel 2005 presso Zorabini), come mostrato in figura 2.9.

¹“ Analisi e gestione della qualità dell'aria a Ravenna”, pubblicazione a cura di F.Fortezza e V.Strocchi , 1986

Il 2010 è stato il primo anno in cui non sono stati rilevati massimi orari superiori a $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ in nessuna stazione di monitoraggio della Provincia, come rappresentato in figura 2.13.

Per quanto riguarda la soglia di allarme di $400 \mu\text{g}/\text{m}^3$ da non superare per più di 3 ore consecutive, si può osservare come massimi orari superiori a tale valore siano stati rilevati a SAPIR e/o Piazza Resistenza fino al 1997 (Tabella 2.4). Successivamente si è verificato un superamento nel 2000 nella postazione di Zorabini e uno nel 2002 a Germani, l'ultimo si è verificato nel 2006 presso la centralina dell'area portuale (SAPIR).

Le criticità relative alle concentrazioni massime orarie degli ossidi di azoto si ripropongono anche nelle medie di lungo periodo; fino al 1996 in più del 50% delle stazioni presenti sul territorio è stato superato il limite di $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ come media annuale (Figura 2.7), con valori addirittura superiori a $60 \mu\text{g}/\text{m}^3$ nelle due postazioni più critiche.

Anche in questo caso il decremento più significativo è stato rilevato, sull'intero territorio, nel decennio 1986-1996 (Figura 2.6), mentre nell'ultimo decennio i dati misurati evidenziano un andamento sostanzialmente costante, salvo per una lieve flessione nel corso dell'ultimo biennio.

Sicuramente al miglioramento complessivo ha contribuito, oltre alla diminuzione delle emissioni industriali, l'introduzione di sistemi di abbattimento delle emissioni da traffico veicolare (marmitta catalitica).

Comunque, i dati rilevati suggeriscono di mantenere sotto attento controllo questo inquinante anche alla luce delle interazioni esistenti fra gli ossidi di azoto e i due inquinanti secondari che presentano attualmente criticità sul territorio: O_3 e polveri (PM10 e PM2.5).

SCHEDA INDICATORE: Ozono (O₃)

NOME DELL'INDICATORE	<i>Concentrazioni in aria, a livello del suolo, di ozono (O₃)</i>		DPSIR	S
UNITA' DI MISURA	<i>microgrammi/metro cubo (µg/m³)</i>	FONTE	<i>Arpa- Sezione di Ravenna</i>	
COPERTURA SPAZIALE DATI	<i>Provincia</i>		COPERTURA TEMPORALE DATI	<i>1978 - 2010</i>
AGGIORNAMENTO DATI	<i>Annuale</i>			
RIFERIMENTI NORMATIVI	<i>DLg. 155/2010</i>			
METODI DI ELABORAZIONE DATI	<i>medie orarie, annuali, medie trascinate di otto ore, percentili, min/max, conteggio superamenti, AOT40</i>			

DESCRIZIONE DELL'INDICATORE

L'indicatore evidenzia la concentrazione al suolo di ozono (O₃). L'ozono troposferico è un inquinante secondario prodotto per effetto della radiazione solare in presenza di inquinanti primari (prodotti dal traffico, dai processi di combustione, dai solventi delle vernici, dall'evaporazione di carburanti, etc.). Le più alte concentrazioni si rilevano infatti nei mesi più caldi e nelle ore di massimo irraggiamento solare (fra le ore 12 e 17). L'AOT40 rappresenta la somma delle eccedenze orarie del valore di 40 ppb (80 µg/m³) nel periodo maggio-luglio tra le ore 8 e le 20 di ogni giorno. Rappresenta l'esposizione cumulata all'ozono al di sopra della soglia di concentrazioni di 40 ppb per recettori sensibili (colture agrarie).

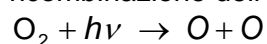
SCOPO DELL'INDICATORE

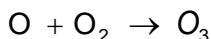
Quantificare le variazioni nelle concentrazioni di ozono (O₃) al suolo.

O₃ - GENERALITÀ ED EFFETTI SULL'AMBIENTE E SULL'UOMO
Generalità

L'ozono è un componente gassoso dell'atmosfera, di colore azzurro pallido, instabile, molto reattivo ed aggressivo, dall'odore pungente. Ha peso molecolare circa doppio rispetto a quello dell'aria. Assorbe fortemente la radiazione solare UV (ultravioletta) nella regione spettrale da 200 a 350 nm e debolmente attorno a 600 nm risultando quindi un formidabile schermo di protezione per una parte dello spettro delle radiazioni ultraviolette pericolose per le forme di vita del nostro pianeta.

Negli strati alti dell'atmosfera terrestre (stratosfera, a 15 – 50 km di altezza) l'ozono è di origine naturale, provocato dalla rottura del legame della molecola dell'ossigeno e conseguente ricombinazione dell'ossigeno libero con un'altra molecola di ossigeno:





In questo strato, come accennato, l'ozono aiuta a preservare la vita sulla terra creando un vero e proprio schermo nei confronti di pericolose radiazioni ultraviolette (raggi UV) provenienti dal sole. Ogni anno, durante la primavera dell'emisfero australe, per variazioni naturali la concentrazione dell'ozono stratosferico nell'area situata in prossimità del Polo Sud diminuisce. A causa degli inquinanti rilasciati in atmosfera sin dalla metà degli anni settanta, questa periodica diminuzione è diventata sempre più grande, tanto da indurre a parlare del fenomeno noto come "buco dell'ozono". Inoltre è stato individuato un assottigliamento della fascia di ozono anche in una piccola zona al polo Nord, sopra il Mare Artico, rendendo evidente la generale e graduale diminuzione dell'ozono nella stratosfera. Le sostanze inquinanti più implicate nel fenomeno del buco dell'ozono e più in generale nella riduzione dell'ozono stratosferico sono i Clorofluorocarburi (CFC), comunemente utilizzati come refrigeranti, solventi ed agenti propellenti (la produzione dei CFC è stata abbandonata in base ad accordi internazionali. Altri composti implicati nel fenomeno: gli HCFC (Idroclorofluorocarburi), una classe di composti chimici che hanno un'azione decisamente meno efficace sull'ozono e che vengono temporaneamente utilizzati per rimpiazzare i CFC (anche la produzione di HCFC dovrà essere abbandonata: nel 2020 nelle nazioni occidentali e nel 2040 nei Paesi in via di sviluppo); i gas Halon, utilizzati come agenti estinguenti del fuoco sia in sistemi fissi che in estintori portatili; altre sostanze come il metilcloroformio ed il tetracloruro di carbonio (comuni solventi industriali) e tutti quei composti volatili che comprendono nella loro struttura atomi di cloro o bromo (es. bromuro di metile, una sostanza chimica molto utilizzata in agricoltura come fumigante per eliminare i parassiti).

Negli strati bassi dell'atmosfera terrestre (troposfera: 0 – 15 km), dove l'energia solare non è più sufficiente a scindere il legame molecolare dell'O₂, l'ozono è invece presente in conseguenza a situazioni di inquinamento ed è nocivo per l'uomo e per l'ambiente.

L'ozono troposferico è generato da reazioni chimiche a partire dagli ossidi di azoto (NO_x) e composti organici volatili (VOC), in presenza di radiazione solare. Pertanto le concentrazioni più elevate si riscontrano soprattutto nei periodi estivi, in cui si presentano le condizioni favorevoli alla sua formazione, forti insolazioni e scarsa ventilazione.

Nella troposfera non vi sono emissioni significative di ozono prodotte dall'uomo e l'ozono presente è di origine secondaria, ovvero prodotto da reazioni fotochimiche che coinvolgono direttamente l'ossigeno atmosferico, reazioni attualmente enormemente amplificate dagli inquinanti immessi direttamente in atmosfera dall'uomo (precursori). Nelle aree non inquinate del pianeta le concentrazioni di fondo osservate variano da circa 40 a 160 µg/m³; in queste zone l'ozono presente è dovuto, essenzialmente, al trasporto di ozono dall'alta troposfera, dalla stratosfera e da produzione locale provocata da irraggiamento solare (scarsamente significativa al livello del mare ma più significativa in quota, es. in montagna, dove la concentrazione di ozono è più alta perché non vi sono sostanze che l'abbattono, mentre a livello del suolo le nuove emissioni di NO tendono a distruggerlo). Quantitativi di ozono sensibilmente inferiori vengono prodotti dalle scariche atmosferiche durante i temporali.

Nelle aree popolate del pianeta, interessate dalla presenza di inquinanti primari di origine umana, il principale meccanismo di produzione dell'ozono è costituito dal processo chimico-fisico che dà origine allo smog fotochimico.

Tali fenomeni si presentano generalmente nelle aree urbane interessate da intenso traffico di autoveicoli e nelle regioni intensamente industrializzate, specie con alta intensità di industrie petrolchimiche. L'inquinamento fotochimico è presente anche in aree rurali, a causa del trasporto degli inquinanti dalle aree metropolitane e dalle zone ad alta industrializzazione: l'inquinamento da ozono non esplica i suoi potenziali pericoli solo all'interno di zone ad elevato inquinamento ma può essere responsabile di problemi anche in zone potenzialmente non interessate direttamente dall'inquinamento atmosferico.

Per smog fotochimico si intendono i prodotti ottenuti dalle svariate reazioni possibili tra ozono, ossidi di azoto e VOC (composti organici volatili, tra cui gli idrocarburi provenienti dalle benzine)

innescate dalla radiazione solare; l'ozono rappresenta, oltre che il precursore, anche il principale tracciante dello smog fotochimico.

Reazioni caratteristiche a livello atmosferico

L'ozono reagisce con i VOC e NOx con reazioni alquanto complesse, dando origine a radicali ed a prodotti finali anche altamente tossici quali i perossialcitrati (PAN) in un processo, noto in letteratura come ciclo fotolitico, i cui prodotti finali sono identificati genericamente con il nome di inquinanti fotochimici.

La grande importanza attribuita all'inquinamento fotochimico dipende dal fatto che il tempo di permanenza dell'ozono nell'atmosfera (qualche giornata) è lungo abbastanza da consentire la sua propagazione a grande distanza, una volta che si sia formato, e ciò accade normalmente quando un anticiclone (alta pressione) si stabilizza in zone caratterizzate da intensa emissione di VOC e NOx (aree urbane e/o altamente industrializzate).

La descrizione del complesso fenomeno di formazione dello smog fotochimico si avvale di modelli teorici che descrivono le principali reazioni coinvolte e gli stati di equilibrio conseguenti più o meno complessi. In particolare, poiché quando la concentrazione di NO si avvicina a zero il normale processo di eliminazione dell'ozono non interviene e aumenta la concentrazione di O₃ nell'atmosfera, si ha l'impossibilità della coesistenza in grandi concentrazioni di O₃ e di NO. La concentrazione di O₃, se presente, tende quindi a ridursi in vicinanza di sorgenti di NO, come strade ad alta densità di traffico.

Nel ciclo giornaliero si verifica che nelle prime ore della mattina, quando l'attività umana è al minimo, la concentrazione dei primari (NOx ed idrocarburi) è stazionaria e la concentrazione dei secondari (prodotti dall'ossidazione degli idrocarburi) è ad un livello minimo. All'aumentare della attività umana, inizia l'accumulo di NOx (in particolare NO) ed idrocarburi e, quando l'intensità della radiazione UV è sufficiente, si generano quantità di O₃ considerevoli. Mentre aumenta l'O₃ (che raggiunge il massimo circa a metà giornata), diminuisce l'NO₂, calano gli idrocarburi e si accumulano aldeidi, chetoni e PAN. Solo verso sera l'intensità della radiazione ultravioletta non è più sufficiente per generare nuovo O₃. L'ozono accumulatosi durante la giornata viene "consumato" per convertire l'NO in NO₂ e ne diminuiscono i livelli.

Effetti sull'ambiente e sull'uomo

Sulle piante gli effetti dell'ozono sono segnalati da macchie, da piccoli punti di necrosi cellulare sulla superficie delle foglie o da bruciature a livello dei germogli. La concentrazione di zuccheri nella pianta influisce sulla sua resistenza all'ozono e quindi sul valore soglia di tossicità.

La pericolosità nei confronti dell'uomo deriva dall'alto potere ossidante della molecola di ozono e dalla sua capacità di giungere facilmente a livello alveolare. Ha effetti anche a concentrazioni relativamente basse e può provocare reazioni variabili da individuo ad individuo. Attacca i tessuti delle vie aeree, provoca disturbi alla respirazione, aggrava gli episodi di asma.

A basse concentrazioni, la sensibilità all'ozono si manifesta con stanchezza, mal di testa, limitazione delle capacità respiratorie e, a concentrazioni più elevate, con tosse ed irritazioni delle mucose.

Mentre una esposizione acuta crea problemi in generale risolvibili una volta cessata l'esposizione per un periodo di almeno 48 ore, un'esposizione prolungata a quantitativi anche non elevati provoca fenomeni di sensibilizzazione ed irritazione persistenti.

Concentrazione di O₃ ed effetti indicativi sull'uomo:

Principali effetti sull'uomo	Concentrazioni	
livello di soglia di presenza avvertibile	0.05 ppm	≅ 100 µg/m ³
Secchezza delle fauci	0.1 ppm	≅ 200 µg/m ³
Mancanza di coordinazione (2 h di esposizione)	1 - 3 ppm	≅ 2000 - 6000 µg/m ³
Edema polmonare (2 h di esposizione)	9 ppm	≅ 18000 µg/m ³
Conc. Troposferica Media	40 – 160 µg/m³	

I gruppi di persone particolarmente sensibili all'ozono sono: i bambini, le persone con malattie respiratorie (asma, broncopneumopatie croniche), le persone che presentano una particolare suscettibilità all'ozono (per es. gli anziani o le persone con malattie cardiache), ed i soggetti, anche sani, che fanno attività fisica all'aperto (per lavoro, gioco o sport). Infatti tali attività determinano nelle persone un aumento della frequenza respiratoria che produce una penetrazione più profonda dell'ozono nelle parti dei polmoni che sono più vulnerabili.

In generale, all'aumentare delle concentrazioni di ozono nell'aria aumenta progressivamente la quota di persone nella popolazione che manifesta dei disturbi, e le conseguenze sulla salute diventano progressivamente più gravi. Gli effetti saranno tanto più intensi quanto più lunga è la durata dell'esposizione, quanto maggiore è l'attività fisica svolta dall'individuo e quanto più è compromesso lo stato di salute respiratoria del soggetto.

In funzione delle concentrazioni vengono date alcune indicazioni comportamentali tese a limitare gli effetti negativi dell'esposizione all'ozono:

Concentrazione O ₃ (µg/m ³)	
> 240	I soggetti a rischio trascorrono le ore più calde della giornata all'interno di abitazione ed evitano di svolgere qualunque attività fisica all'aperto, in particolare nelle ore più calde e di massima insolazione della giornata. Tutti evitano un'attività fisica intensa all'aperto nelle ore più calde e di massima insolazione della giornata
181 - 240	I soggetti a rischio evitano di svolgere attività fisica anche moderata all'aperto nelle ore più calde e di massima insolazione della giornata (usualmente tra le 12 e le 17). Tutti evitano di svolgere attività fisica molto intensa all'aperto nelle ore più calde e di massima insolazione della giornata
121 - 180	Per concentrazioni superiori a 120 µg/m ³ , è opportuno per tutti, ed in particolare per i gruppi a rischio, adottare una serie di comportamenti atti a ridurre il più possibile l'esposizione ad ozono, ad esempio ventilando gli ambienti domestici nelle ore più fresche della giornata (primo mattino o sera), o cercando di svolgere i lavori pesanti o le attività sportive nelle prime ore della giornata o in serata.
0 - 120	Concentrazioni di ozono inferiori a 100-120 µg/m ³ possono essere considerati livelli al di sotto dei quali gli effetti acuti per la salute della popolazione sono minimi.

LIVELLI FISSATI DAL DLVO 155/2010 E VALORI GUIDA OMS

Per l'ozono il DLvo 155/2010 prevede:

- valori obiettivo (livello fissato al fine di evitare, prevenire o ridurre effetti nocivi per la salute umana o per l'ambiente nel suo complesso, da conseguire, ove possibile, entro una data prestabilita [per l'ozono: 2010, valutati il 2013])
- obiettivi a lungo termine (livello da raggiungere nel lungo periodo mediante misure proporzionate, al fine di assicurare un'efficace protezione della salute umana e dell'ambiente [termine non definito];,
- soglia di allarme (livello oltre il quale sussiste un rischio per la salute umana in caso di esposizione di breve durata per la popolazione nel suo complesso ed il cui raggiungimento impone di adottare provvedimenti immediati);
- soglia di informazione (livello oltre il quale sussiste un rischio per la salute umana in caso di esposizione di breve durata per alcuni gruppi particolarmente sensibili della popolazione nel suo complesso ed il cui raggiungimento impone di assicurare informazioni adeguate e tempestive).

In particolare:

O_3	Finalità	Periodo di mediazione	Valore obiettivo
Valori Obiettivo	Protezione della salute umana	Media massima giornaliera calcolata su 8 ore	120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ da non superare più di 25 volte per anno civile come media su 3 anni
	Protezione della vegetazione	Anno civile	AOT40 $\leq 18.000 \mu\text{g}/\text{m}^3\cdot\text{h}$ come media su 5 anni

O_3	Finalità	Periodo di mediazione	Obiettivo a lungo termine
Obiettivi a lungo termine	Protezione della salute umana	Media massima giornaliera calcolata su 8 ore nell'arco di un anno civile	120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
	Protezione della vegetazione	Da maggio a luglio	AOT40 $\leq 6000 \mu\text{g}/\text{m}^3\cdot\text{h}$

O_3	Finalità	Periodo di mediazione	Obiettivo a lungo termine
Soglie di informazione e di allarme	Informazione	1 ora	180 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
	Allarme	1 ora ¹	240 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

⁽¹⁾ I piani d'azione vengono attivati se il superamento della soglia è misurato o previsto per tre ore consecutive

I VALORI GUIDA PREVISTI DALL'OMS

O_3	Periodo di mediazione	Valore guida
Valori guida OMS (2006)	Media massima giornaliera calcolata su 8 ore	100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

MONITORAGGIO DELL'INQUINANTE IN PROVINCIA DI RAVENNA
STAZIONE E TIPOLOGIA

STAZIONE	TIPOLOGIA	
Amga	Industriale	<i>Ind_Ru</i>
Ballirana	Fondo rurale	<i>FRu</i>
Caorle	Fondo Urbano Residenziale	<i>FU_Res</i>
Ceramiche	Traffico Urbano	<i>TU</i>
Delta Cervia	Fondo subUrbano	<i>F_SubU</i>
Germani	Industriale / Fondo sub urbano	<i>Ind_FSubU</i>
Giardini	Fondo Urbano	<i>FU</i>
Marina di Ravenna	Industriale / Sub Urbano	<i>Ind_SubU</i>
Parco Bucci	Fondo Urbano	<i>FU</i>
Piazza Resistenza	Traffico Urbano	<i>TU</i>
Rocca Brancaleone	Traffico / Fondo Urbano Residenziale	<i>T_FU_Res</i>
SAPIR	Industriale	<i>Ind</i>
Zorabini	Industriale / Rurale	<i>Ind_Ru</i>

Tabella 3.1: Stazioni in cui è stato monitorato l'ozono e loro tipologia

PERIODO DI MONITORAGGIO NELLE DIVERSE POSTAZIONI ED EFFICIENZA PERCENTUALE (%)

		Amga	Germani	SAPIR	Marina di Ravenna	Zorabini	Piazza Resistenza	Rocca Brancaleone	Cotignola	Caorle	Parco Bucci	Giardini	Delta Cervia	Ballirana
1972 - 1988	1978	17												
	1979	43												
	1980	64												
	1981	35												
	1982	52												
	1983	31												
	1984	9												
	1985	58												
	1986	39												
	1987	36												
	1988	57												
1989 - 1996	1989	51												
	1990	87												
	1991													
	1992		90	95			96							
	1993		77	82	6		100							
	1994		96	95	89		100							
	1995		98	95	95		98							
	1996		100	94	99		99				96			
1997 - 2008	1997		100	80	100		97				85			
	1998		100	97	100		98	90			93			
	1999		100	97	100			98	96	78	89			
	2000		99	97	100			99	97	98	95			
	2001		99	94	99			98	100	97	91			
	2002		99	95	98			91	84	100	93			
	2003		98	96	98			95	99	99	94			
	2004		99	98	100			94	96	98	94			
	2005		98	87	99			91	79	97	85			
	2006		99	100	100			99	97	99	94			
	2007		98	99	98			88	97	98	97			
2008		99	97	86			98	75	100	99				
2009 - 2010	2009		88	99	91			99			99	68	81	88
	2010			97	100	100		96			96	100	97	99

Legenda:

efficienza percentuale > 75%
 efficienza percentuale < 75%
 Analizzatore non installato

Tabella 3.2: Ozono - Periodo di monitoraggio dell'ozono nelle diverse postazioni ed efficienza percentuale annuale di campionamento

GRAFICI E TABELLE
1972 - 1988

Nel periodo 1978 – 1988 l'unica stazione in cui viene monitorato in continuo l'ozono è Amga: l'analizzatore ha funzionato in modo piuttosto discontinuo da fine 1978 ad inizio 1991.

L'efficienza per questo inquinante è, per gli anni 1972 ÷ 1988 inferiore al 75%.

Vi è comunque da rilevare che tale analizzatore è stato il primo a funzionare in continuo in Italia e pertanto la serie storica, per quanto incompleta, risulta la più antica disponibile.

Negli stessi anni (1980-90) operarono anche altri analizzatori, utilizzati sul laboratorio mobile ed in altre postazioni temporanee (tra le quali anche diversi punti in mare fuori costa ed in quota, utilizzando aerei appositamente attrezzati). I risultati di tali misure contribuirono a studiare la diffusione dell'ozono in tutta l'area.

Per avere comunque una valutazione delle concentrazioni di ozono a Ravenna in questo arco di tempo, e considerando la natura dell'inquinante e la sua spiccata stagionalità, è stata verificata l'efficienza da maggio a settembre e sono state calcolate alcune statistiche per gli anni in cui, in questo periodo, l'efficienza risultava > al 70% .

Anno	N° dati disponibili	efficienza %	Media	Mediana	Max	98° perc.	N° sup. della media 8 ore di 120 µg/m ³	N° giorni con sup. della media 8 ore di 120 µg/m ³	Sup. della media oraria di 180 µg/m ³	N° giorni con sup 180 µg/m ³	Sup. tre ore consecutive di 240 µg/m ³
1980	3056	83%	103	112	226	205	1072	90	249	63	0
1982	2560	70%	83	81	233	197	557	67	111	28	0
1985	2655	72%	77	80	269	176	314	46	41	17	0
1986	2834	77%	45	44	166	108	9	2	0	0	0
1987	2584	70%	75	81	223	172	306	50	33	9	0
1988	2687	73%	40	41	117	92	0	0	0	0	0

Tabella 3.3: Elaborazioni delle concentrazioni di ozono, periodo maggio – settembre, stazione Amga

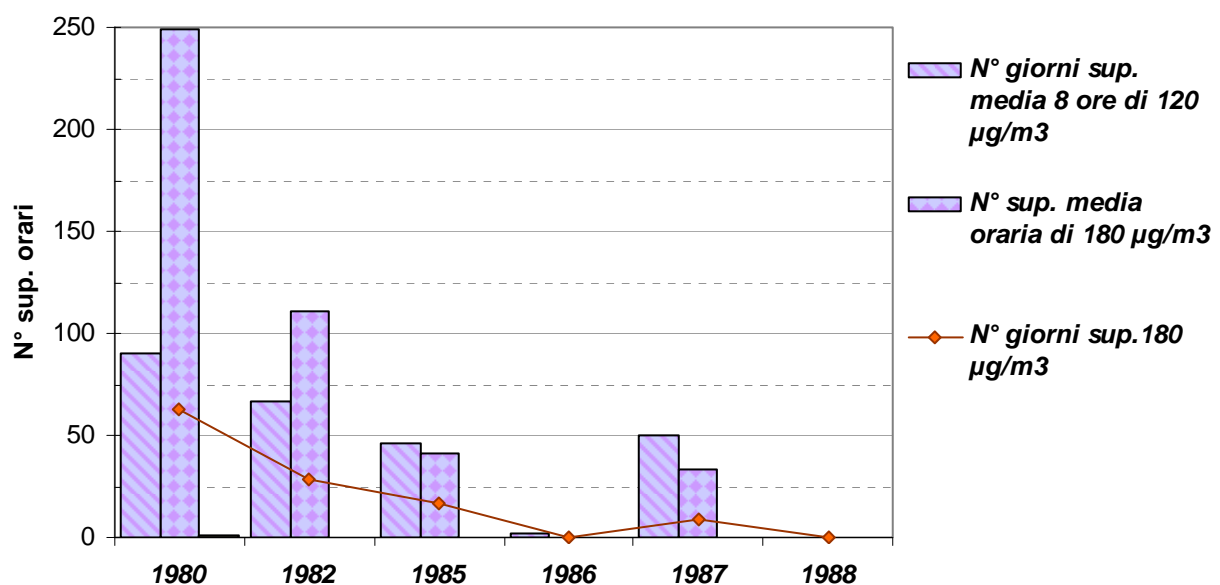


Figura 3.1: Ozono (O₃) – Stazione Amga - Superamenti dell'obiettivo a lungo termine per la salute umana (120 µg/m³) e della soglia di informazione alla popolazione (180 µg/m³)

1989 – 1996

		Amga	Germani	SAPIR	Marina di Ravenna	Piazza Resistenza	Parco Bucci
		Valore massimo orario rilevato nell'anno (Max) [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]					
1989 - 1996	1989	303					
	1990	344					
	1991						
	1992		294	275		298	
	1993		195	224		211	
	1994		212	216	248	204	
	1995		214	205	210	184	
	1996		224	263	226	292	230

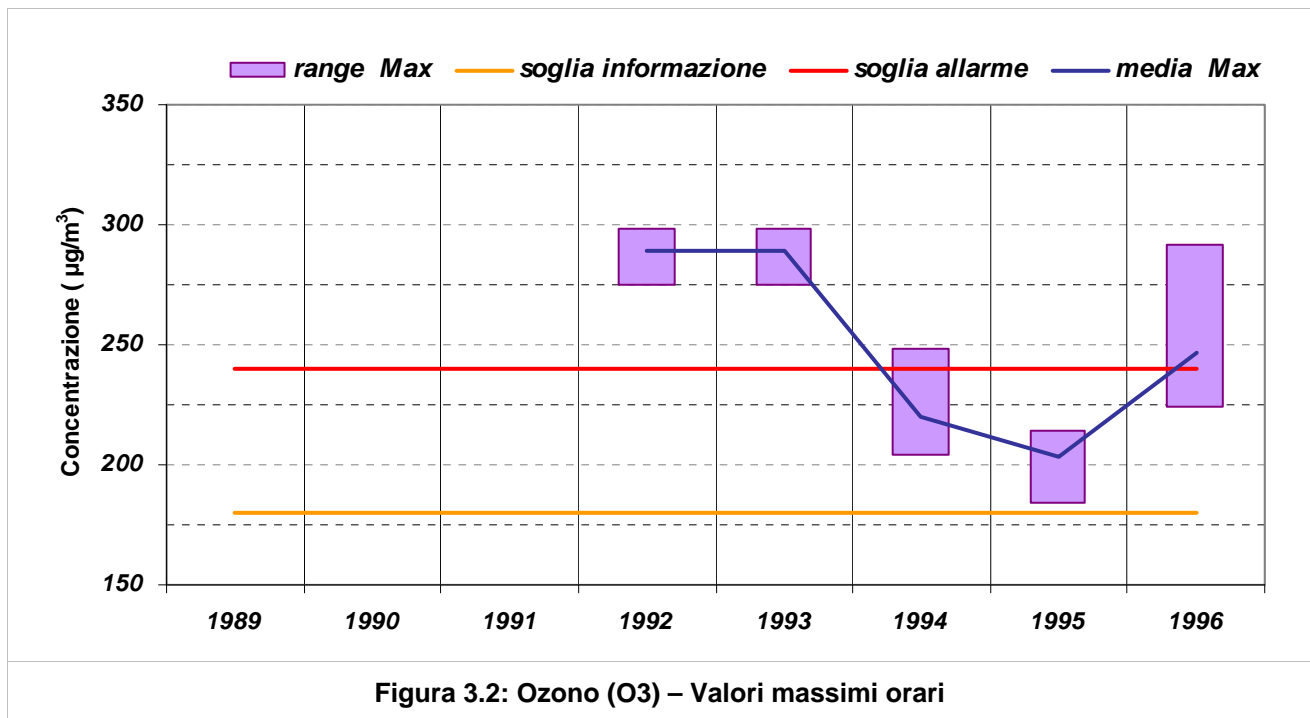
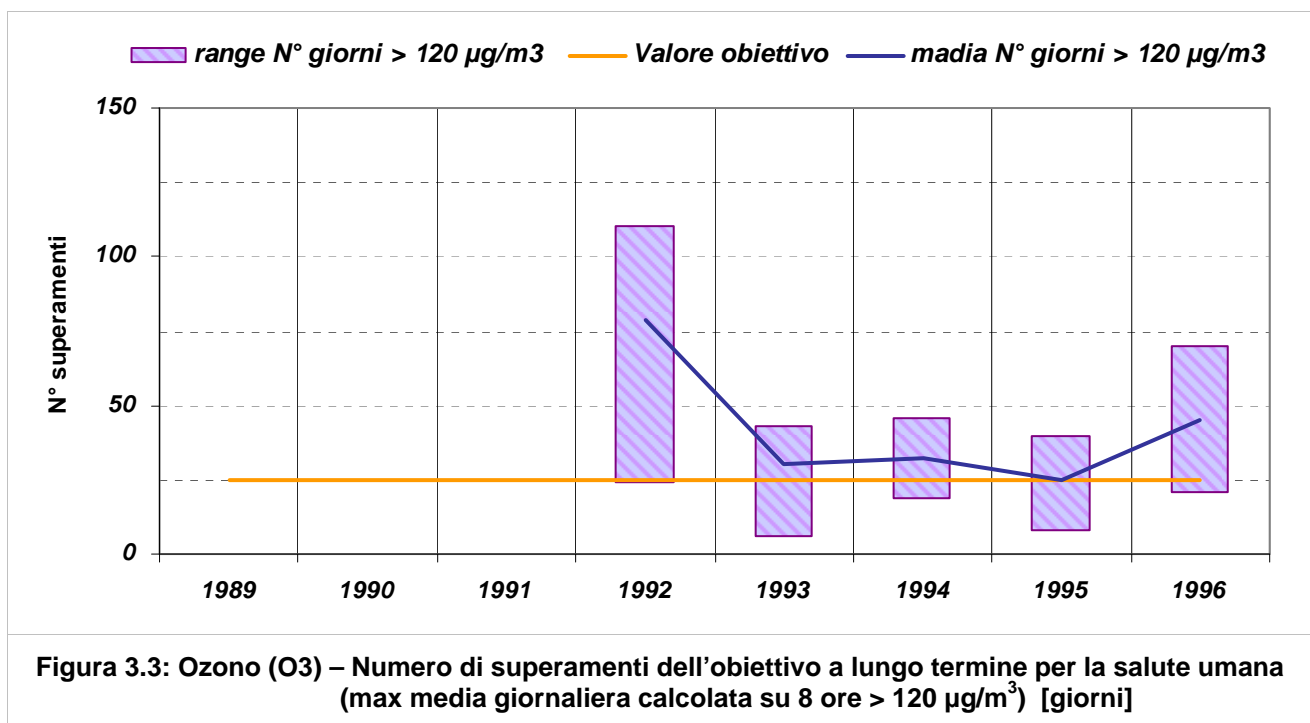
 Tabella 3.4: Concentrazioni massime orarie di ozono [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]


Figura 3.2: Ozono (O3) – Valori massimi orari

		Amga	Germani	SAPIR	Marina di Ravenna	Piazza Resistenza	Parco Bucci
		N° giorni con sup. obiettivo a lungo termine salute umana [giorni]					
1989 - 1996	1989	38					
	1990	37					
	1991						
	1992		24	102		110	
	1993		6	43		42	
	1994		34	46	31	19	
	1995		40	29	22	8	
	1996		40	54	41	21	70

Tabella 3.5: Numero di giorni con superamento dell'obiettivo a lungo termine per la salute umana (max media giornaliera calcolata su 8 ore > 120 µg/m³) [giorni]



		Amga	Germani	SAPIR	Marina di Ravenna	Piazza Resistenza	Parco Bucci
		N° ore con superamento della soglia di informazione [ore]					
1989 - 1996	1989	125					
	1990	7					
	1991						
	1992		14	181		225	
	1993		1	26		12	
	1994		26	46	17	2	
	1995		17	11	8	1	
	1996		20	29	24	24	34
		N° giorni con superamento della soglia di informazione [giorni]					
1989 - 1996	1989	26					
	1990	2					
	1991						
	1992		7	43		49	
	1993		1	9		7	
	1994		9	15	7	1	
	1995		7	6	4	1	
	1996		6	8	6	5	9
		N° di giorni con superamento della soglia di allarme [giorni]					
1989 - 1996	1989	3					
	1990	0					
	1991						
	1992		0	2		4	
	1993		0	0		0	
	1994		0	0	0	0	
	1995		0	0	0	0	
	1996		0	1	0	1	0

Tabella 3.6: Numero di ore e di giorni con superamento della soglia di informazione (media oraria > 180 µg/m³); numero di giorni con superamento della soglia di allarme (media di 1 h per 3 ore consecutive > 240 µg/m³)

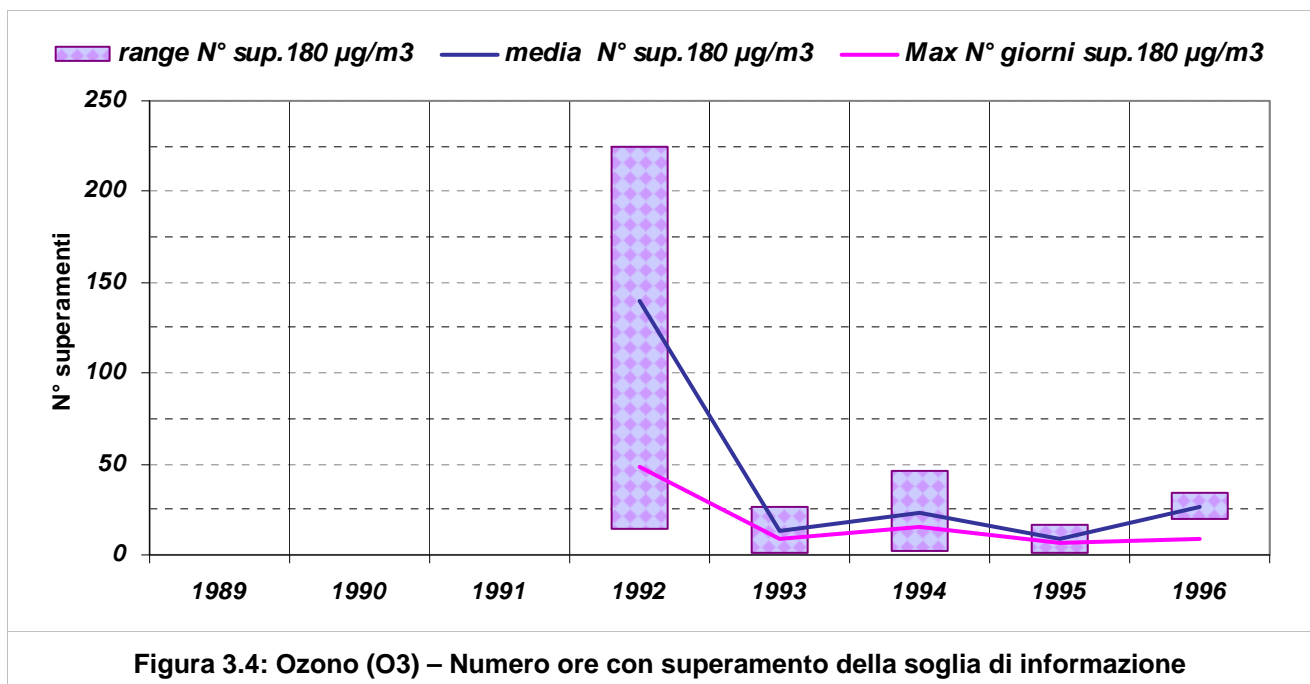
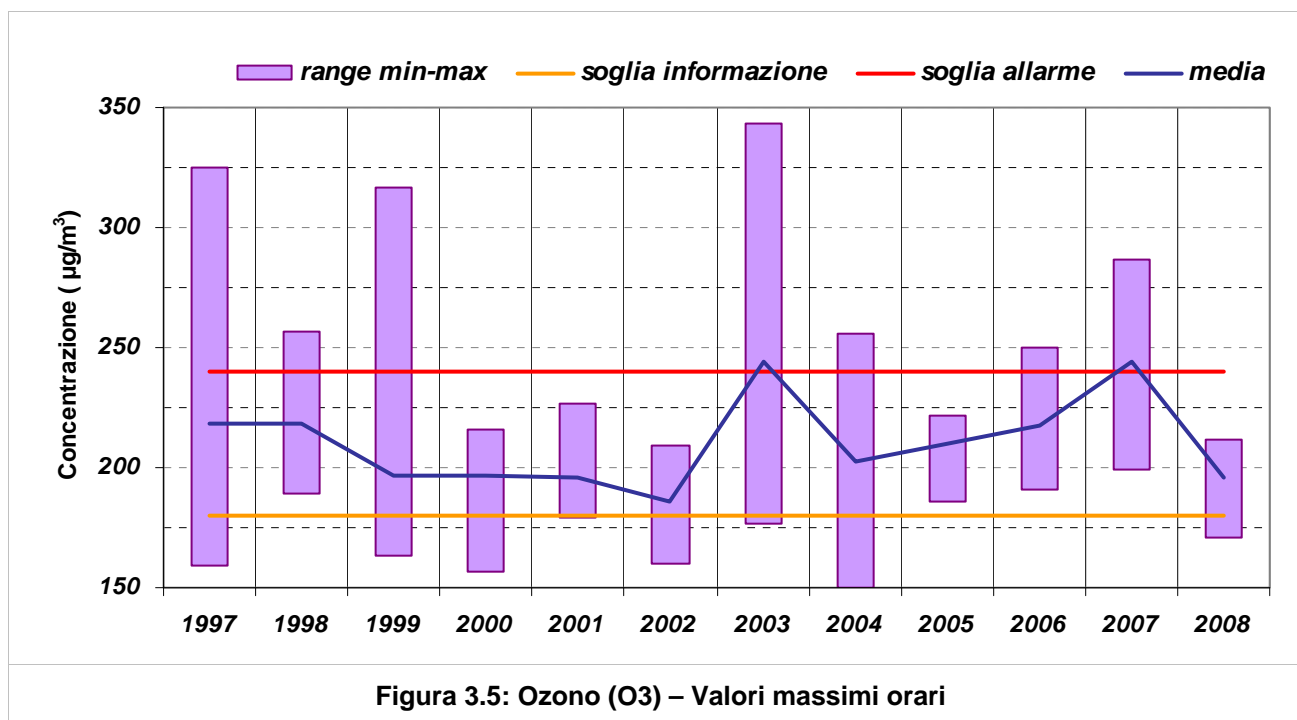


Figura 3.4: Ozono (O₃) – Numero ore con superamento della soglia di informazione

1997 - 2008

		Germani	SAPIR	Marina di Ravenna	Piazza Resistenza	Rocca Brancaleone	Cotignola	Caorle	Parco Bucci
1997 - 2008	1997	204	325	187	159				218
	1998	203	195	228	189	236			257
	1999	167	163	187		174	202	317	168
	2000	194	157	194		196	206	212	216
	2001	189	183	202		189	227	199	179
	2002	194	160	167		209	206	190	172
	2003	323	177	343		233	209	208	215
	2004	227	116	211		196	256	217	196
	2005	213	222	211		186	220	212	208
	2006	215	230	213		210	250	212	191
	2007	247	245	234		235	287	262	199
	2008	200	195	196		200		212	171

 Tabella 3.7: Concentrazioni massime orarie di ozono [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]


		Germani	SAPIR	Marina di Ravenna	Piazza Resistenza	Rocca Brancaleone	Cotignola	Caorle	Parco Bucci
1997 - 2008	1997	56	24	32	8				84
	1998	63	16	94	18	43			55
	1999	21	11	36		21	38	35	13
	2000	50	4	33		35	56	62	63
	2001	33	8	21		40	63	34	21
	2002	32	3	10		23	25	14	18
	2003	90	1	77		64	49	26	60
	2004	78	0	81		10	39	15	21
	2005	63	21	56		25	33	52	62
	2006	55	54	45		46	54	65	48
	2007	54	54	56		36	66	36	23
2008	36	40	37		32		54	14	

Tabella 3.8: N° giorni con sup. obiettivo a lungo termine salute umana (max media giornaliera calcolata su 8 ore > 120 µg/m³) [giorni]

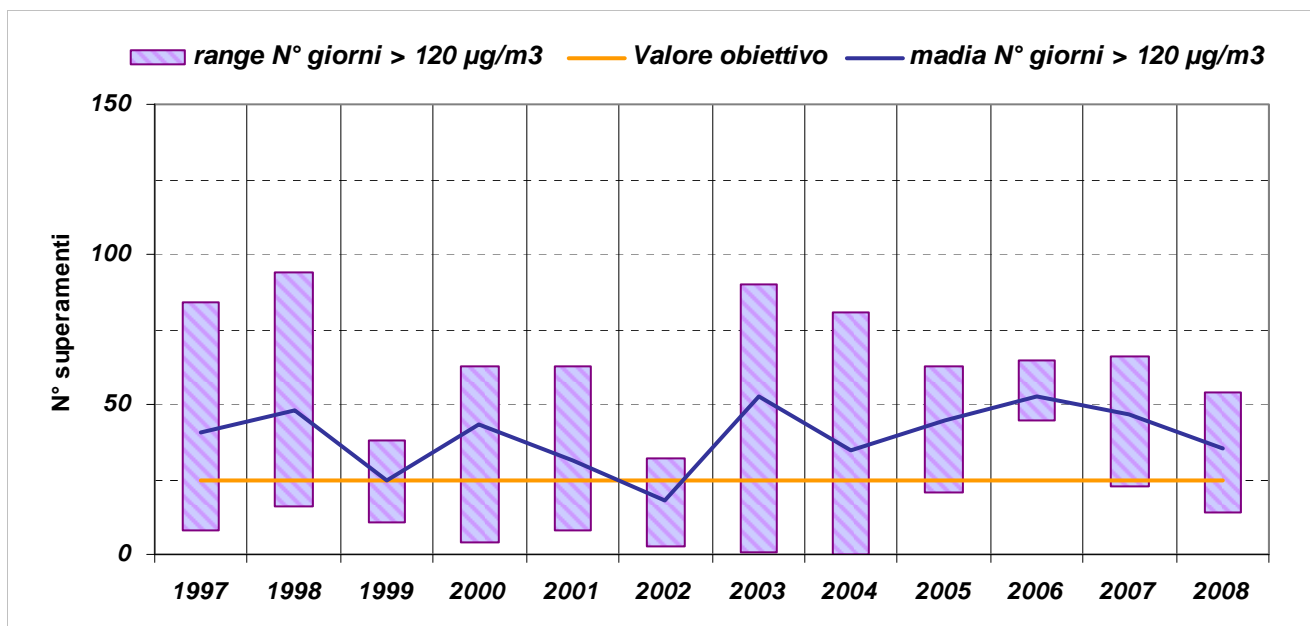
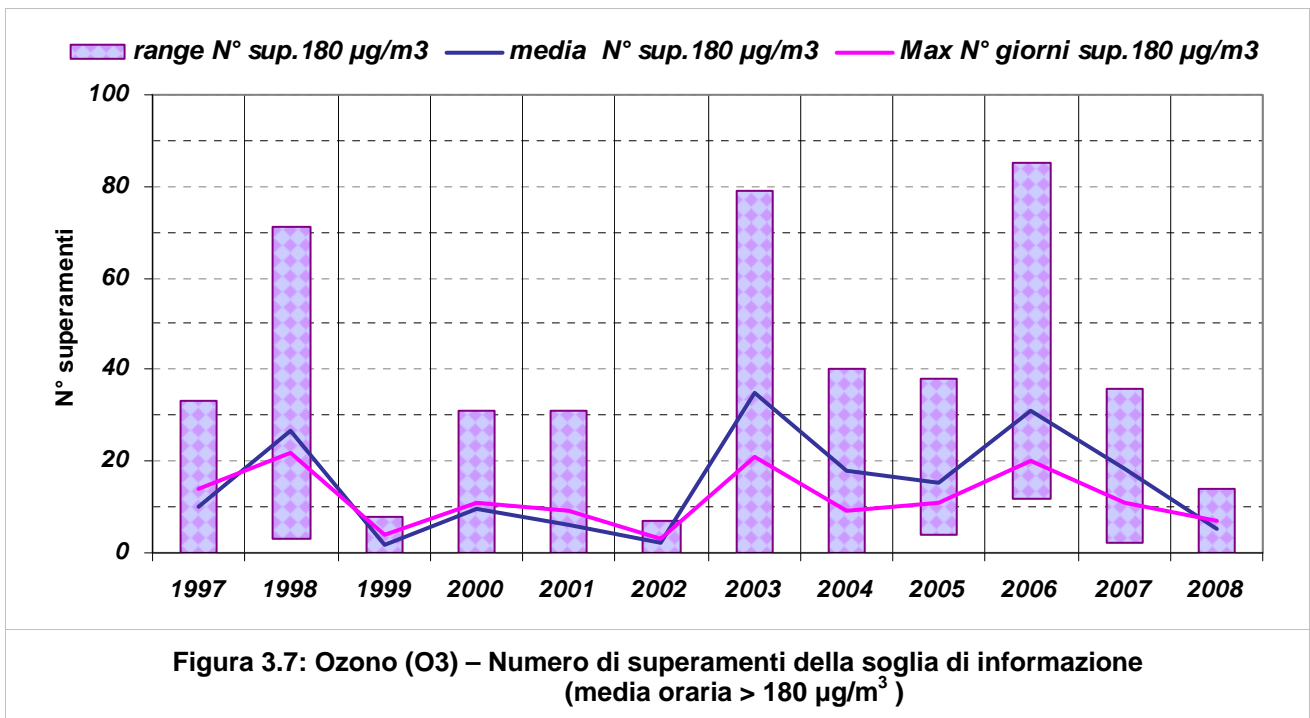


Figura 3.6: Ozono (O₃) – Numero di superamenti dell'obiettivo a lungo termine per la salute umana

		Germani	SAPIR	Marina di Ravenna	Piazza Resistenza	Rocca Brancaleone	Cotignola	Caorle	Parco Bucci
		N° ore con superamento della soglia di informazione [ore]							
1997 - 2008	1997	13	2	2	0				33
	1998	27	3	71	3	21			34
	1999	0	0	3		0	8	2	0
	2000	5	0	1		6	9	16	31
	2001	3	1	4		1	31	4	0
	2002	4	0	0		4	7	1	0
	2003	76	0	79		45	12	12	21
	2004	37	0	27		3	40	16	3
	2005	38	12	21		4	12	17	4
	2006	26	23	25		17	85	28	12
2007	16	28	12		15	36	18	2	
2008	4	4	6		4		14	0	
		N° giorni con superamento della soglia di informazione [giorni]							
1997 - 2008	1997	6	2	1	0				14
	1998	12	2	22	3	7			12
	1999	0	0	2		0	4	2	0
	2000	3	0	1		4	4	7	11
	2001	2	1	1		1	9	1	0
	2002	3	0	0		2	3	1	0
	2003	21	0	21		13	6	2	7
	2004	9	0	6		1	8	4	1
	2005	11	2	8		3	6	9	2
	2006	7	6	7		6	20	10	7
2007	6	7	4		4	11	5	1	
2008	2	2	3		2		7	0	
		N° di giorni con superamento della soglia di allarme [giorni]							
1997 - 2008	1997	0	1	0	0				0
	1998	0	0	0	0	0			2
	1999	0	0	0		0	0	1	0
	2000	0	0	0		0	0	0	0
	2001	0	0	0		0	0	0	0
	2002	0	0	0		0	0	0	0
	2003	3	0	5		0	0	0	0
	2004	0	0	0		0	2	0	0
	2005	0	0	0		0	0	0	0
	2006	0	0	0		0	2	0	0
	2007	1	1	0		0	1	1	0
2008	0	0	0		0		0	0	

Tabella 3.9: Numero di ore e di giorni con superamento della soglia di informazione (media oraria > 180 µg/m³); numero di giorni con superamento della soglia di allarme (media di 1 h per 3 ore consecutive > 240 µg/m³)



2009 - 2010

		Germani	SAPIR	Marina di Ravenna	Zorabini	Rocca Brancaleone	Parco Bucci	Giardini ⁽¹⁾	Delta Cervia	Ballirana
		Valore massimo orario rilevato nell'anno (Max) [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]								
2009 - 2010	2009	157	157	179		154	180	154	186	144
	2010		180	178	101	170	156	175	191	168

Nota ⁽¹⁾ - Lo strumento per la misura dell'ozono è in funzione nella stazione Giardini dal 16/04/2009. A partire da questa data l'efficienza è del 96%. Considerando la natura dell'inquinante e la sua spiccata stagionalità, sono state calcolate ugualmente le statistiche per il 2009.

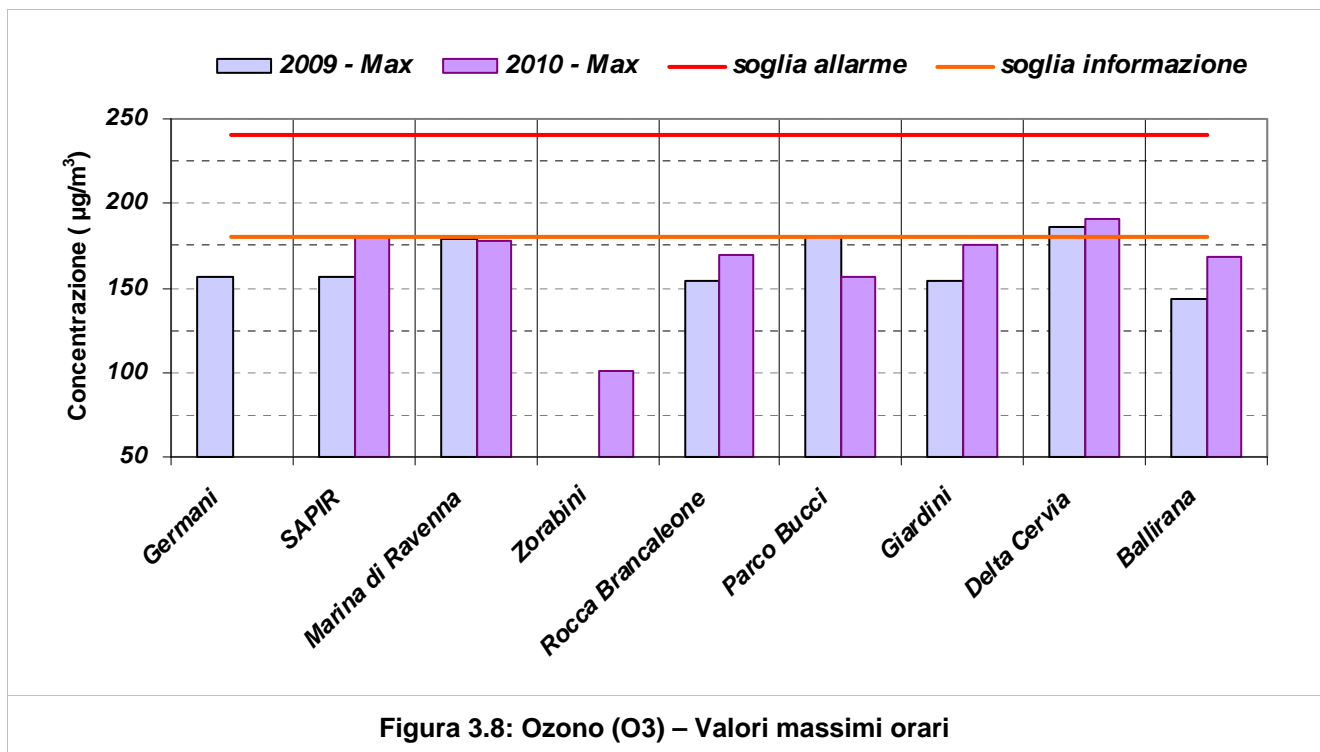
 Tabella 3.10: Concentrazioni massime orarie di ozono [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]


Figura 3.8: Ozono (O3) – Valori massimi orari

		Germani	SAPIR	Marina di Ravenna	Zorabini	Rocca Brancaleone	Parco Bucci	Giardini	Delta Cervia	Ballirana	
		N° giorni con superamento dell'obiettivo a lungo termine per la salute umana (max media giornaliera calcolata su 8 ore > 120 µg/m ³) [giorni]									
2009 - 2010	2009	10	15	18		15	33	17	24	2	
	2010		11	32	0	9	18	17	51	15	

Tabella 3.11: N° giorni con sup. obiettivo a lungo termine salute umana (max media giornaliera calcolata su 8 ore > 120 µg/m³) [giorni]

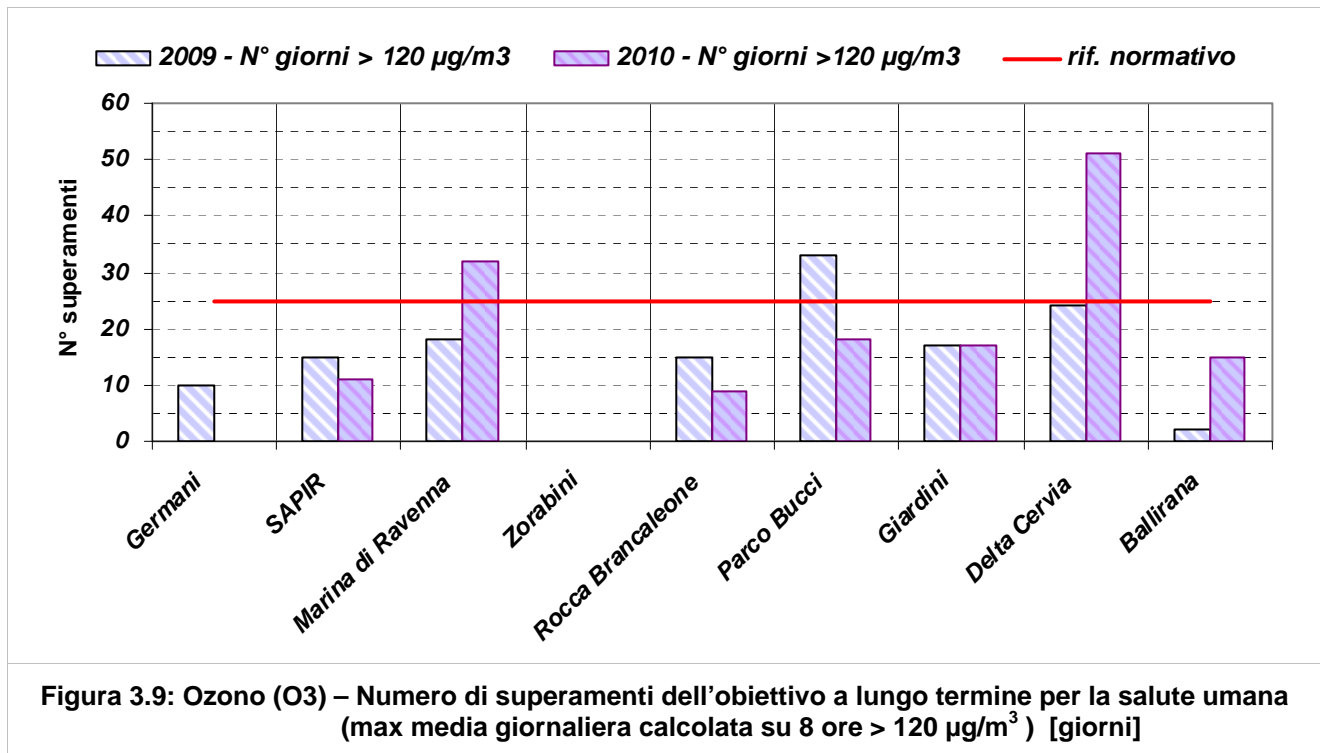
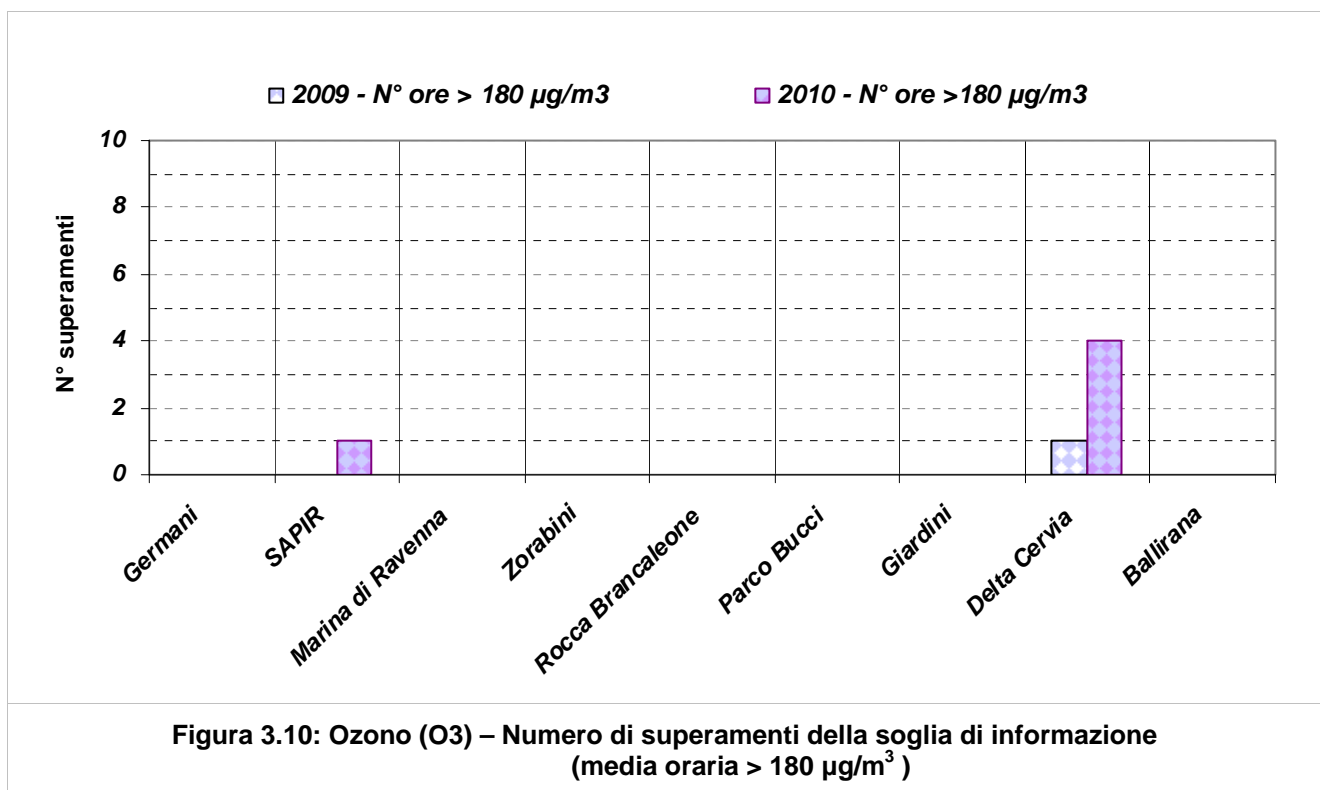


Figura 3.9: Ozono (O₃) – Numero di superamenti dell'obiettivo a lungo termine per la salute umana (max media giornaliera calcolata su 8 ore > 120 µg/m³) [giorni]

		Germani	SAPIR	Marina di Ravenna	Zorabini	Rocca Brancaleone	Parco Bucci	Giardini	Delta Cervia	Ballirana	
		N° di superamenti della soglia di informazione (media oraria > 180 µg/m³) [ore]									
2009 - 2010	2009	0	0	0	0	0	0	0	1	0	
	2010	0	1	0	0	0	0	0	4	0	
		N° giorni con superamento della soglia di informazione [giorni]									
2009 - 2010	2009	0	0	0	0	0	0	0	1	0	
	2010	0	1	0	0	0	0	0	2	0	
		N° di superamenti della soglia di allarme (media di 1 h per 3 ore consecutive > 240 µg/m³) [giorni]									
2009 - 2010	2009	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	2010	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

Tabella 3.12: Numero di ore e di giorni con superamento della soglia di informazione (media oraria > 180 µg/m³); numero di giorni con superamento della soglia di allarme (media di 1 h per 3 ore consecutive > 240 µg/m³)



AOT40

Relativamente al calcolo dell'AOT40, limite per la protezione della vegetazione, le stazioni utilizzate perché più significative sono: Marina di Ravenna per gli anni 1998 – 2010, Ballirana e Delta Cervia per gli anni 2006 – 2010.

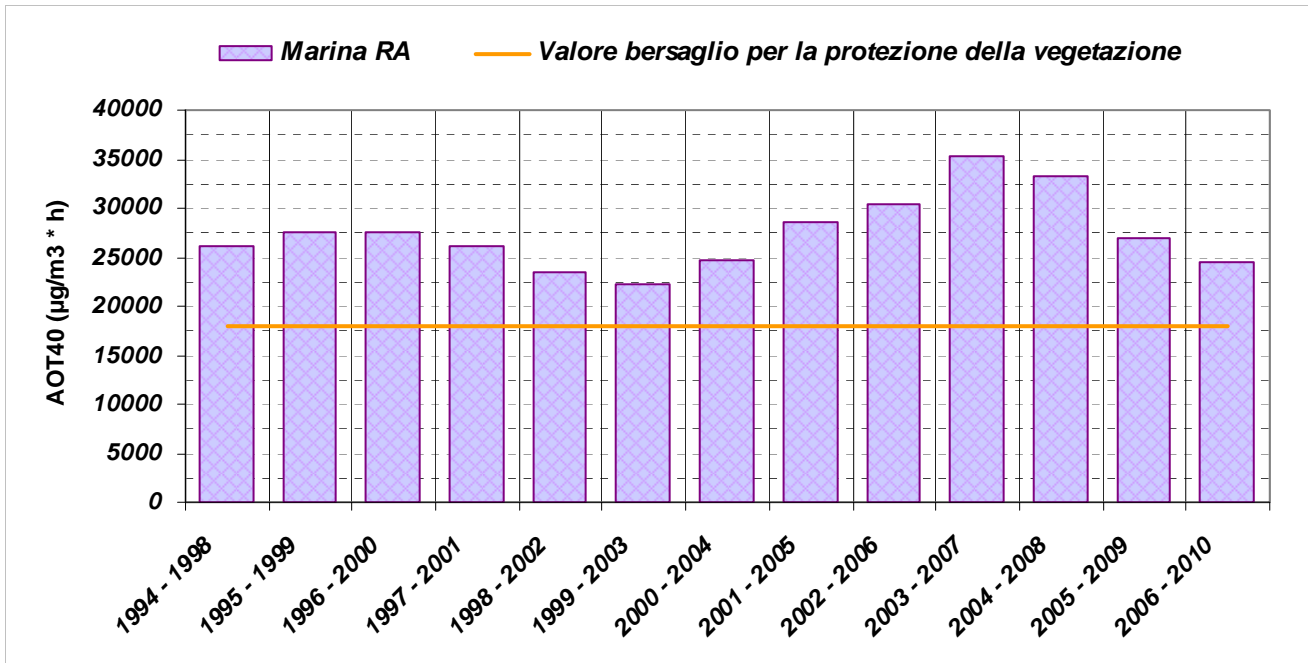


Figura 3.11: Ozono (O₃) – AOT40 per la stazione Marina di Ravenna - stazione sub urbana con dati a partire dal 1994 – e confronto con il valore bersaglio per la protezione della vegetazione (18.000 µg/m³*h)

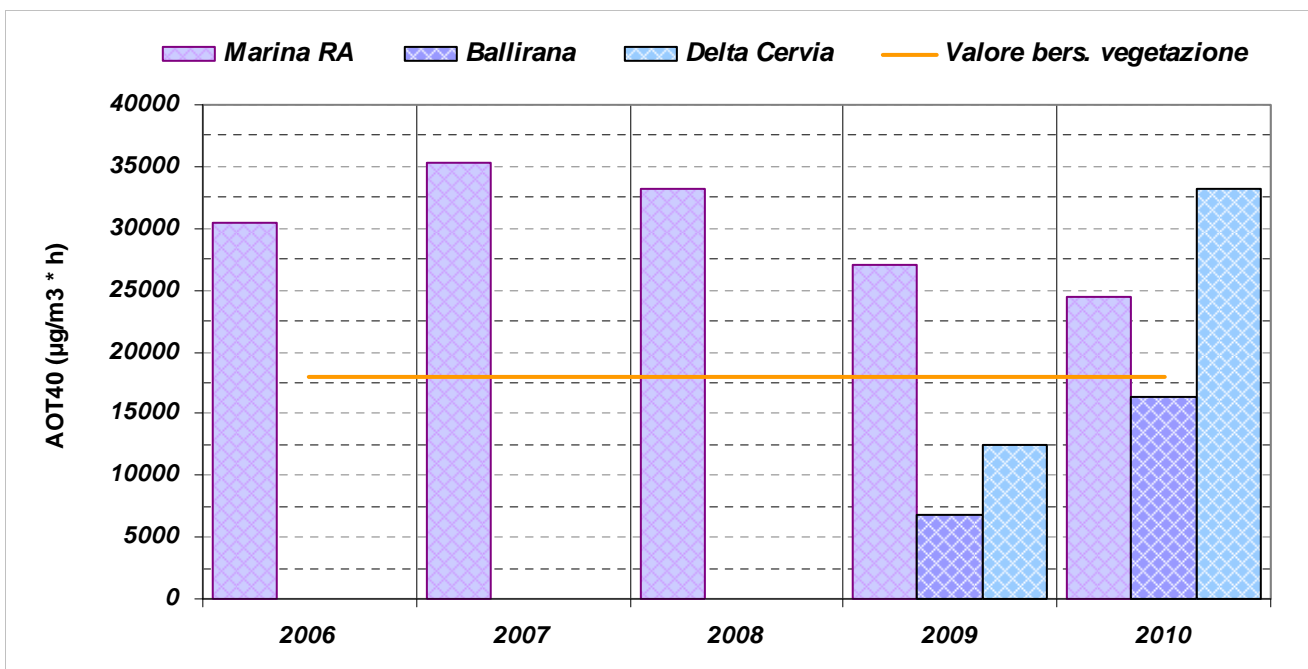


Figura 3.12: Ozono (O₃) – AOT40 negli ultimi 5 anni per stazioni sub urbane (Marina di Ravenna e Delta Cervia) e stazioni rurali (Ballirana). Confronto con il valore bersaglio per la protezione della vegetazione (18.000 µg/m³*h)

COMMENTO AI DATI

L'ozono viene monitorato sul territorio dal 1978, ma fino al 1990 è stato rilevato in una sola stazione (Amga – in area industriale a Ravenna), con efficienze piuttosto scarse.

Dal 1992 viene misurato in 3 stazioni, diventate 5 dal 1996, di cui una a Faenza tuttora funzionante (Parco Bucci).

A partire dal 1980 le efficienze calcolate per i soli mesi estivi (periodo in cui la misura dell'ozono è significativa) risultano superiori al 70% (Tabella 3.3) e permettono, quindi, alcune considerazioni sui massimi rilevati.

Fino al 1985 e nel 1987 i dati rilevati presentano un significativo numero di superamenti della soglia di informazione ($180 \mu\text{g}/\text{m}^3$), sia come numero di ore di superamento nell'arco della stagione estiva che come numero di giorni, ma con trend in diminuzione, come mostrato in figura 3.1.

Nel 1985 la concentrazione massima oraria è superiore a $240 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ($269 \mu\text{g}/\text{m}^3$) ma tale valore non è stato superato per 3 ore consecutive, quindi non è stata raggiunta la soglia di allarme.

Nel periodo 1989 – 1996, l'anno con il maggior numero di episodi acuti è stato il 1992 (Tabella 3.6): nella stazione di Piazza della Resistenza si verificano 225 superamenti della soglia di informazione, distribuiti in 49 giorni e per 4 volte viene superata anche la soglia di allarme ($240 \mu\text{g}/\text{m}^3$ per tre ore consecutive). Mediamente negli altri anni il numero di giorni in cui si è avuto il superamento della soglia di informazione è 7.

Anche il numero di giorni con superamento dell'obiettivo a lungo termine per la protezione della salute umana è significativo: a Piazza della Resistenza nel 1992 si contano 110 giorni mentre, negli altri anni, tale numero si riduce rimanendo comunque al di sopra di quello indicato dall'attuale normativa nella maggior parte delle stazioni (Figura 3.3).

Dal 1997 al 2008, l'anno più critico è stato il 2003: nelle stazioni di Ravenna si sono verificati mediamente più di 50 superamenti della soglia di informazione, distribuiti in 15 giorni e per 5 volte è stata superata la soglia di allarme nella stazione Marina di Ravenna (Tabella 3.9). Mediamente, negli altri anni, 4 sono i giorni in cui si è avuto il superamento della soglia di informazione. Anche in questi anni il numero di giorni con superamento dell'obiettivo a lungo termine per la protezione della salute umana è significativo, il numero massimo di giorni è 94 (Marina di Ravenna, anno 1998) ma la media dell'intero periodo è 39, in aumento rispetto agli otto anni precedenti e circa il 55% in più di quello indicato dall'attuale normativa (Figura 3.6 e Tabella 3.8).

Nel biennio 2009 – 2010 sono stati riscontrati in totale 6 superamenti della soglia di informazione, 5 in corrispondenza della stazione di fondo sub urbano (Delta Cervia), come mostrato in figura 3.10. L'obiettivo a lungo termine per la protezione della salute umana (Figura 3.9) è stato superato nel 2009 a Parco Bucci (fondo urbano) e nel 2010 a Marina di Ravenna e a Delta Cervia (fondo sub-urbano).

Infine, per quanto riguarda l'obiettivo a lungo termine per la protezione della vegetazione (AOT40), si rileva che il parametro è rispettato nella stazione di fondo rurale (Ballirana), mentre in corrispondenza delle altre due stazioni, che comunque si trovano in aree verdi (pineta a Marina di Ravenna, parco del Delta a Cervia), vi è un netto e sostanziale superamento, in particolare a Delta Cervia (Figura 3.12).

CHEDA INDICATORE 4: Monossido di carbonio (CO)

NOME DELL'INDICATORE	<i>Concentrazioni in aria di monossido di carbonio (CO)</i>	DPSIR	S
UNITA'DIMISURA	<i>milligrammi/metrocubo (mg/m³)</i>	FONTE	<i>Arpa-Sezione di Ravenna</i>
COPERTURA SPAZIALE DATI	<i>Provincia</i>	COPERTURA TEMPORALE DATI	<i>1990-2010</i>
AGGIORNAMENTO DATI	<i>Annuale</i>		
RIFERIMENTI NORMATIVI	<i>DLg.155/2010</i>		
METODI DI ELABORAZIONE DATI	<i>Medie orarie, medie di 8 ore trascinate, medie annuali, percentili, min/max, conteggio superamenti.</i>		

DESCRIZIONE DELL'INDICATORE

L'indicatore evidenzia la concentrazione al suolo di monossido di carbonio. La principale sorgente di CO è rappresentata dai gas di scarico dei veicoli a benzina, soprattutto funzionanti a bassi regimi, come nelle situazioni di traffico urbano intenso e rallentato. Anche la combustione in impianti di riscaldamento, alimentati con combustibili solidi o liquidi, è fonte di monossido di carbonio. Altre sorgenti sono individuabili in particolari processi industriali come la produzione dell'acciaio, della ghisa e la raffinazione del petrolio.

SCOPO DELL'INDICATORE

Visualizzare le variazioni nelle concentrazioni di monossido di carbonio (CO) al suolo, considerando la situazione normativa, l'andamento medio annuale ed eventuali situazioni limite derivanti massimi rilevati.

CO - GENERALITÀ ED EFFETTI SULL'AMBIENTE E SULL'UOMO
Generalità

Gli ossidi di carbonio sono i tipici prodotti derivanti dalla combustione, sono incolori e inodori. Il biossido di carbonio, o anidride carbonica (CO₂), è anche un costituente naturale dell'aria che, per la sua capacità di assorbire i raggi infrarossi, gioca un ruolo importante per il bilancio termico dell'atmosfera terrestre. Il monossido di carbonio (CO) viene formato durante la combustione di materiali contenenti carbonio (quindi della maggior parte dei combustibili) in modo più consistente quando la combustione avviene con difetto di aria e cioè quando il quantitativo di ossigeno non è sufficiente per ossidare completamente le sostanze organiche a CO₂ (ad esempio nei motori a scoppio).

Industrialmente il CO è contenuto negli effluenti gassosi degli impianti di produzione dei gas di sintesi per la produzione di idrogeno, metanolo e nella rigenerazione dei catalizzatori.

Reazioni caratteristiche a livello atmosferico

Gli ossidi di carbonio sono composti generalmente piuttosto stabili: le uniche reazioni interessanti avvengono a livello della troposfera e sono fondamentalmente volte alla conversione di CO in CO₂, grazie all'azione di radicali formati da reazioni fotochimiche.

Effetti sull'ambiente e sull'uomo

Quantitativi attorno all' 1% di CO₂ non sono dannosi per la vegetazione, anzi portano ad incrementare l'assimilazione e quindi ad un aumento della crescita.

Invece elevate quantità di CO sembra comportino una riduzione della capacità di fissare l'azoto da parte dei batteri presenti sulle radici delle piante, con conseguente ridotta capacità di sviluppo della vegetazione.

L'organismo umano, nella sua funzione respiratoria, è largamente indipendente dalle variazioni rilevate in atmosfera del livello di CO₂ e quindi, per questo motivo, generalmente non viene rilevata sistematicamente. In ambienti chiusi, al contrario, la CO₂ potrebbe diventare un potenziale veleno: il suo accumulo crea fenomeni di soffocamento progressivo e, già a concentrazione eccedenti il 6%, all'insorgere di danni acuti.

Per quanto riguarda gli effetti del CO sulla salute umana, la tossicità del monossido di carbonio è dovuta alla maggiore affinità di legarsi all'emoglobina rispetto all'ossigeno (circa 200 volte maggiore) ed alla conseguente riduzione del trasporto di ossigeno nel sangue.

A seconda della quantità di CO inalata, si possono verificare diversi effetti sanitari: a basse concentrazioni si manifestano senso di affaticamento e dolori al torace nei cardiopatici; a concentrazioni moderate problemi di coordinamento, mal di testa, nausea, vertigini, fino ad avere conseguenze fatali nel caso di concentrazioni molto elevate.

I sintomi vengono spesso confusi con quelli dell'influenza o dell'intossicazione alimentare. I bambini, gli anziani e le persone con problemi cardiaci e respiratori sono particolarmente a rischio.

Concentrazione di CO ed effetti indicativi sull'uomo e sull'ambiente:

Principali effetti sull'uomo	Concentrazioni	
nessun problema apprezzabile	500 ppm	≅ 580 mg/m ³
primi effetti apprezzabili	650 ppm	≅ 754 mg/m ³
nausea, vomito, mal di testa e disagio	1500 ppm	≅ 1740 mg/m ³
pericolo per la sopravvivenza	1500 ppm	≅ 1740 mg/m ³
fatale	> 3000 ppm	≅ 3480 mg/m ³

LIVELLI FISSATI DAL DLvo 155/2010

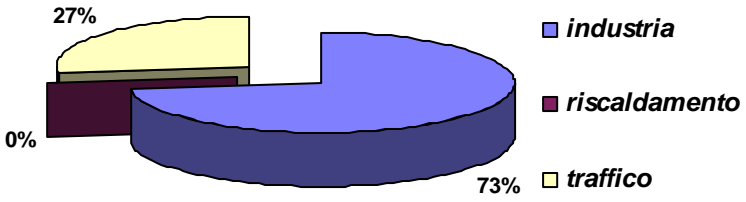
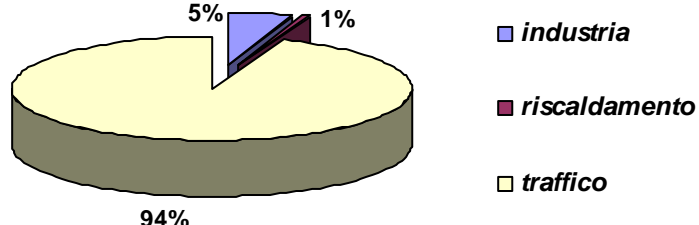
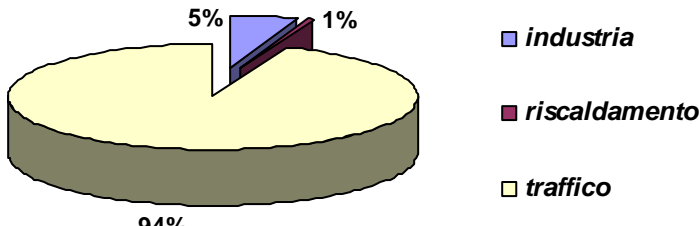
Per il monossido di carbonio il DLvo 155/2010 prevede un valore limite espresso come media massima giornaliera calcolata su otto ore:

CO	Periodo di mediazione	Valore limite
Valore limite	Massima media giornaliera calcolata su 8 ore	10 mg/m ³

CO – EVOLUZIONE DEI FATTORI DI PRESSIONE SUL TERRITORIO

I quantitativi di monossido di carbonio emessi nel 1980 risultano erano circa tre volte superiori a quelli stimati per l'area urbana di Ravenna nel 2007. La differenza deriva quasi unicamente dal settore industriale, ed in particolare dalla presenza in area industriale, negli anni '70 – '80, di una azienda per la produzione di nerofumo responsabile - da sola – di circa il 97% delle emissioni di monossido di carbonio di origine industriale.

In assoluto il contributo del traffico veicolare e del riscaldamento domestico è rimasto pressoché invariato ma, essendo diminuito notevolmente quello di origine industriale, le percentuali risultano significativamente diverse per traffico ed industria.

 <p> ■ <i>industria</i> ■ <i>riscaldamento</i> ■ <i>traffico</i> </p>	<p>Comune di Ravenna Emissioni CO: ripartizione percentuale dei contributi dei tre macrosettori Anno di riferimento 1980</p>
 <p> ■ <i>industria</i> ■ <i>riscaldamento</i> ■ <i>traffico</i> </p>	<p>Comune di Ravenna Emissioni CO: ripartizione percentuale dei contributi dei tre macrosettori Anno di riferimento 2007</p>
 <p> ■ <i>industria</i> ■ <i>riscaldamento</i> ■ <i>traffico</i> </p>	<p>Provincia di Ravenna Emissioni diCO: ripartizione percentuale dei contributi dei tre macrosettori (inventario regionale) Anno di riferimento 2007</p>

MONITORAGGIO DELL'INQUINANTE IN PROVINCIA DI RAVENNA
STAZIONE E TIPOLOGIA

STAZIONE	TIPOLOGIA	
Caorle	Fondo Urbano Residenziale	FU_Res
Ceramiche	Traffico Urbano	TU
Laboratorio	Fondo Urbano Residenziale	FU_Res
Marconi	Traffico Urbano	TU
Parco Bucci	Fondo Urbano	FU
Piazza Resistenza	Traffico Urbano	TU
Rocca Brancaleone	Traffico / Fondo Urbano Residenziale	T_ FU_Res
SAPIR	Industriale	Ind
Stadio	Fondo urbano Residenziale	FU_Res
Zalamella	Traffico Urbano	TU

Tabella 4.1: Stazioni in cui è stato monitorato il monossido di carbonio e tipologia

PERIODO DI MONITORAGGIO NELLE DIVERSE POSTAZIONI ED EFFICIENZA PERCENTUALE(%)

		Sapir	Laboratorio	Piazza Resistenza	Stadio	Caorle	Zalamella	Rocca Brancaleone	Marconi	Ceramiche	Parco Bucci
1989 - 1996	1989										
	1990		61								
	1991		3	86							
	1992	14	15	100							
	1993	14		100			55				
	1994			100			100				
	1995			100	63		99		29	26	26
	1996			100	100		99		92	92	99
1997 - 2008	1997			99	95		95	7	77	95	93
	1998			100	92		98	84	99	97	97
	1999				94	76	96	95	87	100	95
	2000				94	99	100	99	99	99	100
	2001				99	98	97	97	98	100	99
	2002				93	100	97	94	100	98	98
	2003				99	98	100	98	96	99	99
	2004				95	100	99	98	97	100	99
	2005				92	95	92	95	82	95	83
	2006				100	99	97	99	98	99	100
	2007				99	100	100	95	99	98	99
2008				95	97	97	98	99	49	100	
2009 - 2010	2009						99	98	96		27
	2010						97	100	100		

Legenda:




	efficienza percentuale > 75%		efficienza percentuale < 75%		Analizzatore non installato
---	------------------------------	---	------------------------------	---	-----------------------------

Tabella 4.2: Monossido di carbonio – Periodo di monitoraggio del monossido di carbonio nelle diverse postazioni ed efficienza percentuale annuale di campionamento

GRAFICI E TABELLE

1989 - 1996

		Sapir	Laboratorio	Piazza Resistenza	Stadio	Zalamella	Marconi	Ceramiche	Parco Bucci
1989 - 1996	1989								
	1990		17						
	1991		6	24					
	1992	7	9	25					
	1993	7		26		16			
	1994			23		16			
	1995			26	15	17	8	16	4
	1996			20	10	14	7	14	5

Tabella 4.3: Concentrazioni massime orarie di monossido di carbonio [mg/m³]

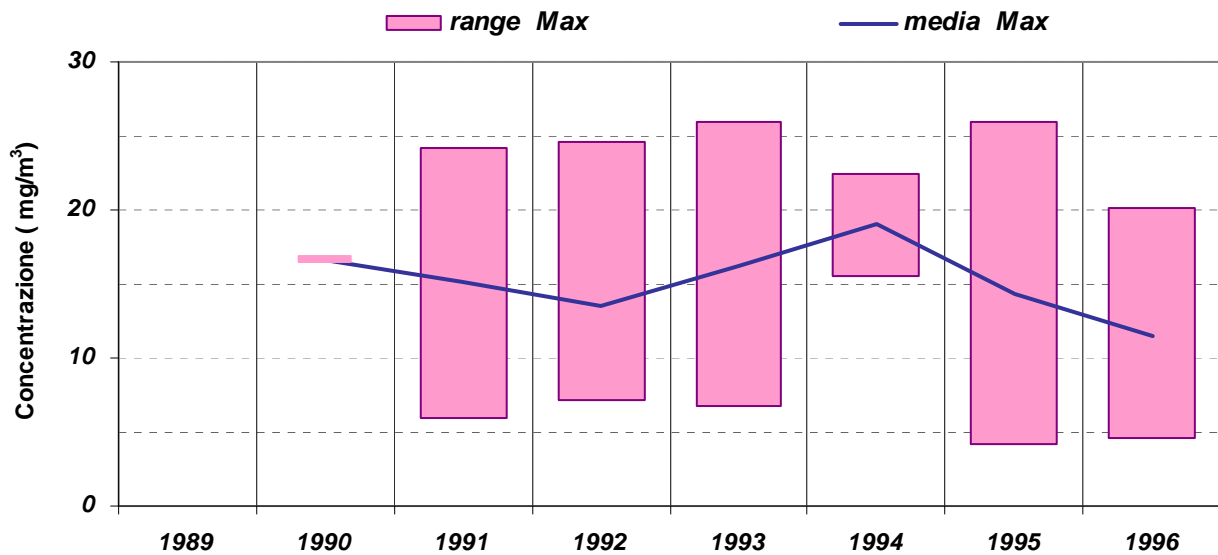
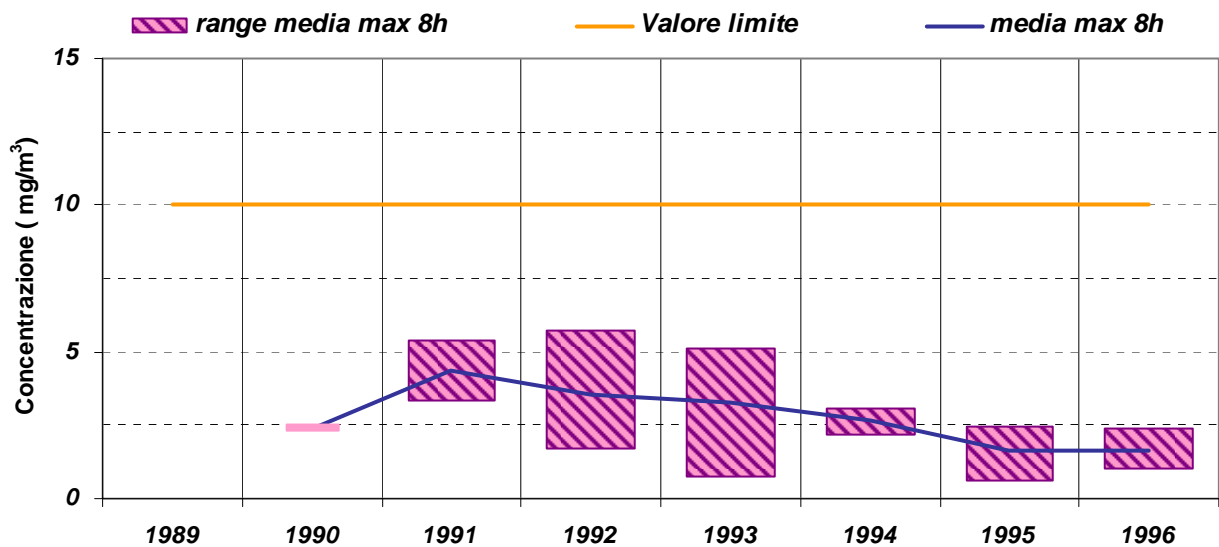


Figura 4.1: Monossido di carbonio (CO) – Valori massimi orari

		Sapir	Laboratorio	Piazza Resistenza	Stadio	Zalamella	Marconi	Ceramiche	Parco Bucci
1989 - 1996	1989								
	1990		2,4						
	1991		3,4	5,4					
	1992	1,7	5,7	3,3					
	1993	0,7		5,1		4,0			
	1994			3,1		2,2			
	1995			2,4	0,7	1,8	2,0	2,4	0,6
	1996			1,7	1,0	1,4	2,3	2,4	1,1

 Tabella 4.4: Concentrazione media massima giornaliera calcolata su 8 ore [mg/m^3]

 Figura 4.2: Monossido di carbonio (CO) – Range (massimo – minimo) della concentrazione media massima giornaliera calcolata su 8 ore confrontato con il valore limite ($10 \text{ mg}/\text{m}^3$) e con il valore medio della concentrazione massima di 8 ore nell'anno

		Sapir	Laboratorio	Piazza Resistenza	Stadio	Zalamella	Marconi	Ceramiche	Parco Bucci
1989 - 1996	1989								
	1990		3,0						
	1991		2,4	2,1					
	1992	1,6	5,0	1,9					
	1993	1,0		2,0		1,5			
	1994			1,6		1,6			
	1995			2,0	1,0	1,7	1,8	2,6	1,1
	1996			1,4	0,9	1,2	1,2	1,9	0,8

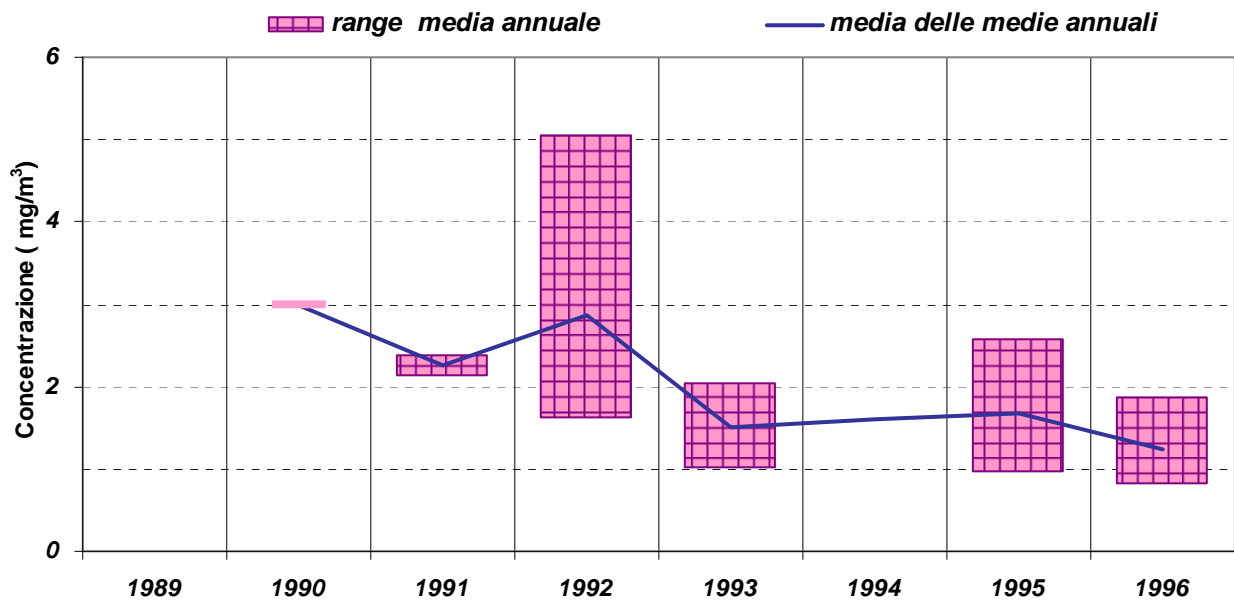
 Tabella 4.5: Concentrazione media annuale [mg/m^3]


Figura 4.3: Monossido di carbonio (CO) – Range (massimo – minimo) della concentrazione media annuale, confrontato con la media delle medie annuali

1997 - 2008

		Piazza Resistenza	Stadio	Caorle	Zalamella	Rocca Brancaleone	Marconi	Ceramiche	Parco Bucci
1997 - 2008	1997	20,2	16,9		12,2	7,1	8,4	54,2	5,3
	1998	18,8	13,0		10,2	7,2	6,3	17,1	6,1
	1999		11,3	8,2	11,9	7,8	6,8	32,4	14,0
	2000		8,6	8,1	13,8	8,7	6,5	14,2	4,5
	2001		10,0	5,6	9,4	5,9	7,8	11,8	5,0
	2002		5,6	7,8	10,8	6,1	6,6	11,7	5,7
	2003		10,7	5,6	12,4	4,6	6,5	11,3	3,7
	2004		6,1	9,2	8,2	5,2	6,3	10,0	4,1
	2005		4,3	7,1	8,1	5,5	8,6	6,8	4,5
	2006		6,3	4,1	9,3	4,5	3,4	7,4	6,0
	2007		4,9	3,1	5,1	4,5	3,1	6,2	4,2
2008			3,7	2,7	4,7	3,1	4,0	5,7	3,8

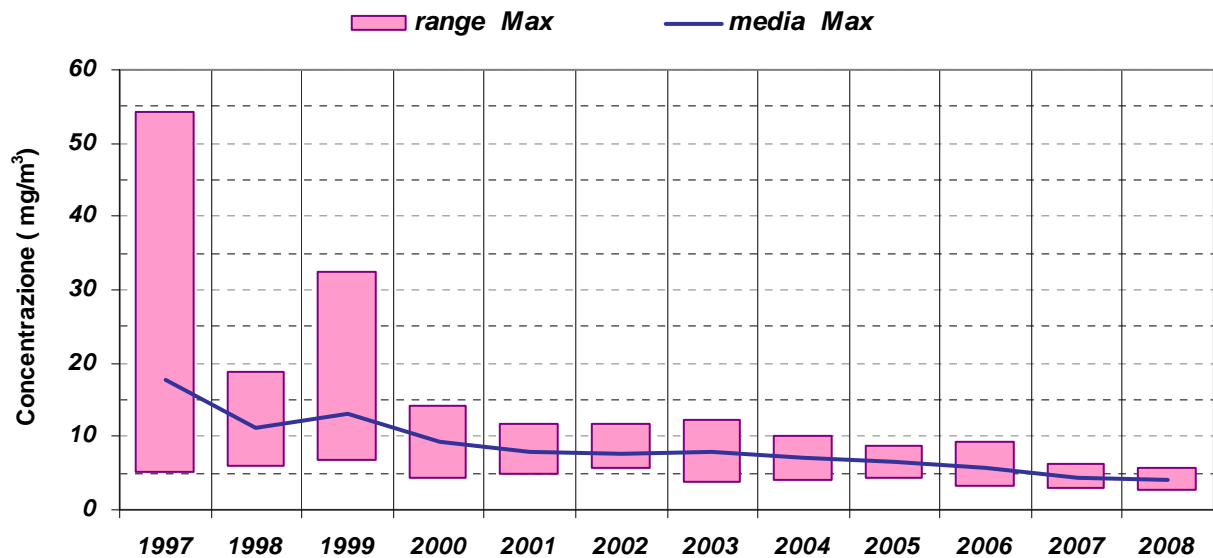
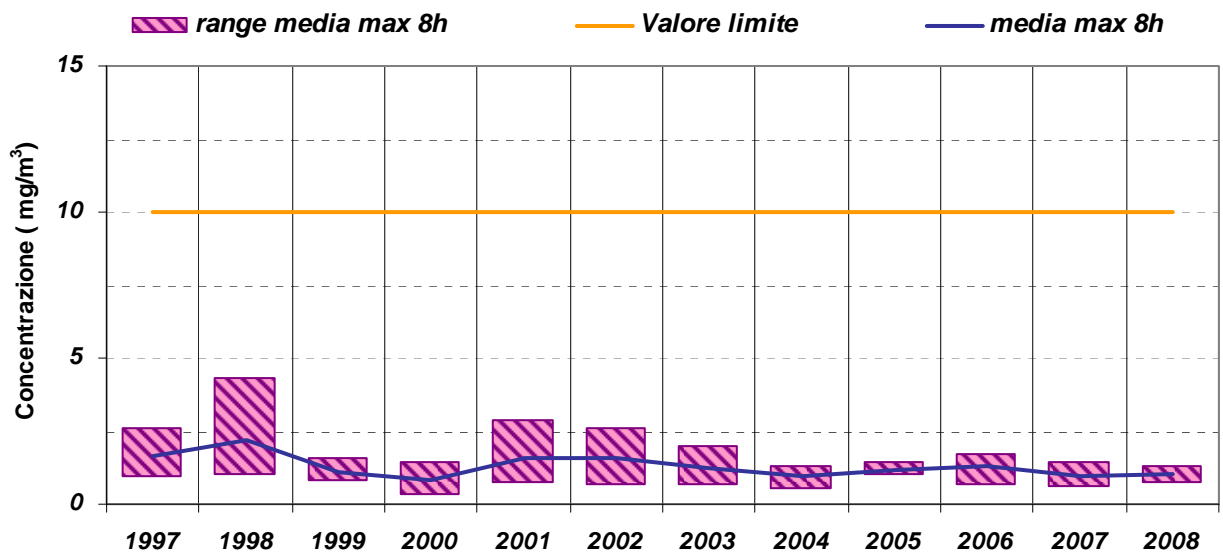
 Tabella 4.6: Concentrazioni massime orarie di monossido di carbonio [mg/m^3]


Figura 4.4: Monossido di carbonio (CO) – Valori massimi orari

		Piazza Resistenza	Stadio	Caorle	Zalamella	Rocca Brancaleone	Marconi	Ceramiche	Parco Bucci
1997 - 2008	1997	1,7	1,0		1,2	1,3	2,5	2,6	1,4
	1998	4,3	1,8		2,5	2,4	1,0	2,3	1,0
	1999		0,8	1,0	0,8	1,5	1,2	1,5	1,0
	2000		0,4	0,3	1,4	0,6	1,1	1,4	0,5
	2001		0,8	0,8	2,7	1,2	1,6	2,9	1,1
	2002		0,7	0,9	1,9	0,7	2,6	2,6	1,8
	2003		0,7	1,2	0,9	1,0	1,8	2,0	1,3
	2004		0,6	1,0	1,3	0,7	1,3	1,3	0,8
	2005		1,0	1,2	1,0	1,1	1,4	1,1	1,1
	2006		1,5	1,6	0,7	1,0	1,7	1,5	1,4
	2007		1,3	0,8	0,6	0,6	1,4	1,1	0,8
2008		1,0	0,8	1,3	1,3	1,1	0,7	0,9	

 Tabella 4.7: Concentrazione media massima giornaliera calcolata su 8 ore [mg/m^3]

 Figura 4.5: Monossido di carbonio (CO) – Range (massimo – minimo) della concentrazione media massima giornaliera calcolata su 8 ore confrontato con il valore limite ($10 \text{ mg}/\text{m}^3$) e con il valore medio della concentrazione massima di 8 ore nell'anno

		Piazza Resistenza	Stadio	Caorle	Zalamella	Rocca Brancaleone	Marconi	Ceramiche	Parco Bucci
1997 - 2008	1997	1,4	0,9		1,1	0,9	1,0	1,7	0,9
	1998	1,6	0,8		1,0	0,8	0,9	1,5	0,7
	1999		0,7	0,6	1,0	0,7	0,8	1,3	0,6
	2000		0,6	0,6	1,0	0,7	0,8	1,2	0,6
	2001		0,6	0,6	1,1	0,7	0,9	1,6	0,5
	2002		0,6	0,7	1,0	0,6	1,3	1,4	1,0
	2003		0,5	0,8	0,8	0,7	1,2	1,2	0,9
	2004		0,5	0,7	0,8	0,6	0,8	1,0	0,7
	2005		0,7	0,7	0,8	0,6	1,0	1,1	0,9
	2006		0,7	0,8	0,7	0,5	0,9	0,7	0,7
	2007		0,6	0,7	0,5	0,4	0,8	0,7	0,7
2008		0,6	0,5	0,7	0,5	0,8	0,7	0,7	

Tabella 4.8: Concentrazione media annuale [mg/m³]

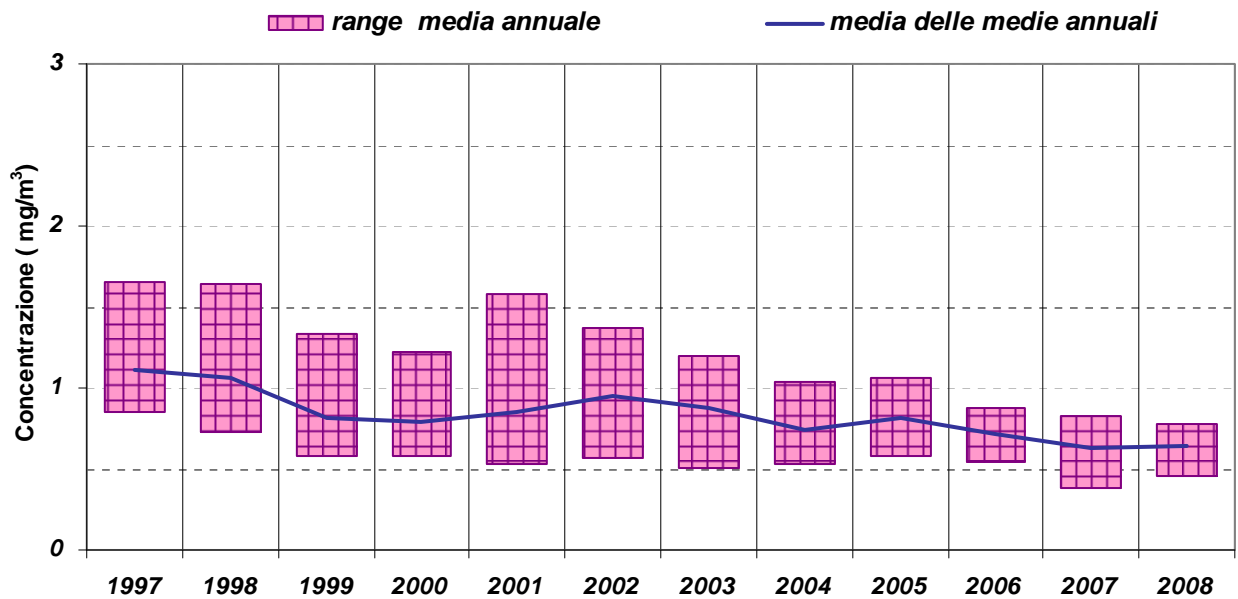
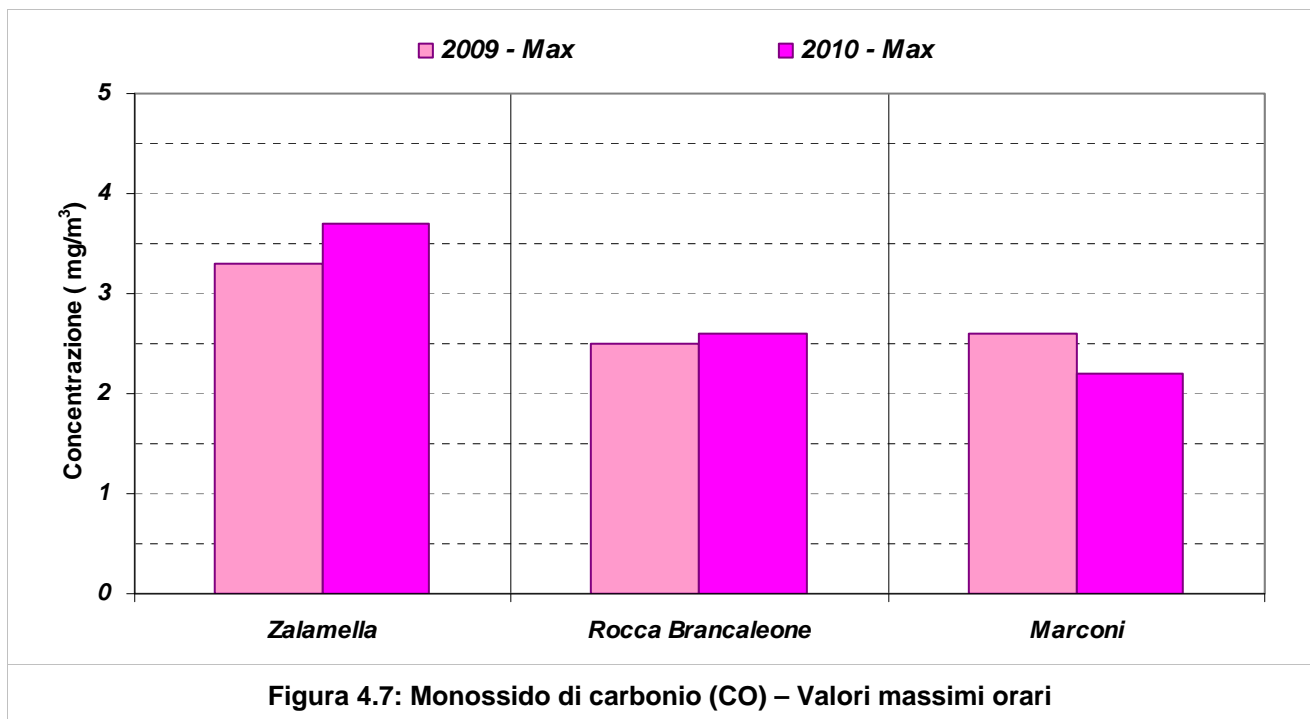


Figura 4.6: Monossido di carbonio (CO) – Range (massimo – minimo) della concentrazione media annuale, confrontato con la media delle medie annuali

2009 - 2010

		Zalamella	Rocca Brancaleone	Marconi
		Massimo (valore massimo orario rilevato nell'anno) [mg/m³]		
2009 - 2010	2009	3,3	2,5	2,6
	2010	3,7	2,6	2,2
		Media massima giornaliera calcolata su 8 ore [mg/m³]		
2009 - 2010	2009	1,2	0,4	1,0
	2010	1,1	0,8	1,1
		Media annuale [mg/m³]		
2009 - 2010	2009	0,6	0,3	0,7
	2010	0,5	0,4	0,4

Tabella 4.9: Concentrazioni di monossido di carbonio a livello provinciale – Anni 2009 e 2010

Figura 4.7: Monossido di carbonio (CO) – Valori massimi orari

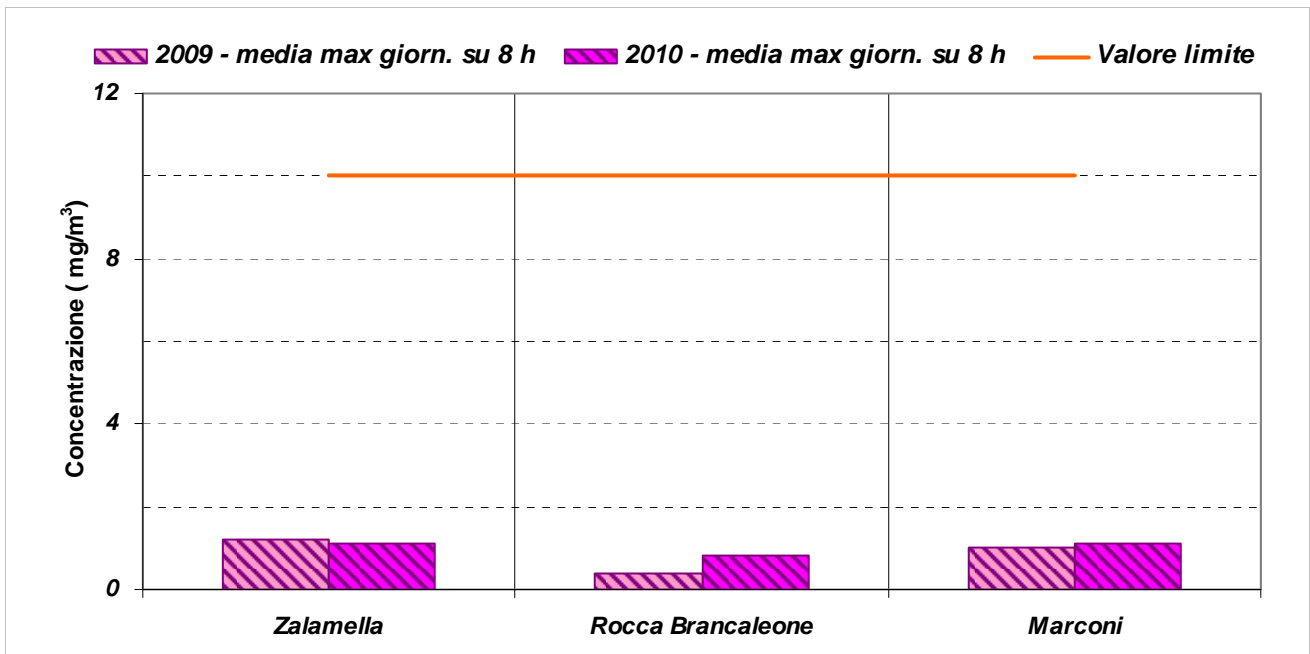


Figura 4.8: Monossido di carbonio (CO) – Concentrazione media massima giornaliera calcolata su 8 ore, confronto con il valore limite (10 mg/m³)

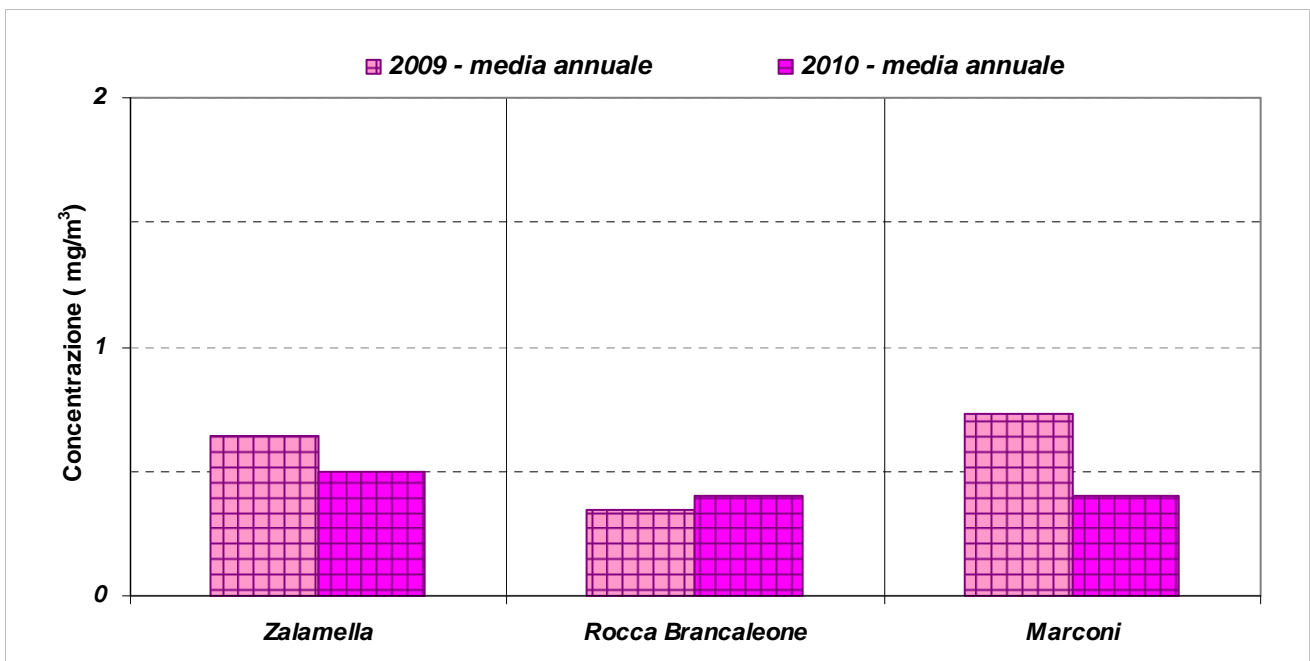


Figura 4.9: Monossido di carbonio (CO) – Concentrazione media annuale

COMMENTO AI DATI

Il monossido di carbonio inizia ad essere monitorato nella rete di Ravenna a partire dal 1990. Nel periodo 1990 – 1996 è stato monitorato in un numero limitato di postazioni e con efficienza – in alcuni casi - molto scarsa. Ad ogni modo i massimi orari più significativi si misuravano in Piazza della Resistenza, stazione di traffico urbano a Ravenna (Tabella 4.3). Il valore limite non è mai stato raggiunto in nessuna postazione: i valori più alti della media massima giornaliera calcolata su 8 ore si collocavano al massimo a poco più della metà del limite (Figura 4.2). Solo a partire dal 1997 il monitoraggio ha una continuità spaziale e temporale. Dal 1998 il valore massimo orario, così come la media massima giornaliera calcolata su 8 ore, subisce una costante diminuzione attestandosi, nel 2008, intorno ad 1 mg/m^3 (circa 10 volte inferiore al limite), come rappresentato nei grafici di figura 4.4 e 4.5. Successivamente alla ristrutturazione della rete del 2009, il monossido di carbonio viene monitorato solo nelle stazioni da traffico, oltre che a Rocca Brancaleone (Stazione locale – Traffico / Fondo Urbano Residenziale). Anche qui i valori sono decisamente contenuti e si può affermare che il monossido di carbonio non rappresenti una criticità per la qualità dell'aria nel nostro territorio.

SCHEDA INDICATORE 5: Benzene (C₆H₆)

NOME DELL'INDICATORE	Concentrazioni in aria di benzene (C ₆ H ₆)	DPSIR	S
UNITA'DIMISURA	microgrammi/metrocubo (µg/m ³)	FONTE	Arpa-Sezione di Ravenna
COPERTURA SPAZIALE DATI	Provincia	COPERTURA TEMPORALE DATI	1999-2010
AGGIORNAMENTO DATI	Annuale		
RIFERIMENTI NORMATIVI	DLg.155/2010		
METODI DI ELABORAZIONE DATI	Medie (orarie, giornaliere, settimanali, annuali), percentili, massimi		

DESCRIZIONE DELL'INDICATORE

L'indicatore evidenzia la concentrazione al suolo di benzene. Questo inquinante primario proviene principalmente dai gas di scarico degli autoveicoli, dall'evaporazione negli impianti di stoccaggio e distribuzione dei carburanti, dai processi di combustione e dall'uso di solventi.

SCOPO DELL'INDICATORE

Visualizzare le variazioni nelle concentrazioni di benzene nell'aria considerando la situazione normativa, l'andamento medio annuale ed eventuali situazioni limite derivanti dai massimi rilevati.

(C₆H₆) - GENERALITÀ ED EFFETTI SULL'AMBIENTE E SULL'UOMO
Generalità

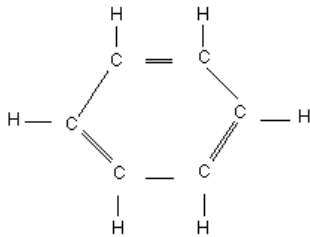
Con la denominazione di Composti Organici Volatili (VOC) viene indicato un insieme di sostanze in forma liquida o di vapore, con un punto di ebollizione che va da un limite inferiore di 50-100 °C a un limite superiore di 240-260 °C. Il termine "volatile" indica proprio la capacità di queste sostanze chimiche ad evaporare facilmente a temperatura ambiente. I composti che rientrano in questa categoria sono più di 300. Tra i più noti sono gli idrocarburi alifatici (dal n-esano, al n-esadecano e i metilesani), i terpeni, gli idrocarburi aromatici, (benzene e derivati, toluene, o-xilene, stirene), gli idrocarburi alogenati (cloroformio, diclorometano, clorobenzeni, ecc.), gli alcoli (etanolo, propanolo, butanolo e derivati), gli esteri, i chetoni e le aldeidi (tra cui la formaldeide).

Negli ambienti confinati le sorgenti di VOC si trovano praticamente ovunque: prodotti per la pulizia, pitture, pesticidi, insetticidi e disinfettanti, colle e adesivi, prodotti per la persona e cosmetici, mobili e tessuti, materiali da costruzione, stampanti e fotocopiatrici, fumo di tabacco.

In esterno le sorgenti principali sono le emissioni industriali e le emissioni da automobili.

Fra i COV un'attenzione particolare viene posta, anche dalla normativa, al benzene, composto riconosciuto come cancerogeno per l'uomo (lo IARC - International Agency for Research on

Cancer - ha inserito il benzene nel gruppo 1 cioè tra le sostanze che hanno un accertato potere cancerogeno sull'uomo).



Il benzene (C_6H_6) è un composto organico volatile capostipite del gruppo degli idrocarburi aromatici. Ha una struttura molecolare molto stabile costituita da un anello esagonale ai cui vertici si trovano sei atomi di carbonio ciascuno legato ad un atomo di idrogeno (anello benzenico), con i tre doppi legami delocalizzati. A temperatura ambiente si presenta come un liquido incolore che evapora all'aria molto velocemente. È caratterizzato da un odore pungente e dolciastro che può essere percepito dalla maggior parte delle persone a concentrazione di 1.5-4.7 ppm. È una sostanza altamente infiammabile,

ma la sua pericolosità è dovuta principalmente al fatto che è un cancerogeno riconosciuto per l'uomo. Pur essendo dimostrata la sua pericolosità, il benzene è utilizzato in alcuni processi industriali per produrre altri composti chimici come lo stirene, il cicloesano (per creare il nylon e altre fibre sintetiche), ecc.

Inoltre viene impiegato nella produzione di certi tipi di gomme, lubrificanti, coloranti, inchiostri, collanti, detergenti, solventi e pesticidi.

Le principali fonti del benzene negli ambienti indoor derivano dalle combustioni domestiche incomplete del carbone e del petrolio, dai vapori liberati dai prodotti contenenti benzene, come colle, vernici, cere per mobili, detergenti e dal fumo di tabacco. Il fumo di tabacco rappresenta la maggiore fonte individuale di benzene per la popolazione generale non esposta professionalmente. E' presente nel fumo di una sigaretta in concentrazioni medie piuttosto rilevanti (variabile a seconda del tipo di tabacco): fumando una sola sigaretta teoricamente si inala una quantità di benzene circa sei volte superiore al valore limite stabilito per l'ambiente¹. Nelle abitazioni di soggetti fumatori la concentrazione ambientale di benzene è del 30-35% superiore a quella delle abitazioni dei non fumatori. Nell'organismo di soggetti fumatori sono state individuate, inoltre, concentrazioni di benzene nel sangue circa doppie rispetto a quelle dei non fumatori.

Altre fonti significative provengono dall'ambiente esterno e sono costituite dai gas esausti dei veicoli a motore (il benzene è contenuto nelle benzine in cui viene aggiunto, insieme ad altri composti aromatici, per conferire le volute proprietà antidetonanti e per aumentarne il "numero di ottano" in sostituzione totale (benzina verde) o parziale (benzina super) dei composti del piombo) e dalle emissioni industriali. In ambiente esterno la concentrazione del benzene è particolarmente variabile, in quanto è soggetta ai cambiamenti dovuti sia alle condizioni meteorologiche del periodo sia alle attività lavorative giornaliere.

Effetti sull'ambiente e sull'uomo

Diverse sono le problematiche connesse alla presenza di COV in atmosfera.

In primo luogo è da rilevare il problema sanitario, legato al rischio per la salute dell'uomo e connesso alla presenza in atmosfera di sostanze ad elevata tossicità, quali alcuni COV.

Vi è poi un problema ambientale, in particolare per gli effetti indotti sull'atmosfera da determinate sostanze organiche volatili, quali l'incremento dello smog fotochimico e, di conseguenza, delle concentrazioni di ozono.

Infine, un disagio spesso lamentato dalla popolazione legato alla odorsità di alcune di queste sostanze organiche.

In riferimento all'aspetto sanitario, l'esposizione ai COV può provocare effetti sia acuti che cronici. Secondo le concentrazioni, gli effetti acuti possono includere irritazioni agli occhi, al naso e alla gola, mal di testa, nausea, vertigini, asma. Per esposizioni ad alte concentrazioni molti di questi composti chimici possono causare effetti cronici come danni ai reni, al fegato, al sistema nervoso centrale, fino a provocare il cancro (nel caso particolare del benzene e della formaldeide).

Le persone più predisposte ad ammalarsi sono quelle con problemi respiratori, i bambini, gli anziani e i soggetti sensibili ai composti chimici.

¹ Composizione chimica del fumo principale di sigaretta. Marchei e al. ISS - http://www.iss.it/binary/fumo/cont/composizione_chimica_fumo_sigaretta.pdf

Per quanto riguarda il benzene, l'esposizione avviene essenzialmente per inalazione (circa il 99%). Gli effetti tossici provocati hanno caratteristiche diverse e colpiscono organi sostanzialmente differenti secondo la durata dell'esposizione.

L'affezione che più preoccupa, sia a livello professionale che ambientale, è la comparsa del cancro del sangue dovuta all'esposizione ripetuta a concentrazioni di benzene di qualche ppm per decine di anni.

Diversi studi hanno messo in evidenza il pericolo di contrarre la leucemia mieloide o altre forme di cancro (linfomi e anche eccessi di tumori in altre sedi).

LIVELLI FISSATI DAL DL_{vo} 155/2010 E VALORI GUIDA OMS

Per il benzene il DLvo 155/2010 prevede un valori limite espresso come media annuale:

C₆H₆	Periodo di mediazione	Valore limite
Valore limite limite	Anno civile	5 µg/m ³

OMS ha fornito valori di concentrazione in atmosfera di benzene da utilizzare nella valutazione del rischio sanitario:

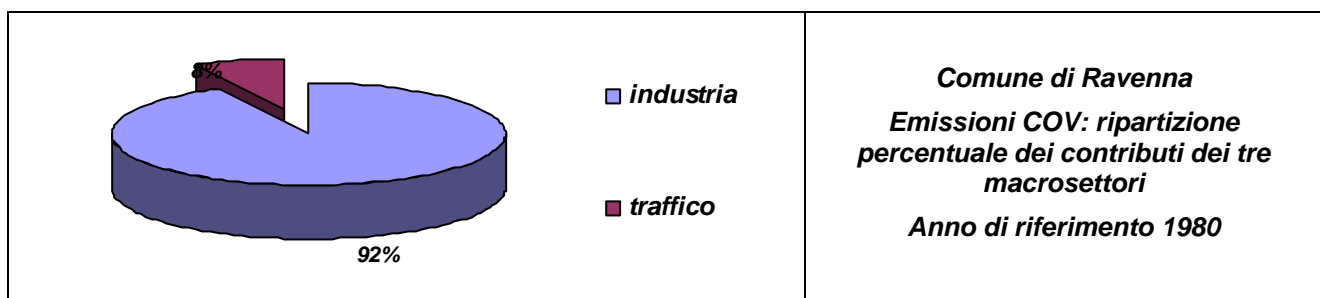
C₆H₆	Criterio utilizzato	Valore dell'indice di rischio unitario⁽¹⁾
OMS (2006)	Rischio stimato per esposizione per l'intera vita a concentrazioni di 1 µg/m ³	Indice di rischio unitario: 6 × 10 ⁻⁶

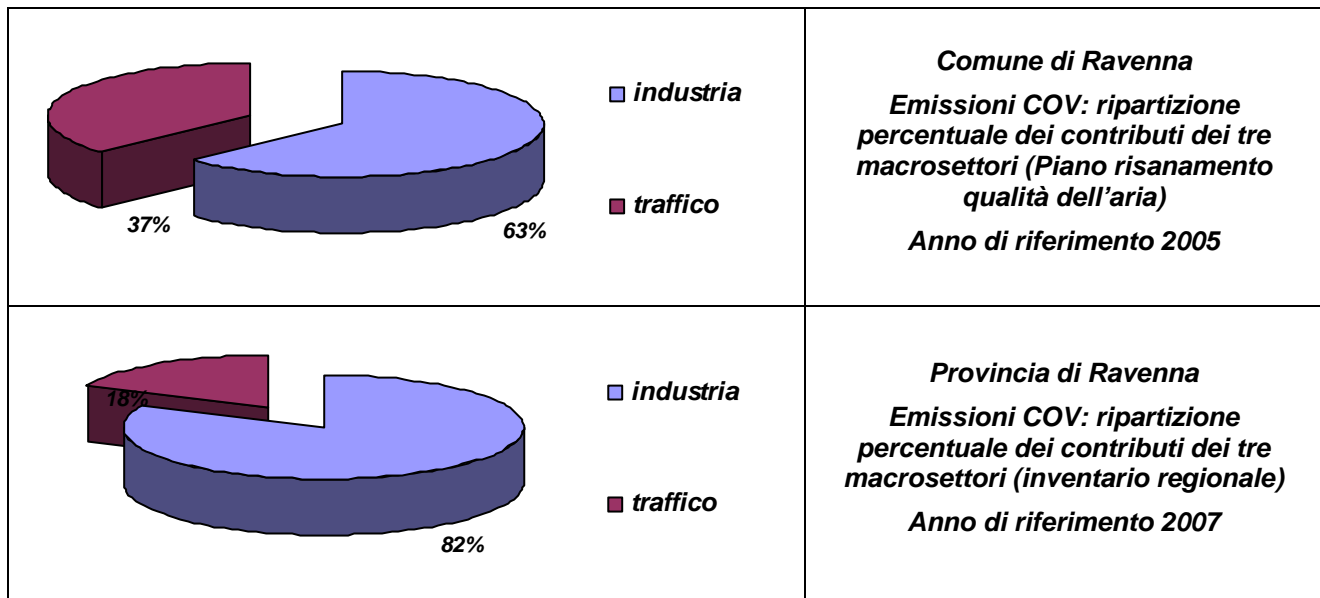
(1) Per indice di rischio unitario si intende il rischio aggiuntivo da cancro per ogni individuo di una popolazione esposta in modo continuo ad una concentrazione della sostanza di 1.0 µg/m³ per tutta la vita. Nel caso del benzene, questo valore di indice di rischio unitario indica che l'esposizione per tutta la vita di una popolazione a concentrazioni di 1 µg/m³ di benzene induce un rischio di 6 casi aggiuntivi di leucemia ogni milione di persone

COV – EVOLUZIONE DEI FATTORI DI PRESSIONE SUL TERRITORIO

Nel 1980, nel volume "Analisi e gestione della qualità dell'aria a Ravenna", a cura del PMP dell'USL N°35, sono state per la prima volta stimate le emissioni di sostanze organiche volatili emesse nel territorio ravennate dalle attività industriali e dal traffico veicolare. I risultati indicavano un contributo delle attività industriali preponderante rispetto al traffico (92% delle emissioni legate a questi due macrosettori).

Dall'inventario regionale del 2007, prendendo in considerazione questi due macrosettori, si delinea un quadro simile a quello di quasi 30 anni prima, sia come contributi percentuali che come valori assoluti.





MONITORAGGIO DELL'INQUINANTE IN PROVINCIA DI RAVENNA

Il benzene viene monitorato in continuo nella rete di Ravenna a partire dal 1999. Nel territorio della città di Ravenna l'attenzione sui composti organici volatili (COV) è particolarmente elevata anche in relazione alla presenza, non distante dall'area urbana, del polo chimico, dove vengono svolte attività proprio nel settore della chimica delle sostanze organiche.

Quindi, ad integrazione dei dati rilevati in continuo ed in automatico nella postazione Zalamella, dal 2003 vengono effettuate - in modo continuativo e utilizzando metodi di misura manuale - rilevazioni di benzene, toluene e xileni in altre postazioni tre postazioni: Rocca Brancaleone, Caorle e SAPIR.

In queste tre postazioni vengono impiegati i "campionatori passivi", dispositivi capaci di raccogliere gas dall'atmosfera (su un adsorbente che fissa l'inquinante) ad una velocità controllata dalla diffusione molecolare e che non richiedono movimento attivo dell'aria. La determinazione analitica dei composti organici viene effettuata per gascromatografia dopo l'estrazione con una soluzione di solfuro di carbonio. Dalla quantità totale di composti organici volatili rilevati, noto il volume d'aria "campionata", viene determinata la concentrazione in atmosfera, espressa in $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Il campionario passivo viene esposto per una settimana (7 giorni), quindi il dato che si ricava è una media settimanale.

	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Benzene Monitoraggio continuo	n.d.	n.d.	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Benzene Monitoraggio discontinuo	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	X	X	X	X	X	X	X	X

Legenda: X Monitoraggio effettuato n.d. Monitoraggio non disponibile

Tabella 5.1: Monitoraggio di benzene negli anni

STAZIONE E TIPOLOGIA DI CAMPIONAMENTO

STAZIONE		TIPOLOGIA CAMPIONAMENTO	
Caorle	Fondo Urbano Residenziale	<i>FU_Res</i>	Campionatori passivi
Marconi	Traffico Urbano	<i>TU</i>	Analizzatore in continuo
Rocca Brancaleone	Traffico / Fondo Urbano Residenziale	<i>T_FU_Res</i>	Campionatori passivi
SAPIR	Industriale	<i>Ind</i>	Campionatori passivi
Zalamella	Traffico Urbano	<i>TU</i>	Analizzatore in continuo

Tabella 5.2: Stazioni in cui è stato monitorato il benzene e tipologia di campionamento
PERIODO DI MONITORAGGIO NELLE DIVERSE POSTAZIONI ED EFFICIENZA PERCENTUALE(%)

		Marconi	Zalamella	Caorle	Rocca Brancaleone	Sapir
1997 - 2008	1999		20			
	2000		98			
	2001		90			
	2002		97			
	2003		99	36	86	89
	2004		95	96	91	93
	2005		93	99	98	97
	2006		90	100	100	100
	2007		96	100	100	100
2009 - 2010	2008		85	99	99	96
	2009	54 ^(a)	91	99	99	99
	2010	92	91	100	100	100

Nota: (a) Strumento installato il 14/05/2009 a partire da questa data efficienza del 85%

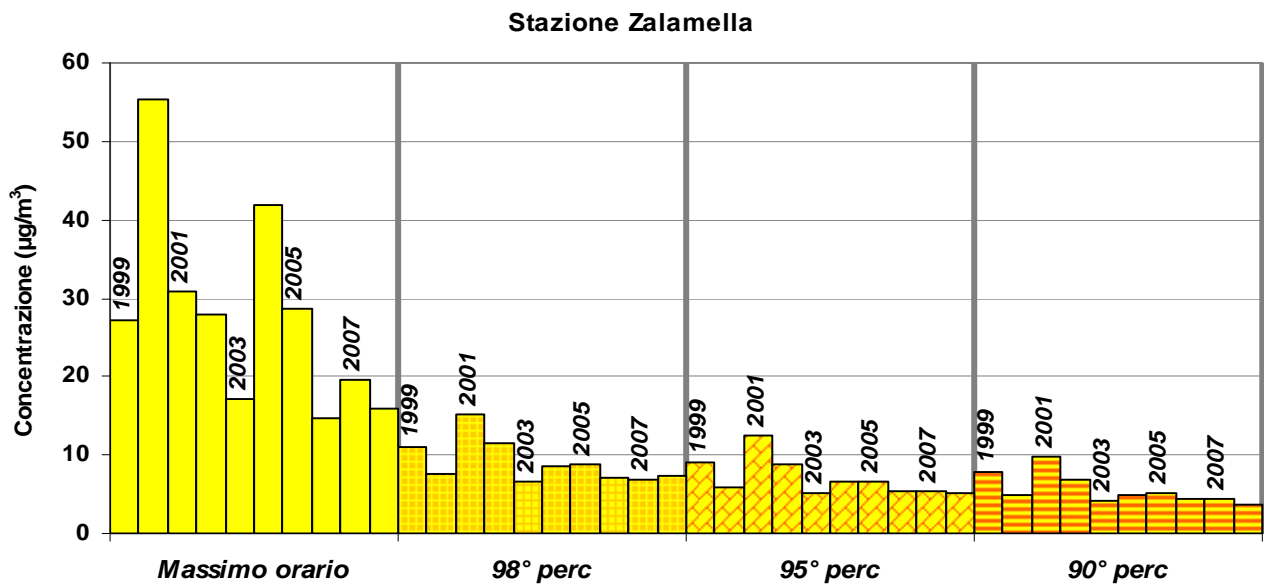
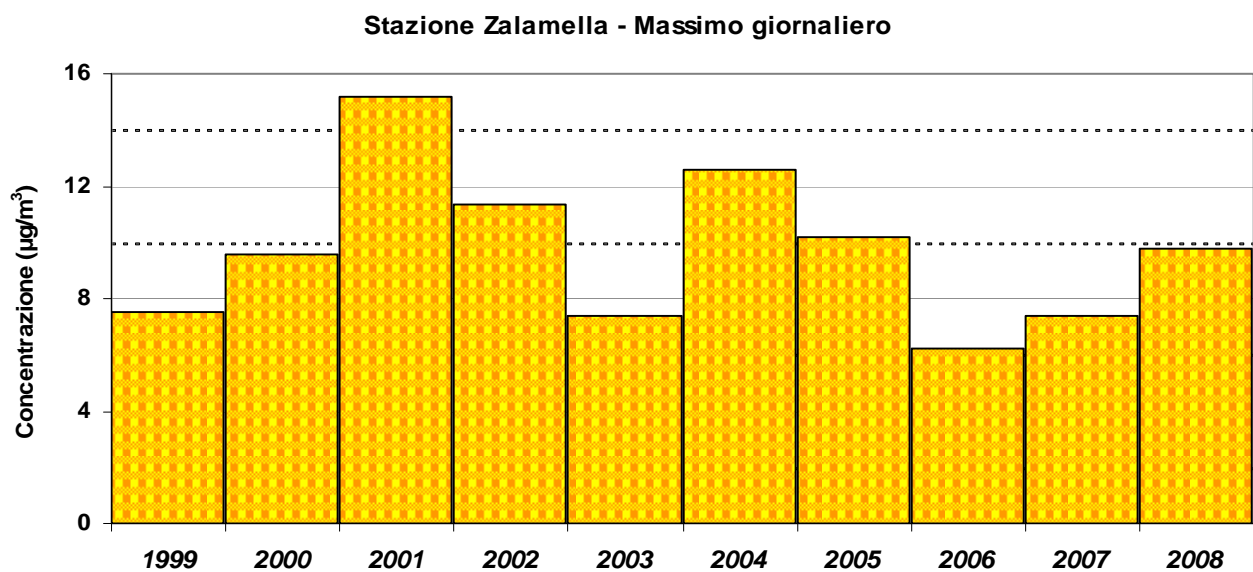
Legenda:

	efficienza percentuale > 75%		efficienza percentuale < 75%		Monitoraggio non disponibile
--	------------------------------	--	------------------------------	--	------------------------------

Tabella 5.3: Benzene –Periodo di monitoraggio nelle diverse postazioni ed efficienza percentuale annuale di campionamento

GRAFICI E TABELLE
1997 - 2008

		1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Medie orarie	Massimo	27,3	55,3	30,9	28,0	17,2	41,9	28,7	14,7	19,6	16,0
	98° perc	11,1	7,5	15,3	11,4	6,5	8,5	8,9	7,1	6,9	7,4
	95° perc	9,1	5,9	12,4	8,8	5,2	6,5	6,5	5,5	5,4	5,1
	90° perc	7,8	4,9	9,8	6,8	4,2	4,9	5,1	4,4	4,3	3,7
Medie giornaliere	Massimo	7,5	9,6	15,2	11,3	7,4	12,6	10,2	6,2	7,4	9,8

 Tabella 5.4: Elaborazioni delle concentrazioni di benzene [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] rilevate in continuo nella stazione Zalamella

 Figura 5.1: Benzene – Elaborazioni dati orari [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]

 Figura 5.2: Benzene – Massimi giornalieri [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]

		Zalamella	Caorle	Rocca Brancaleone	Sapir
1997 - 2008	1999	6,4			
	2000	6,7			
	2001	9,6			
	2002	8,4			
	2003	5,1	4,6	6,8	7,6
	2004	7,5	5,5	4,7	4,7
	2005	6,1	5,9	6,1	7,6
	2006	5,1	5,4	4,5	4,1
	2007	4,9	5,4	4,6	4,5
	2008	5,4	5,8	6,1	7,6

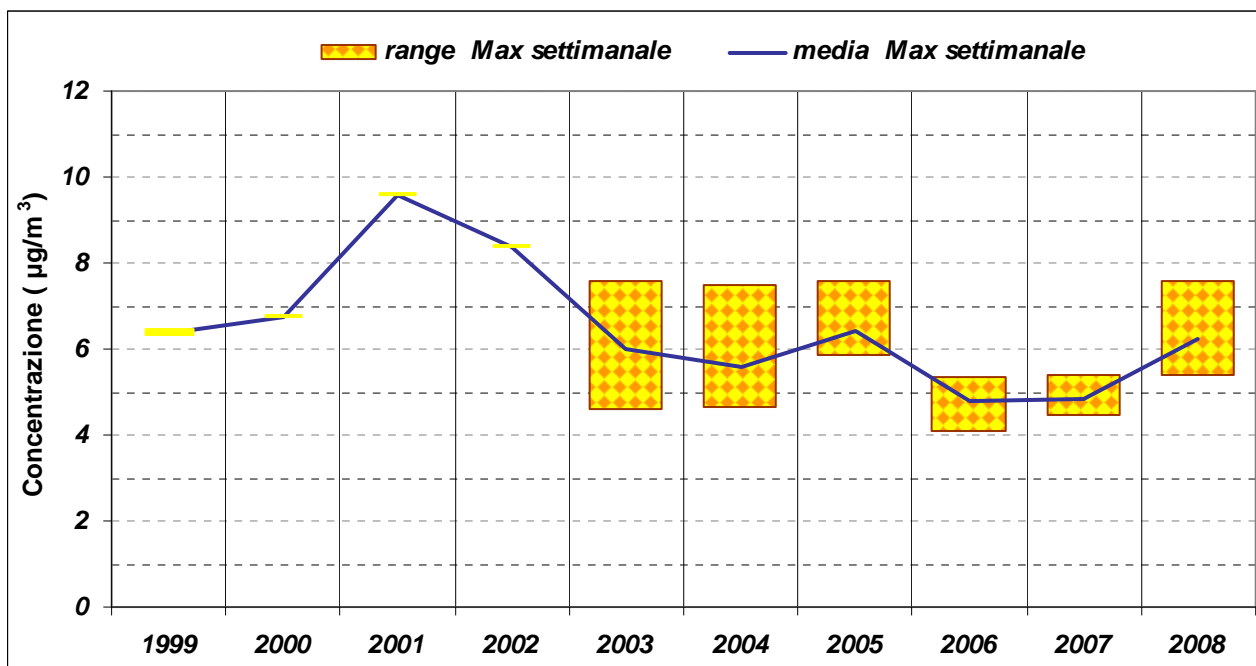
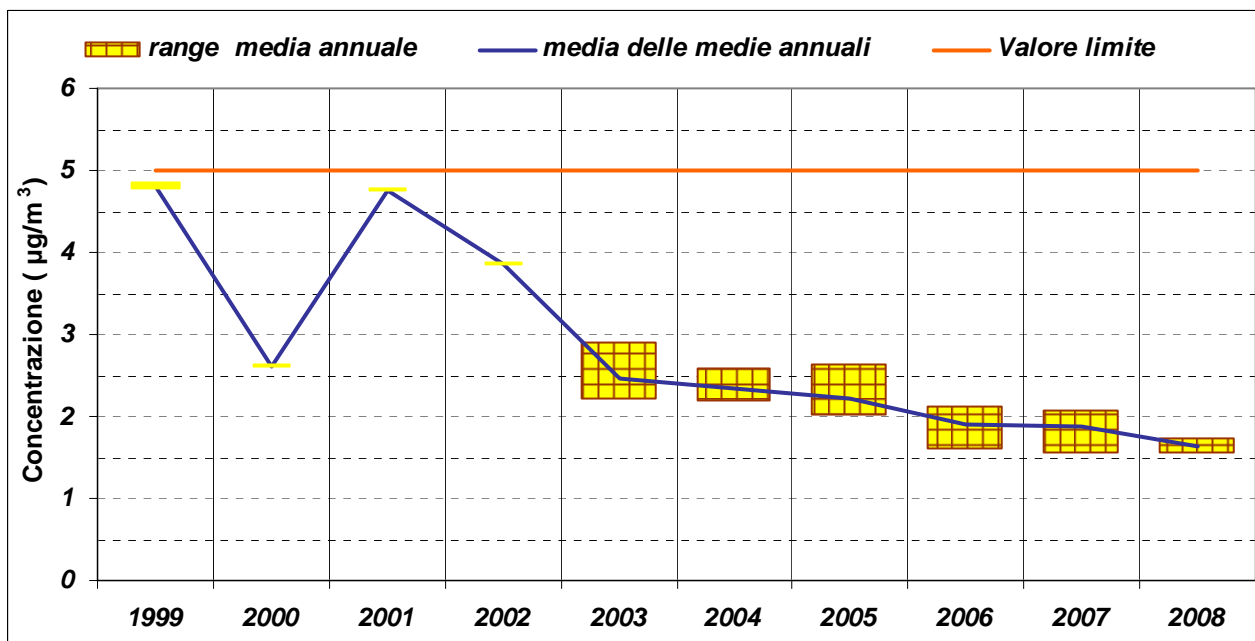
 Tabella 5.5: Benzene - Concentrazione massima delle medie settimanali [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]


Figura 5.3: Benzene – Range (massimo – minimo) della concentrazione massima settimanale rilevata nelle diverse stazioni; confronto con la media dei massimi settimanali

		Zalamella	Caorle	Rocca Brancaleone	Sapir
1997 - 2008	1999	4,8			
	2000	2,6			
	2001	4,8			
	2002	3,9			
	2003	2,2	2,9	2,5	2,3
	2004	2,3	2,6	2,2	2,2
	2005	2,6	2,2	2,0	2,0
	2006	2,0	2,1	1,9	1,6
	2007	2,1	2,0	1,8	1,6
	2008	1,7	1,6	1,7	1,6

 Tabella 5.6: Benzene - Concentrazioni medie annuali [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]

 Figura 5.4: Benzene – Range (massimo – minimo) della concentrazione media annuale, confrontato con il valore limite ($5 \mu\text{g}/\text{m}^3$) e con la media delle medie annuali

2009 - 2010

		Marconi (continuo)	Zalamella (continuo)	Caorle	Rocca Brancaleone	SAPIR
		Max orario [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]				
2009 - 2010	2009	54	91	99	99	99
	2010	92	91	100	100	100
		98° perc. delle medie orarie [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]				
2009-2010	2009	3,9	5,4			
	2010	3,9	5,4			
		95° perc. delle medie orarie [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]				
2009-2010	2009	2,9	4,1			
	2010	3,3	3,9			
		90° perc. delle medie orarie [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]				
2009-2010	2009	2,2	3,2			
	2010	2,7	3,1			
		Massimo giornaliero [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]				
2009-2010	2009	4,3	4,8			
	2010	4,4	4,5			
		Massimo settimanale [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]				
2009-2010	2009	3,0	3,4	2,9	2,6	3,3
	2010	3,0	3,5	2,3	2,4	2,4
		Media annuale [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]				
2009-2010	2009	0,9	1,6	0,9	0,8	0,8
	2010	0,9	1,6	0,9	0,8	0,8

Tabella 5.7: Elaborazione delle concentrazioni di Benzene – Anni 2009 e 2010

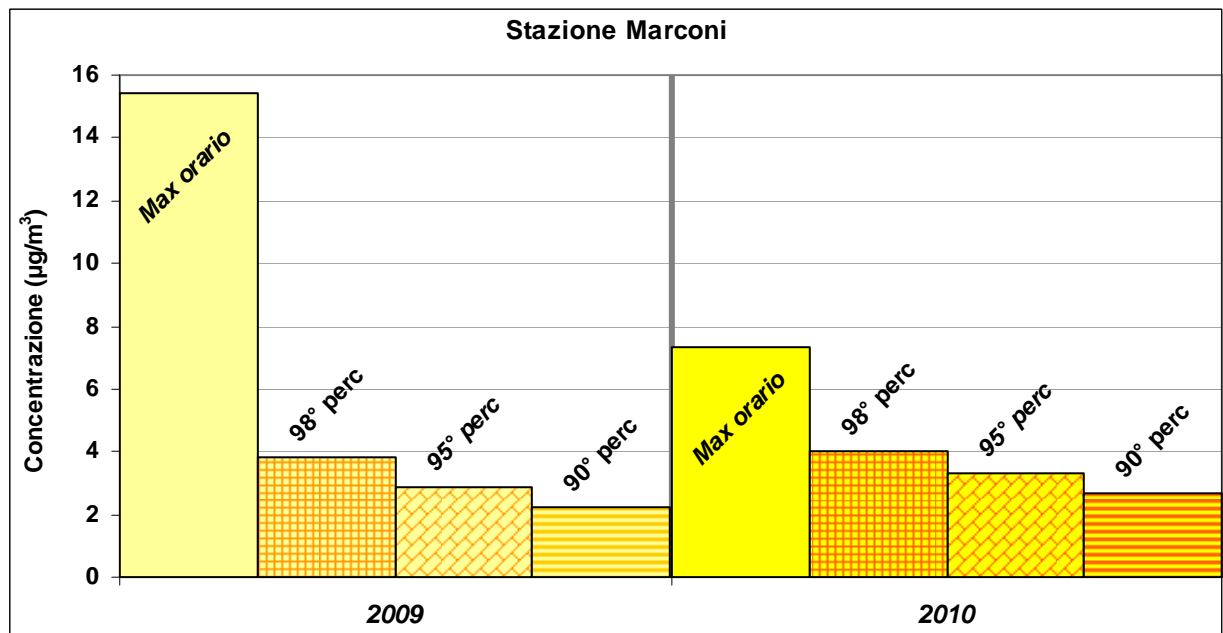
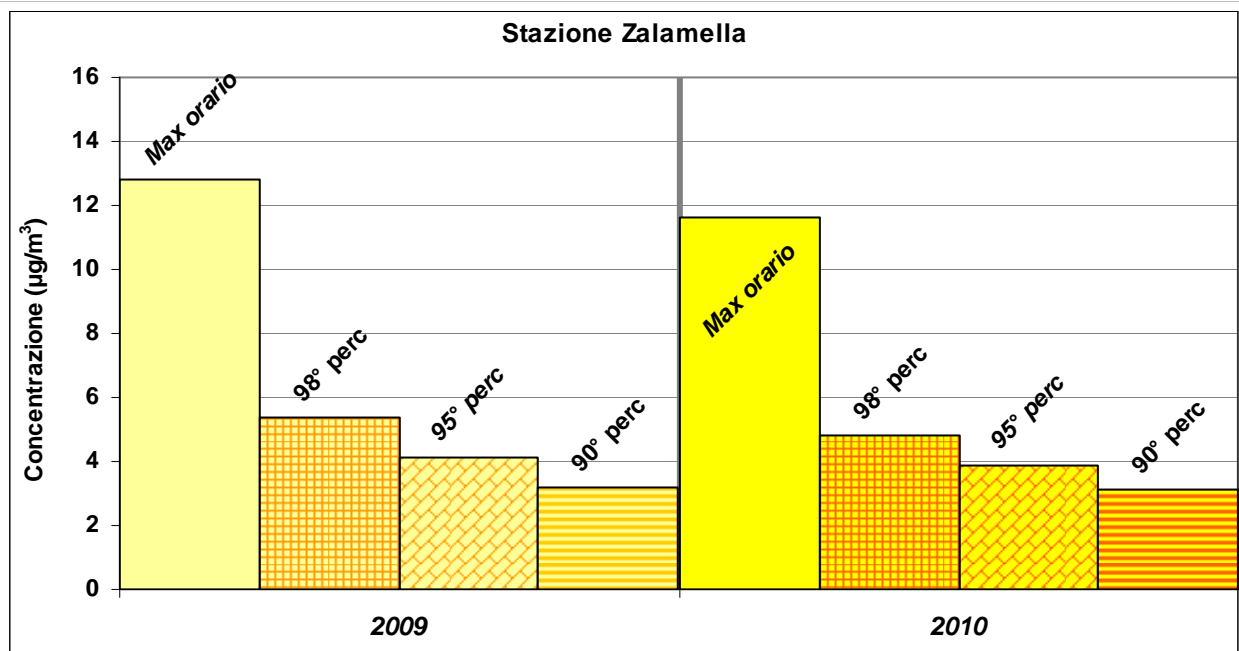


Figura 5.5: Benzene – Elaborazioni dati orari [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]

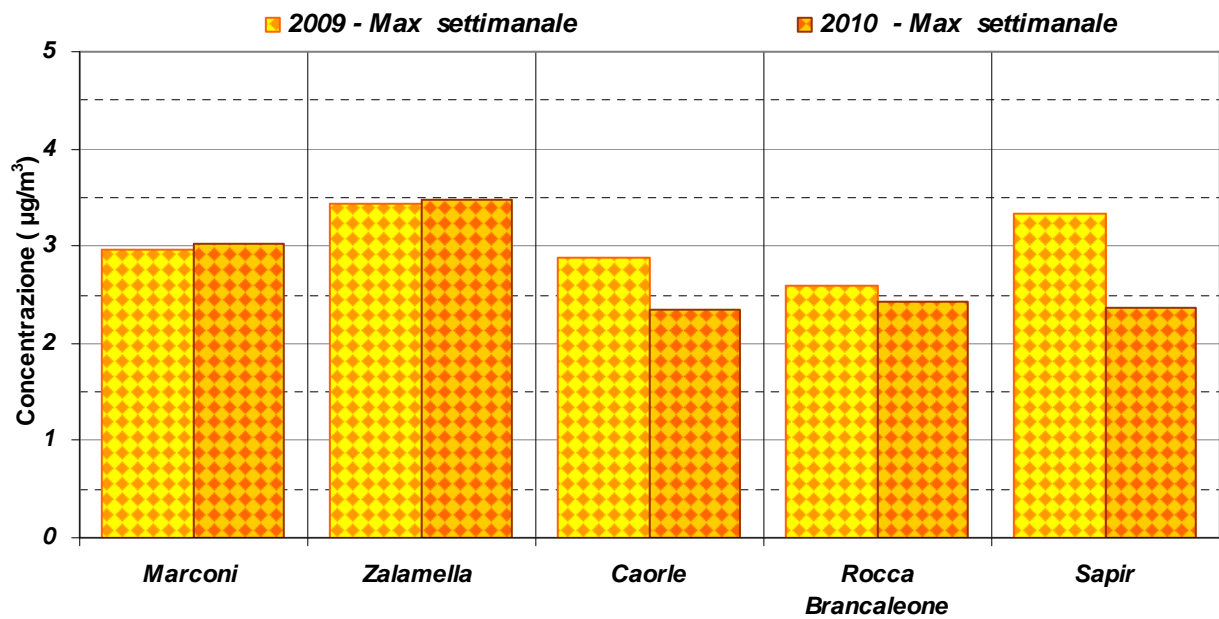
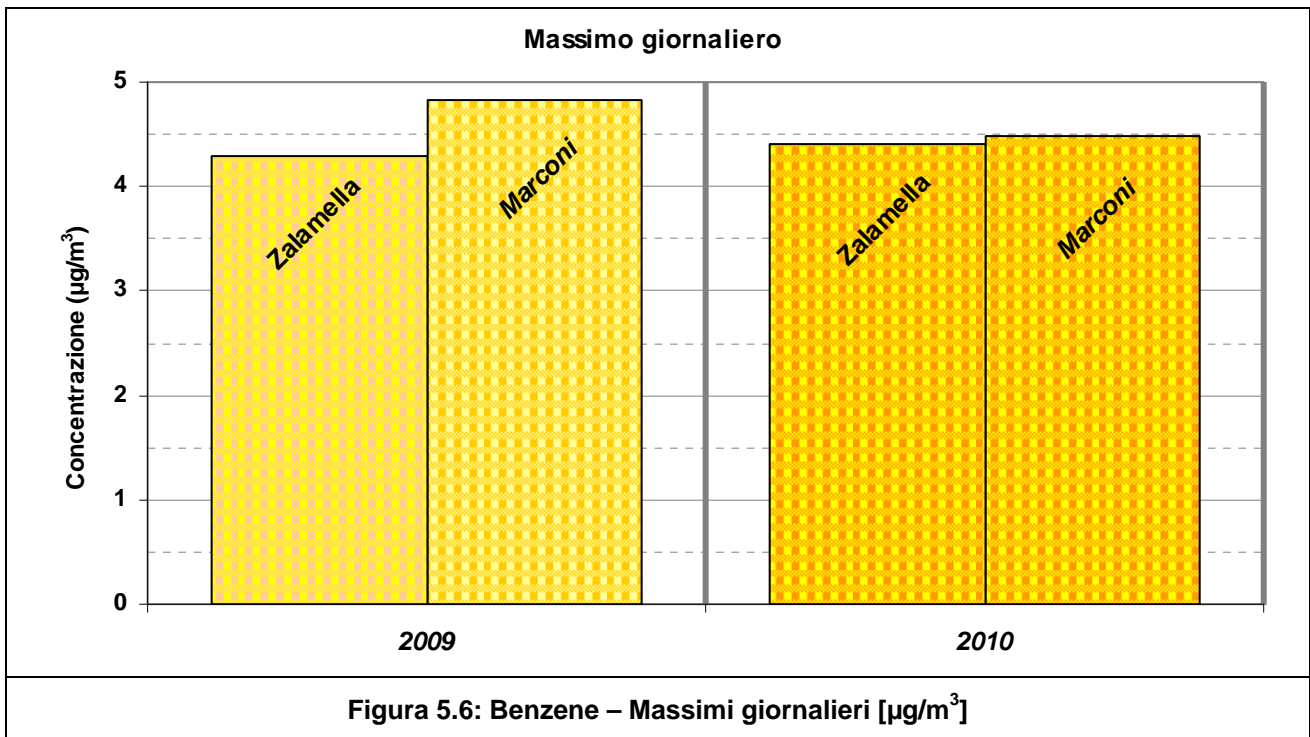


Figura 5.7: Benzene – Concentrazioni massime settimanali rilevate nelle diverse stazioni

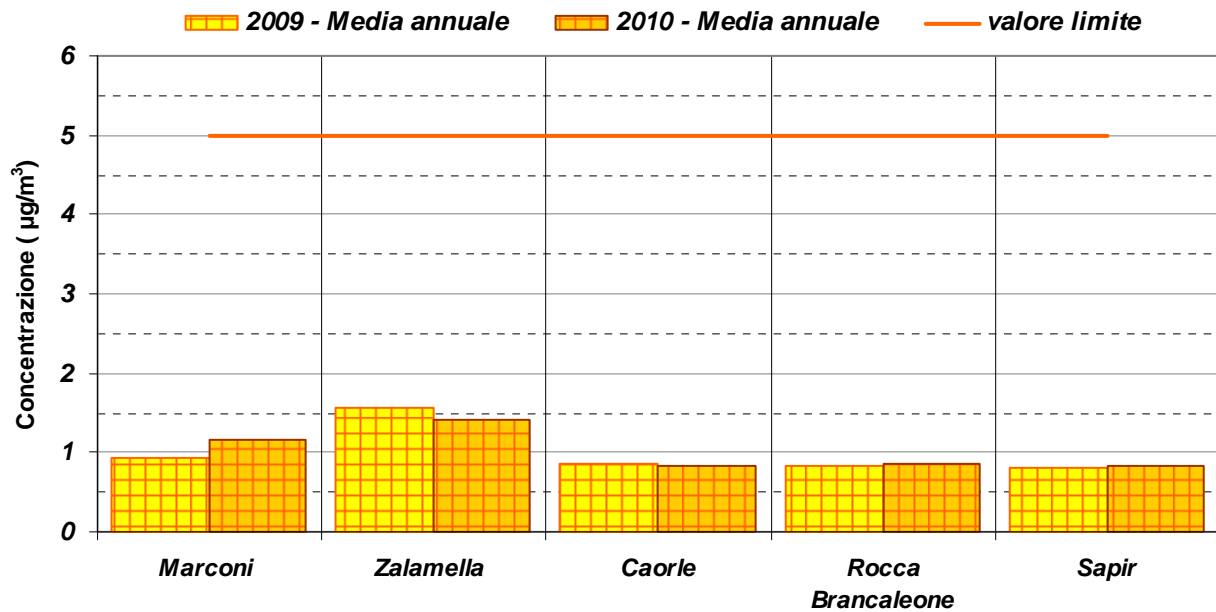


Figura 5.8: Benzene – Concentrazioni medie annuali; confrontato con il valore limite (5 µg/m³)

COMMENTO AI DATI

Come evidenziano i grafici 5.4 e 5.8 - riassuntivi della situazione – le concentrazioni medie annuali di benzene in tutte le postazioni di misura, fin dall'esordio delle misurazioni, sono inferiori al limite di legge. Si è avuta, inoltre, una progressiva diminuzione, passando da 4.8 µg/m³ del 2001 a 1.6 µg/m³ del 2010 nella stazione potenzialmente più critica (traffico urbano). Questo decremento è essenzialmente riconducibile alla sostituzione, nei primi anni del duemila, del benzene con altri composti organici nella miscela delle benzine. La benzina verde, appena entrata in commercio, conteneva benzene a concentrazioni più elevate (~5%): tale percentuale è stata successivamente ridotta ed in Italia, la legge n. 413/1997, ha stabilito che non deve superare l'1% in volume (comunque 50 litri di benzina verde - circa un pieno del serbatoio - possono contenere fino a mezzo litro di benzene).

Al di là del rispetto del limite di legge, è importante che la concentrazione in aria di questo inquinante – classificato cancerogeno dallo IARC – sia mantenuta al livello più basso possibile. Quindi – indipendentemente dalle concentrazioni in aria misurate – è indispensabile proseguire nel monitoraggio per valutare gli effetti delle azioni di contenimento e l'esposizione della popolazione.

SCHEDA INDICATORE 6: Toluene (C₇H₈)

NOME DELL'INDICATORE	Concentrazioni in aria di toluene (C ₇ H ₈)	DPSIR	S
UNITA'DIMISURA	microgrammi/metrocubo (µg/m ³)	FONTE	Arpa-Sezione di Ravenna
COPERTURA SPAZIALE DATI	Provincia	COPERTURA TEMPORALE DATI	1999-2010
AGGIORNAMENTO DATI	Annuale		
RIFERIMENTI NORMATIVI	Attualmente non sono previsti limiti legislativi – L'OMS suggerisce un valore di riferimento pari a 260 µg/m ³ come media settimanale		
METODI DI ELABORAZIONE DATI	Medie (orarie, giornaliere, settimanali, annuali), percentili, massimi		

DESCRIZIONE DELL'INDICATORE

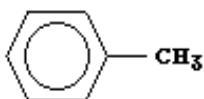
L'indicatore evidenzia la concentrazione al suolo di toluene. Questo inquinante primario proviene principalmente dai gas di scarico degli autoveicoli, dall'evaporazione negli impianti di stoccaggio e distribuzione dei carburanti, dai processi di combustione e dall'uso di solventi.

SCOPO DELL'INDICATORE

Visualizzare le variazioni nelle concentrazioni di toluene nell'aria considerando l'andamento medio annuale ed eventuali situazioni derivanti da massimi rilevati.

(C₇H₈) - GENERALITÀ ED EFFETTI SULL'AMBIENTE E SULL'UOMO
Generalità

Il toluene (C₇H₈) è una molecola aromatica formata dall'anello benzenico in cui un atomo di idrogeno è sostituito da un gruppo metilico (CH₃). È un liquido incolore, volatile, infiammabile ed esplosivo, dall'odore simile al benzene. La soglia di concentrazione per la percezione olfattiva è di 9.4 mg/m³. È poco solubile in acqua e non è corrosivo.



Il toluene si ottiene dalla raffinazione del petrolio greggio e dal catrame. È un costituente della frazione aromatica della benzina.

A livello industriale è una sostanza ampiamente utilizzata per la sintesi di altri composti chimici. I suoi principali derivati sono i poliuretani, utilizzati per la produzione di materassi, sedili per auto, isolanti, rivestimenti per pavimenti e arredi.

È un importante solvente per vernici, adesivi, collanti, inchiostri, in cui ha sostituito il benzene per la minore pericolosità. È impiegato come intermedio in prodotti farmaceutici e come additivo in prodotti cosmetici.

Le principali sorgenti antropiche di emissione nell'ambiente sono:

- gas di scarico degli autoveicoli, perdite durante le attività di stoccaggio, trasporto, rifornimento di carburanti (65%)
- il fumo di sigaretta;

- prodotti in cui il toluene è utilizzato come solvente (33%);
- produzione del toluene (2%): il toluene può essere rilasciato nell'ambiente da perdite di processo, emissioni accidentali e perdite di stoccaggio.

Il toluene è un comune contaminante indoor, il cui livello dipende dalla sua concentrazione nell'aria esterna, dal rilascio da numerosi prodotti per la casa (vernici, diluenti, colle ecc.) e dalla presenza di fumatori. La concentrazione di toluene nell'aria interna può essere superiore a quella dell'aria esterna, con valori in alcune situazioni anche di 30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Come il benzene, è un inquinante che si può trovare in concentrazioni significative nell'abitacolo dell'auto, infatti oltre a essere emesso dalle benzine, è contenuto in tracce nelle tappezzerie dei veicoli.

Effetti sull'ambiente e sull'uomo

Il toluene una volta rilasciato nell'ambiente entra quasi totalmente in atmosfera, a causa dell'elevata volatilità. Si degrada molto velocemente e di rado permane in atmosfera sufficientemente a lungo. La molecola del toluene entra nei meccanismi di reazione dello smog fotochimico, degradandosi in svariati composti a diverso grado di tossicità, fra questi la formaldeide.

Nelle aree urbane sono state rilevate concentrazioni medie di toluene in aria variabili da 5 a 150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, in funzione della intensità del traffico e della vicinanza a stazioni di servizio. Il toluene può penetrare nell'organismo umano per via cutanea, inalatoria e per ingestione.

Ha la stessa solubilità nel sangue, nei reni, fegato e muscolo, mentre nei tessuti adiposi ha solubilità dalle 30 alle 50 volte superiore.

L'inalazione è la via principale di esposizione e la ritenzione del toluene da parte dell'organismo umano è pari a circa il 40-60% della quantità inalata.

I reni metabolizzano velocemente il toluene, trasformandolo in acido benzoico che, con la glicina, forma poi acido ippurico, eliminato attraverso le urine.

L'eliminazione del toluene e metaboliti dai tessuti adiposi e dal midollo osseo è prolungata nel tempo.

La presenza di toluene in atmosfera è essenzialmente dovuta al traffico autoveicolare ed ad attività industriali. In modo particolare nei processi produttivi in quest'ultimo decennio si è proceduto alla sostituzione del benzene con toluene come solvente di processo, incrementandone così i consumi e rendendoli particolarmente significativi, soprattutto in aree industriali come quella di Ravenna.

Le concentrazioni di toluene negli ambienti indoor sono considerevoli anche per il contributo del fumo di tabacco, che contribuisce, approssimativamente, all'immissione in ambiente di 0,1 mg di toluene per ogni sigaretta.

LIVELLI FISSATI DAL DL_{vo} 155/2010 E VALORI GUIDA OMS

Per il toluene la normativa nazionale attualmente in vigore (DLvo 155/2010) non prevede valori limite.

L'OMS ha introdotto valori guida che si riferiscono alla concentrazione al di sopra della quale si possono riscontrare effetti sulla salute della popolazione non esposta professionalmente. Sono ottenuti applicando rispettivamente un margine di protezione alla concentrazione minima al di sotto della quale non si hanno effetti negativi (NOAEL) e alla soglia di percezione olfattiva (Guidelines for Air Quality, WHO, Geneva, 2000):

C₇H₈	Periodo di mediazione	Valori guida
Valore guida OMS (2006)	Media settimanale	260 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
	Media su 30 minuti	1000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

MONITORAGGIO DELL'INQUINANTE IN PROVINCIA DI RAVENNA

Il toluene viene misurato, nella rete di Ravenna, contestualmente al benzene ed agli xileni, quindi per le modalità di monitoraggio (continuo/discontinuo) e per le postazioni vale quanto già riportato per il benzene:

	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Toluene Monitoraggio continuo	n.d.	n.d.	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Toluene Monitoraggio discontinuo	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	X	X	X	X	X	X	X	X

Legenda: X Monitoraggio effettuato n.d. Monitoraggio non disponibile

Tabella 6.1: Toluene - Monitoraggio negli anni
STAZIONE E TIPOLOGIA DI CAMPIONAMENTO

STAZIONE		TIPOLOGIA CAMPIONAMENTO	
Caorle	Fondo Urbano Residenziale	FU_Res	Campionatori passivi
Marconi	Traffico Urbano	TU	Analizzatore in continuo
Rocca Brancaleone	Traffico / Fondo Urbano Residenziale	T_FU_Res	Campionatori passivi
SAPIR	Industriale	Ind	Campionatori passivi
Zalamella	Traffico Urbano	TU	Analizzatore in continuo

Tabella 6.2: Stazioni in cui è stato monitorato il toluene e tipologia di campionamento
PERIODO DI MONITORAGGIO NELLE DIVERSE POSTAZIONI ED EFFICIENZA PERCENTUALE(%)

		Marconi	Zalamella	Caorle	Rocca Brancaleone	Sapir
1997 - 2008	1999		20			
	2000		98			
	2001		90			
	2002		97			
	2003		99	36	86	89
	2004		95	96	91	93
	2005		93	99	98	97
	2006		90	100	100	100
	2007		96	100	100	100
	2008		85	99	99	96
2009 - 2010	2009	54 ^(a)	91	99	99	99
	2010	92	91	100	100	100

Note: (a) Strumento installato il 14/05/2009 a partire da questa data efficienza del 85%

Legenda:

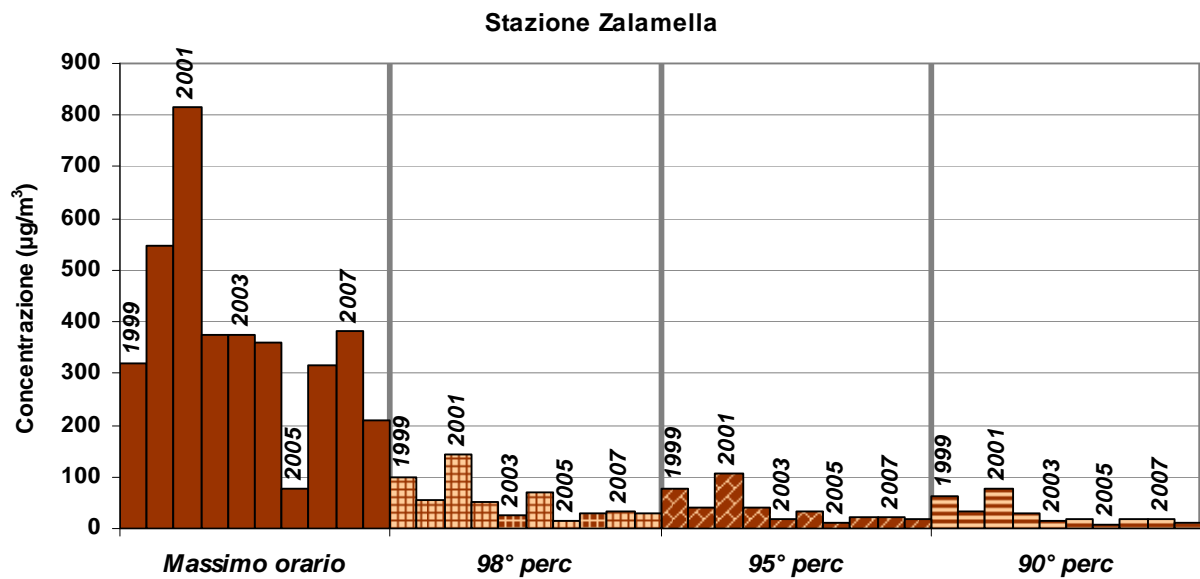
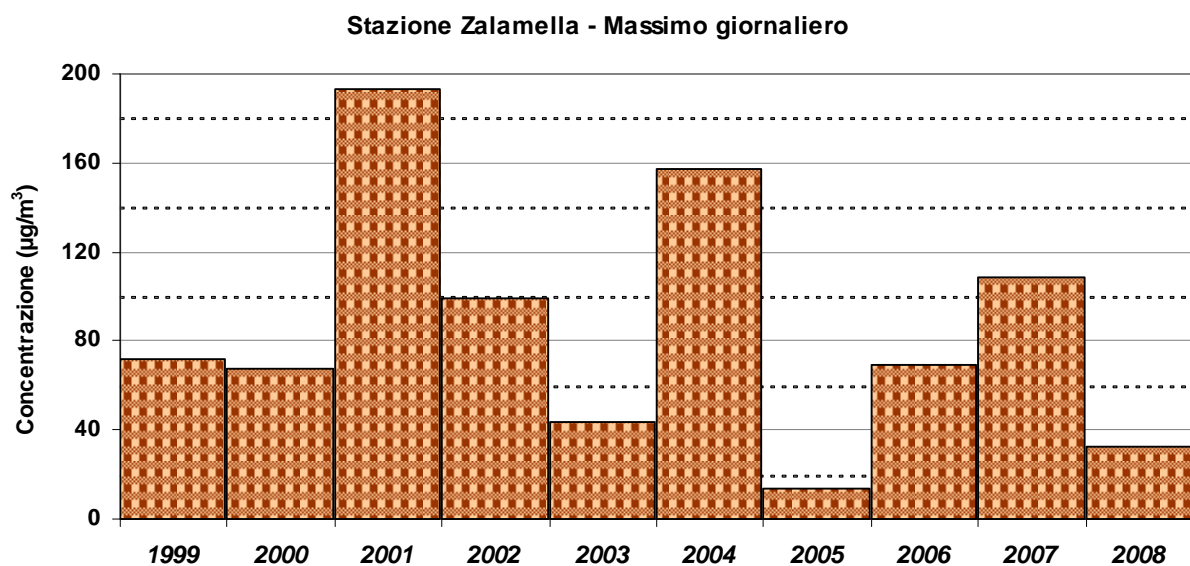
 efficienza percentuale > 75% efficienza percentuale < 75% Monitoraggio non disponibile

Tabella 6.3: Toluene –Periodo di monitoraggio nelle diverse postazioni ed efficienza percentuale annuale di campionamento

GRAFICI E TABELLE

1997 - 2008

		1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Medie orarie	Massimo	320,2	548,5	814,3	376,1	376,1	358,9	78,8	315,9	383,0	210,6
	98° perc	99,8	55,0	145,0	53,2	27,2	71,1	13,9	30,5	34,8	29,1
	95° perc	76,2	41,4	105,7	38,7	19,5	34,1	10,4	22,6	23,5	17,6
	90° perc	61,3	33,7	78,9	28,7	14,6	17,2	7,9	17,0	17,2	11,6
Medie giornaliere	Massimo	71,6	67,5	193,1	99,4	43,2	157,5	13,6	69,4	108,7	32,8

 Tabella 6.4: Toluene - Elaborazioni delle concentrazioni [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] rilevate in continuo nella stazione Zalamella

 Figura 6.1: Toluene – Elaborazioni dati orari [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]

 Figura 6.2: Toluene – Massimi giornalieri [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]

		Zalamella	Caorle	Rocca Brancaleone	Sapir
1997 - 2008	1999	47,4			
	2000	43,4			
	2001	83,1			
	2002	32,9			
	2003	22,2	12,7	19,8	20,1
	2004	76,8	15,6	12,9	13,4
	2005	8,1	17,5	12,8	12,2
	2006	23,1	14,5	12,6	12,1
	2007	26,8	11,2	8,8	9,2
	2008	14,6	12,1	13,1	21,9

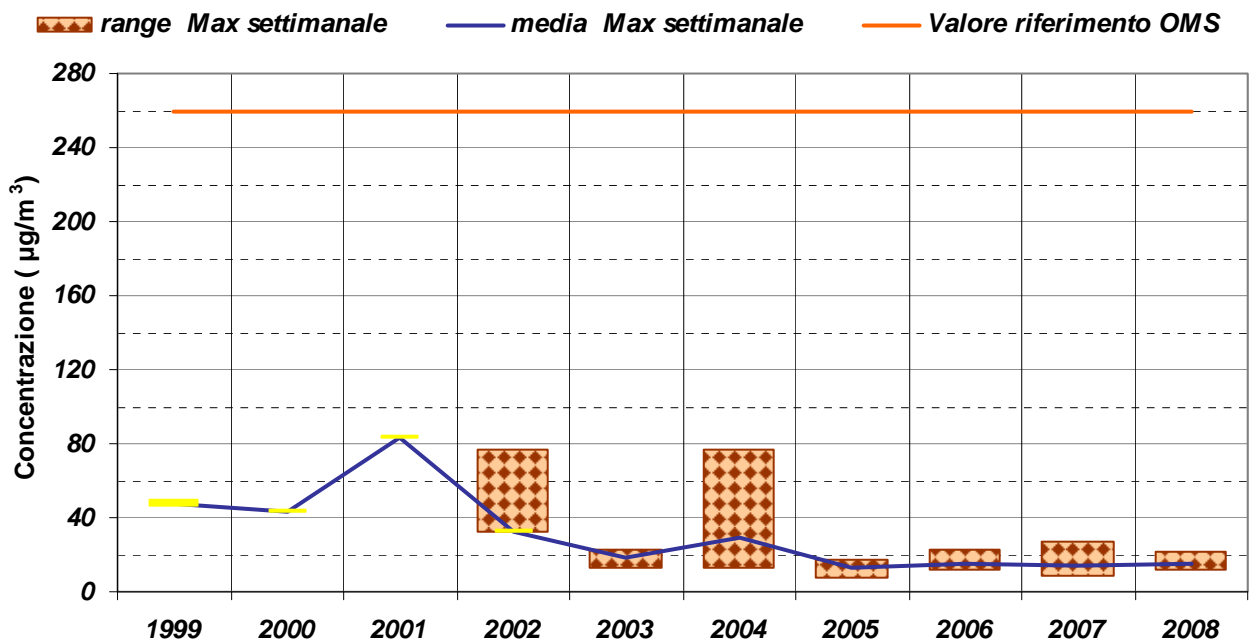
 Tabella 6.5: Toluene - Concentrazione massima delle medie settimanali [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]


Figura 6.3: Toluene – Range (massimo – minimo) della concentrazione massima settimanale rilevate nelle diverse stazioni; confronto con la media dei massimi settimanali

		Zalamella	Caorle	Rocca Brancaleone	Sapir
1997 - 2008	1999	34,9			
	2000	18,2			
	2001	37,4			
	2002	14,1			
	2003	7,2	8,9	7,4	8,5
	2004	9,7	7,7	6,3	6,6
	2005	3,8	6,1	5,0	4,8
	2006	7,2	5,7	5,4	4,5
	2007	8,1	4,9	4,3	4,0
	2008	5,6	4,7	4,7	4,7

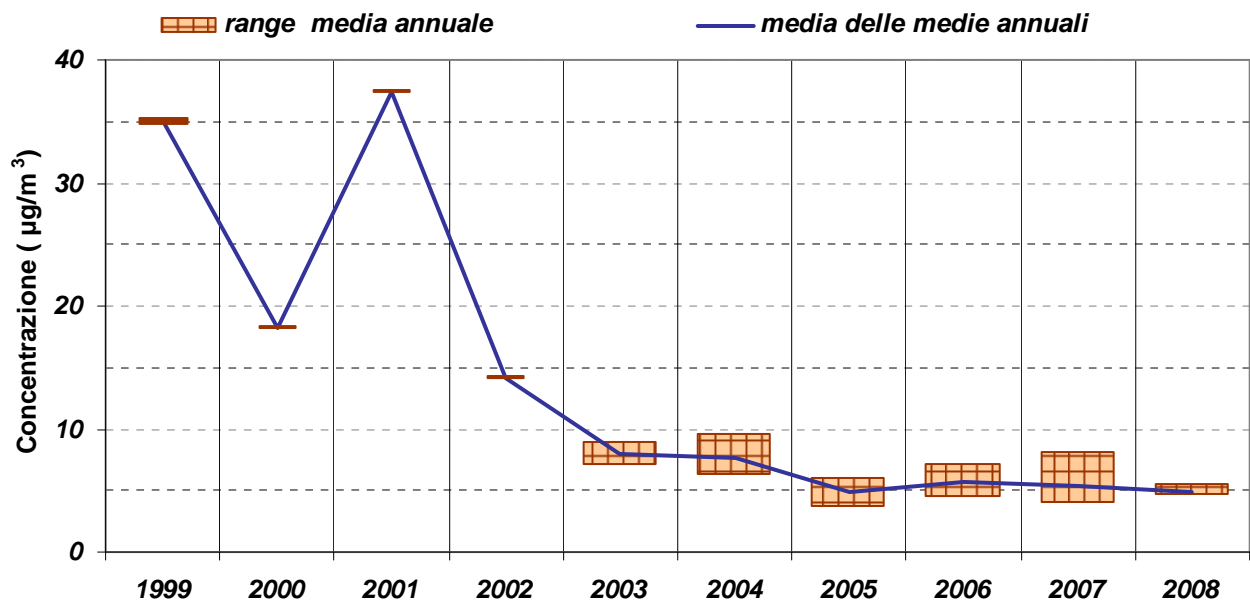
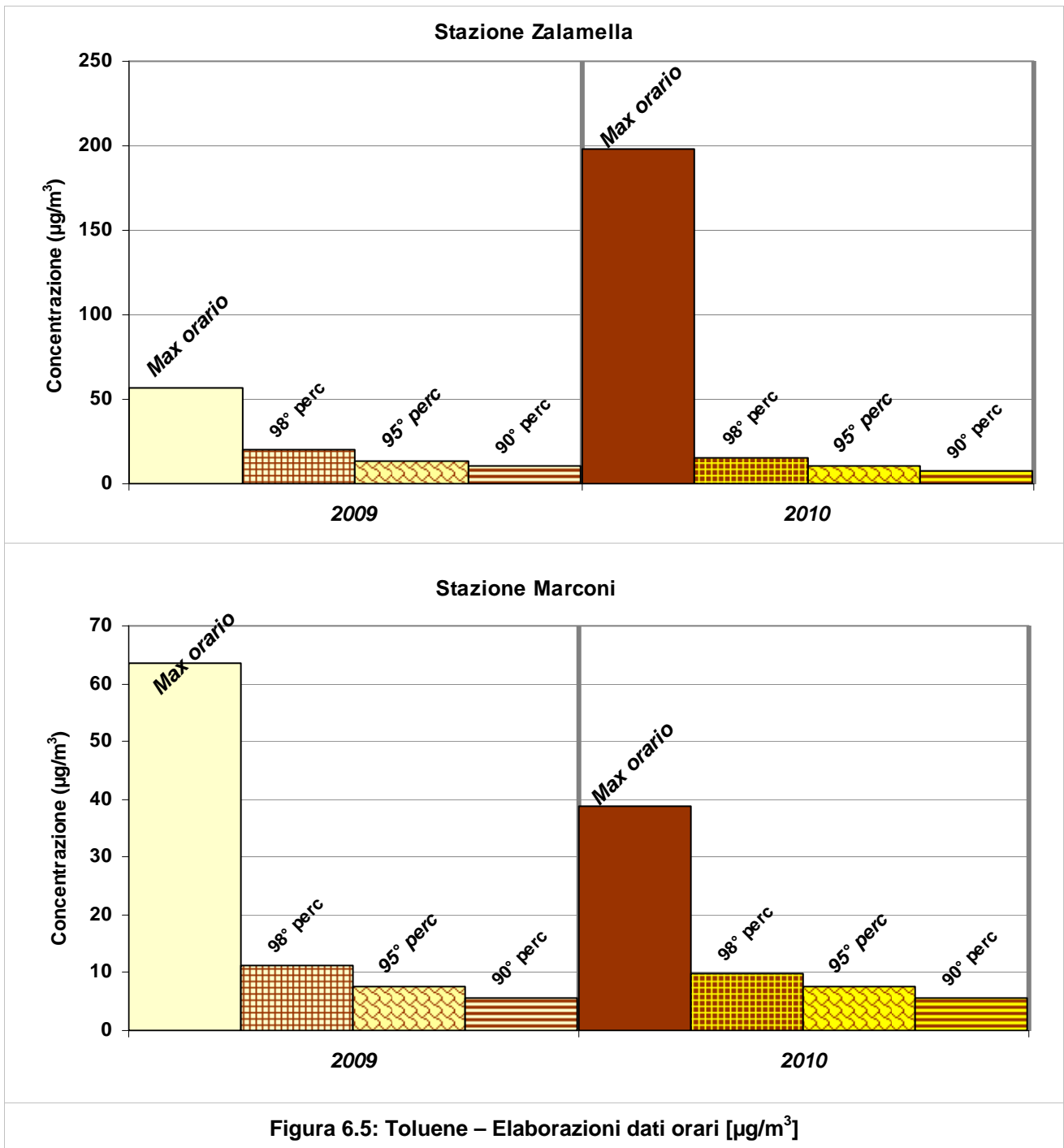
 Tabella 6.6: Toluene - Concentrazioni medie annuali [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]


Figura 6.4: Toluene – Range (massimo – minimo) della concentrazione media annuale; confronto con la media delle medie annuali

2009 - 2010

		Marconi (continuo)	Zalamella (continuo)	Caorle	Rocca Brancaleone	SAPIR
		Max orario [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]				
2009 - 2010	2009	63.4	57.2			
	2010	38.9	198.1			
		98° perc. delle medie orarie [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]				
2009-2010	2009	11.2	20.3			
	2010	9.7	15.7			
		95° perc. delle medie orarie [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]				
2009-2010	2009	7.7	13.7			
	2010	7.5	10.7			
		90° perc. delle medie orarie [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]				
2009-2010	2009	5.7	10.1			
	2010	5.6	7.8			
		Massimo giornaliero [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]				
2009-2010	2009	10.0	16.7			
	2010	11.1	48.7			
		Massimo settimanale [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]				
2009-2010	2009	6.3	10.1	13.5	4.9	6.5
	2010	6.2	9.3	25.7	6.7	94.6
		Media annuale [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]				
2009-2010	2009	2.6	4.8	2.7	2.2	2.0
	2010	2.6	4.1	2.7	2.3	3.9

Tabella 6.7: Toluene - Concentrazioni a livello provinciale – Anni 2009 e 2010



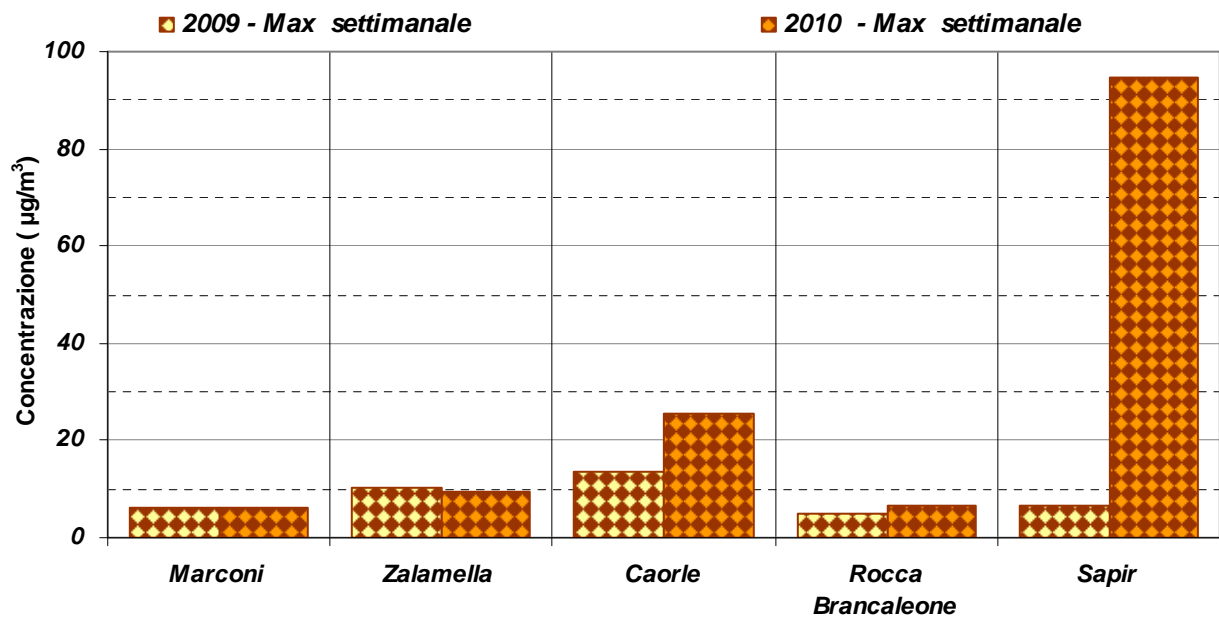
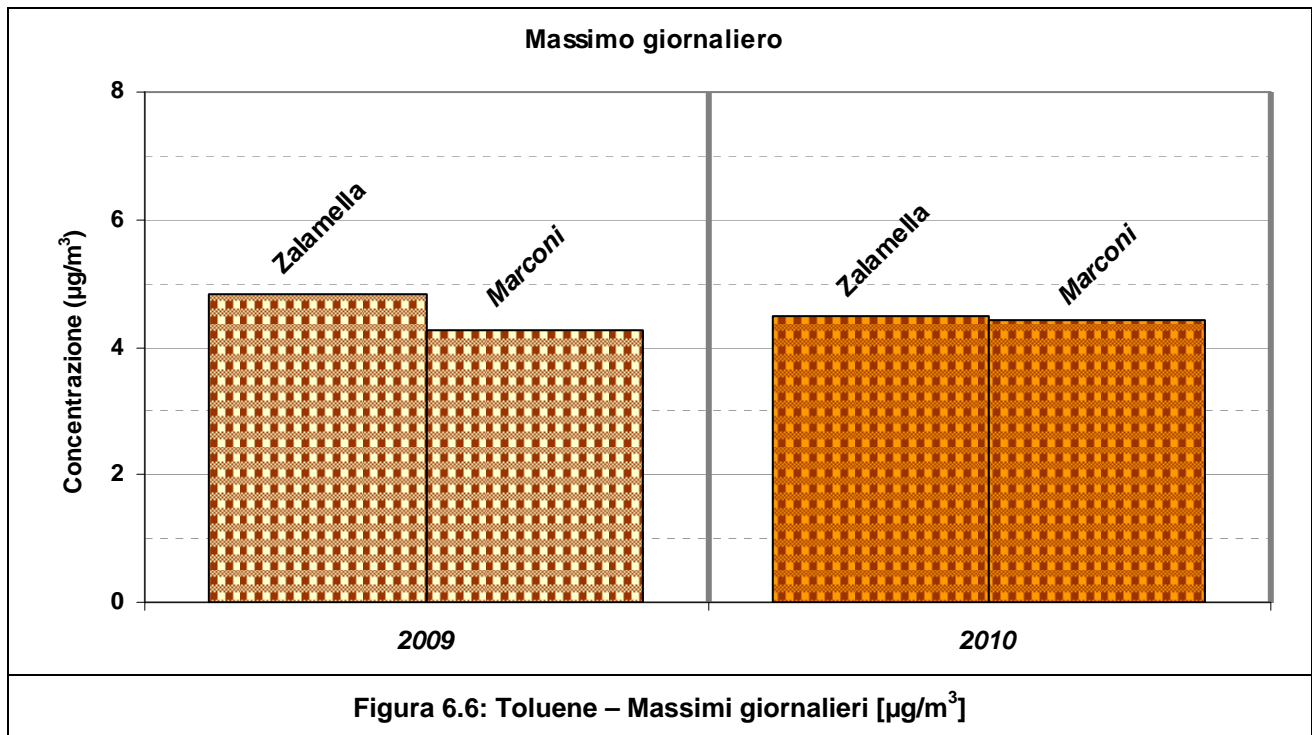


Figura 6.7: Toluene – Concentrazioni massime settimanali rilevate nelle diverse stazioni

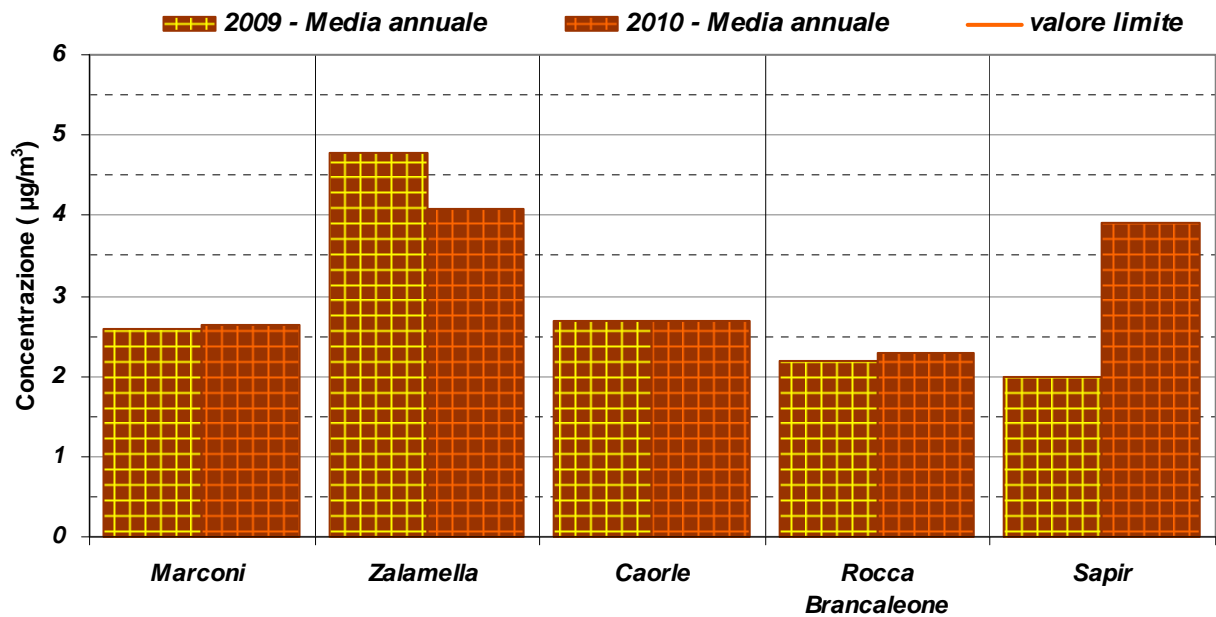


Figura 6.8: Toluene – Concentrazioni medie annuali

COMMENTO AI DATI

Per il toluene non ci sono limiti di legge, quindi si fa riferimento ai valori guida dell'OMS, in particolare la media settimanale, in quanto il campionamento effettuato non consente di rilevare la media sui 30 minuti ed il confronto con la media oraria – nelle postazioni in cui si effettua il monitoraggio in continuo – non è conservativo.

Ad ogni modo, si può osservare come le concentrazioni massime orarie abbiano avuto un discreto decremento (Figura 6.1): se nulla si può dire circa il rispetto del valore guida sui 30 minuti relativamente ai dati 1999 – 2008 (in questo periodo le concentrazioni massime orarie si sono attestate su valori inferiori al 50% del limite, con punte dell'81% (2001)) per il periodo 2009 – 2010 si può avanzare l'ipotesi che il valore guida sia stato rispettato, dal momento che i massimi orari si attestano al 7 – 20% del valore guida semiorario (Figura 6.5). Ancora, i massimi orari possono essere riferibili ad episodi di breve durata in quanto già il 98° percentile risulta mediamente il 15% del valore massimo; tale percentuale scende al 10% per il 95° percentile.

Come mostrato nelle figure 6.3 e 6.7, il valore guida settimanale è stato sempre abbondantemente rispettato, fin dal 1999, in tutte le postazioni di misura: normalmente la concentrazione massima settimanale si è attestata a valori inferiori al 20% del valore guida, fanno eccezione alcune annualità durante le quali, comunque, il tale percentuale non è stata superiore al 37%.

Le concentrazioni medie annuali, indicative di esposizioni di lungo periodo (cronico), a partire dal 2003 sono inferiori a $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$, e nell'ultimo biennio inferiori a $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

SCHEDA INDICATORE 7 : Xileni (C₈H₁₀)

NOME DELL'INDICATORE	Concentrazioni in aria di toluene (C ₈ H ₁₀)	DPSIR	S
UNITA'DIMISURA	microgrammi/metrocubo (µg/m ³)	FONTE	Arpa-Sezione di Ravenna
COPERTURA SPAZIALE DATI	Provincia	COPERTURA TEMPORALE DATI	1999-2010
AGGIORNAMENTO DATI	Annuale		
RIFERIMENTI NORMATIVI	Attualmente non sono previsti limiti legislativi – L'OMS suggerisce un valore di riferimento pari a 260 µg/m ³ come media settimanale		
METODI DI ELABORAZIONE DATI	Medie (orarie, giornaliere, settimanali, annuali), percentili, massimi		

DESCRIZIONE DELL'INDICATORE

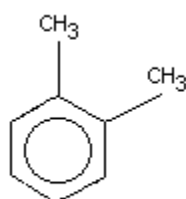
L'indicatore evidenzia la concentrazione al suolo di xileni.

SCOPO DELL'INDICATORE

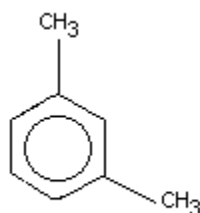
Visualizzare le variazioni nelle concentrazioni di xileni nell'aria considerando l'andamento medio annuale ed eventuali situazioni derivanti dai massimi rilevati.

(C₈H₁₀) - GENERALITÀ ED EFFETTI SULL'AMBIENTE E SULL'UOMO
Generalità

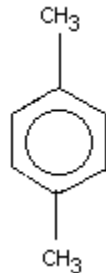
Lo xilene (C₈H₁₀) è una molecola aromatica formata dall'anello benzenico, in cui due atomi di idrogeno sono sostituiti da due gruppi metilici. In funzione della diversa posizione dei metili, esistono tre forme isomeriche: orto-xilene, in cui i due gruppi sono adiacenti, meta-xilene, in cui i metili sono separati da un atomo di idrogeno e para-xilene, in cui si trovano in posizione opposta.



orto-xilene



meta-xilene



para-xilene

Lo xilene è un liquido incolore, volatile a temperatura ambiente, con il caratteristico odore aromatico.

La soglia di concentrazione per la percezione olfattiva è di 4,35 mg/m³ (1 ppm). Tutti tre gli isomeri sono solubili in solventi organici e molto volatili. Con il termine xilene si intende pertanto una miscela composta dai tre isomeri in percentuali variabili, con prevalenza del

meta-xilene (40%). A Ravenna, nel monitoraggio con i campionatori passivi si misurano tutti e tre gli isomeri dello xilene, mentre con la strumentazione in continuo vengono rilevati i due isomeri più abbondanti (meta e para).

Lo xilene è un costituente naturale dei combustibili fossili ed anche un gas naturalmente prodotto dalle piante. A livello industriale si ottiene principalmente dalla raffinazione del petrolio e circa il 90% è impiegato come additivo nella benzina, il resto viene utilizzato come solvente per vernici e inchiostri e per la produzione dei singoli isomeri. Il para-xilene è impiegato per la produzione dei poliesteri che trovano applicazione nel confezionamento di materiali tessili per gli abiti, nella preparazione di involucri e nella produzione di bottiglie di plastica.

Può anche essere trasformato in pellicole, utilizzate per nastri audio e video. Lo xilene in miscela è inoltre il solvente impiegato nella produzione di profumi, pesticidi, prodotti farmaceutici, adesivi e prodotti per verniciatura.

Lo xilene rilasciato in atmosfera deriva principalmente dai gas di scarico degli autoveicoli, da emissioni accidentali provenienti da sorgenti industriali come raffinerie di petrolio e industrie chimiche e dall'utilizzo dello xilene come solvente.

Effetti sull'ambiente e sull'uomo

La maggior parte dello xilene rilasciato nell'ambiente entra direttamente in atmosfera, dove i tre isomeri sono rapidamente degradati per foto-ossidazione. La via di rimozione più efficace è rappresentata dalla reazione con il radicale OH, che porta alla formazione di diversi composti organici, in particolare aldeidi.

Lo xilene contribuisce alla formazione di O₃ troposferico.

La concentrazione media in aria si aggira intorno a 1 µg/m³ e raggiunge circa 3 µg/m³ in aree suburbane e livelli più elevati, fino a 100 µg/m³, nelle aree urbane ed industriali.

Lo xilene ha caratteristiche tossiche simili al toluene; quello commerciale contiene benzene come impurezza e questo può essere causa di ematopatie, che non si manifestano con xilene puro.

Non ci sono apprezzabili differenze tossicologiche fra i 3 isomeri dello xilene.

Anche per lo xilene le vie di introduzione nel corpo umano sono per inalazione, ingestione e per via cutanea. E' metabolizzato principalmente ad acido metil benzoico, che, con la glicina, forma acido metil ippurico eliminato attraverso le urine.

LIVELLI FISSATI DAL DL_{VO} 155/2010 E VALORI GUIDA OMS

Per lo xilene la normativa nazionale attualmente in vigore (DLvo 155/2010) non prevede valori limite.

L'OMS ha introdotto due valori guida, analogamente al toluene, che si riferiscono alla concentrazione al di sopra della quale è possibile riscontrare effetti sulla salute della popolazione non esposta professionalmente (Guidelines for Air Quality, WHO, Ginevra, 2000):

C ₆ H ₆	Periodo di mediazione	Valori guida
Valore guida OMS (2006)	Media 24 ore	4800 µg/m ³
	Media annuale	870 µg/m ³

MONITORAGGIO DELL'INQUINANTE IN PROVINCIA DI RAVENNA

Lo xilene viene misurato, nella rete di Ravenna, contestualmente al benzene e toluene, quindi per le modalità di monitoraggio (continuo/discontinuo) e per le postazioni vale quanto già riportato per benzene:

	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Xileni Monitoraggio continuo	n.d.	n.d.	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Xileni Monitoraggio discontinuo	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	X	X	X	X	X	X	X	X

Legenda: X Monitoraggio effettuato n.d. Monitoraggio non disponibile

Tabella 7.1: Xileni - Monitoraggio negli anni
STAZIONE E TIPOLOGIA DI CAMPIONAMENTO

STAZIONE		TIPOLOGIA CAMPIONAMENTO	
Caorle	Fondo Urbano Residenziale	FU_Res	Campionatori passivi
Marconi	Traffico Urbano	TU	Analizzatore in continuo
Rocca Brancaleone	Traffico / Fondo Urbano Residenziale	T_ FU_Res	Campionatori passivi
SAPIR	Industriale	Ind	Campionatori passivi
Zalamella	Traffico Urbano	TU	Analizzatore in continuo

Tabella 7.2: Stazioni in cui è stato monitorato lo xilene e tipologia di campionamento
PERIODO DI MONITORAGGIO NELLE DIVERSE POSTAZIONI ED EFFICIENZA PERCENTUALE(%)

		Marconi	Zalamella	Caorle	Rocca Brancaleone	Sapir
1997 - 2008	1999		20			
	2000		96			
	2001		84			
	2002		97			
	2003		99	36	86	89
	2004		94	96	91	93
	2005		52	99	98	97
	2006		86	100	100	100
	2007		97	100	100	100
2009 - 2010	2008		89	99	99	96
	2009	53 ^(a)	90	99	99	99
	2010	92	91	100	100	100

Note: (a) Strumento installato il 14/05/2009 a partire da questa data efficienza del 85%

Legenda:

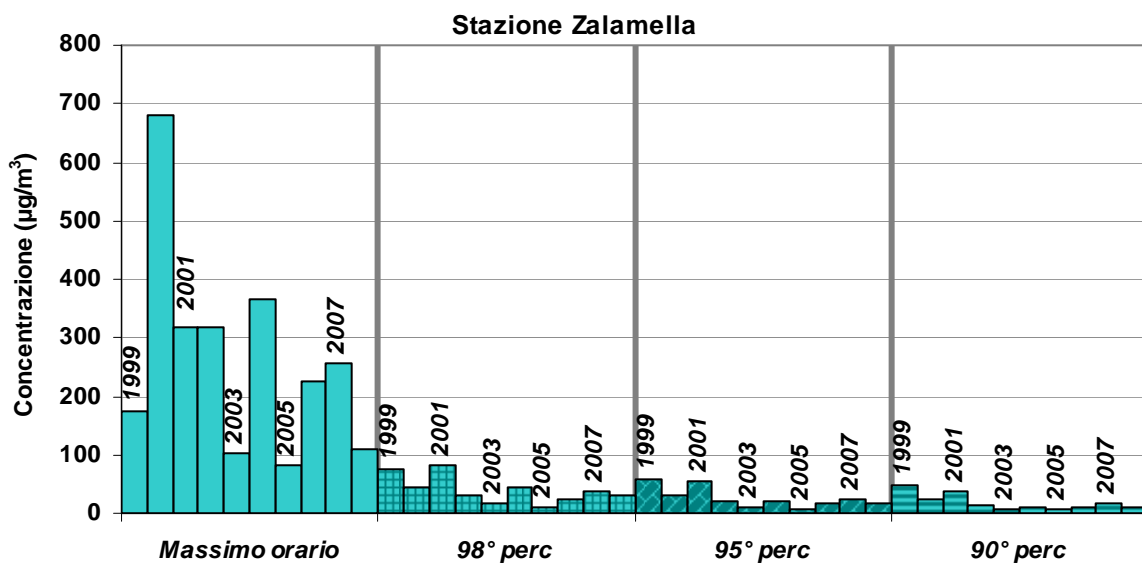
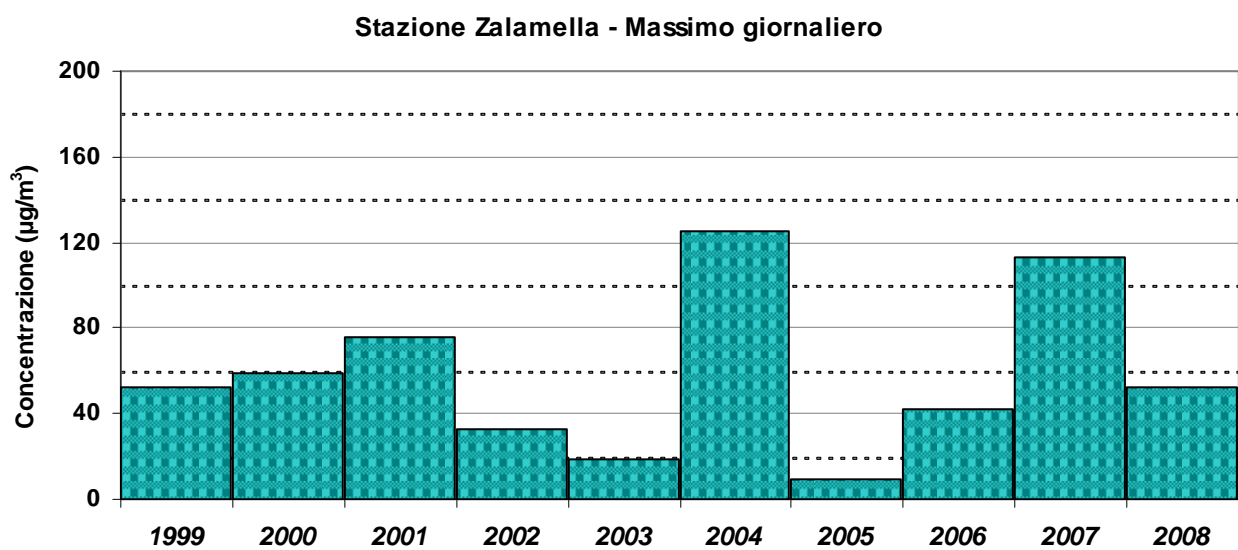
 efficienza percentuale > 75% efficienza percentuale < 75% Monitoraggio non disponibile

Tabella 7.3: Xileni –Periodo di monitoraggio nelle diverse postazioni ed efficienza percentuale annuale di campionamento

GRAFICI E TABELLE

1997 - 2008

		1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Medie orarie	Massimo	174,6	680,0	318,4	319,3	102,8	366,5	83,7	226,0	256,5	110,7
	98° perc	76,1	42,8	82,3	30,0	15,9	45,9	10,6	24,7	37,9	31,0
	95° perc	59,5	31,8	54,7	19,8	10,6	21,2	7,1	16,7	24,3	16,5
	90° perc	47,2	24,3	37,0	13,2	7,1	9,7	6,0	10,6	18,6	10,5
Medie giornaliere	Massimo	52,5	58,6	75,4	32,9	18,8	125,1	9,7	42,4	112,8	52,4

 Tabella 7.4: Xileni - Elaborazioni delle concentrazioni [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] rilevate in continuo nella stazione Zalamella

 Figura 7.1: Xileni – Elaborazioni dati orari [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]

 Figura 7.2: Xileni – Massimi giornalieri [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]

		Zalamella	Caorle	Rocca Brancaleone	Sapir
1997 - 2008	1999	26,0			
	2000	11,1			
	2001	15,2			
	2002	5,6			
	2003	2,8	11,8	11,0	11,5
	2004	5,1	5,9	5,1	5,0
	2005	2,3	5,5	5,1	5,2
	2006	4,0	5,9	6,1	5,2
	2007	8,6	5,6	4,6	5,0
	2008	5,4	3,5	3,4	3,7

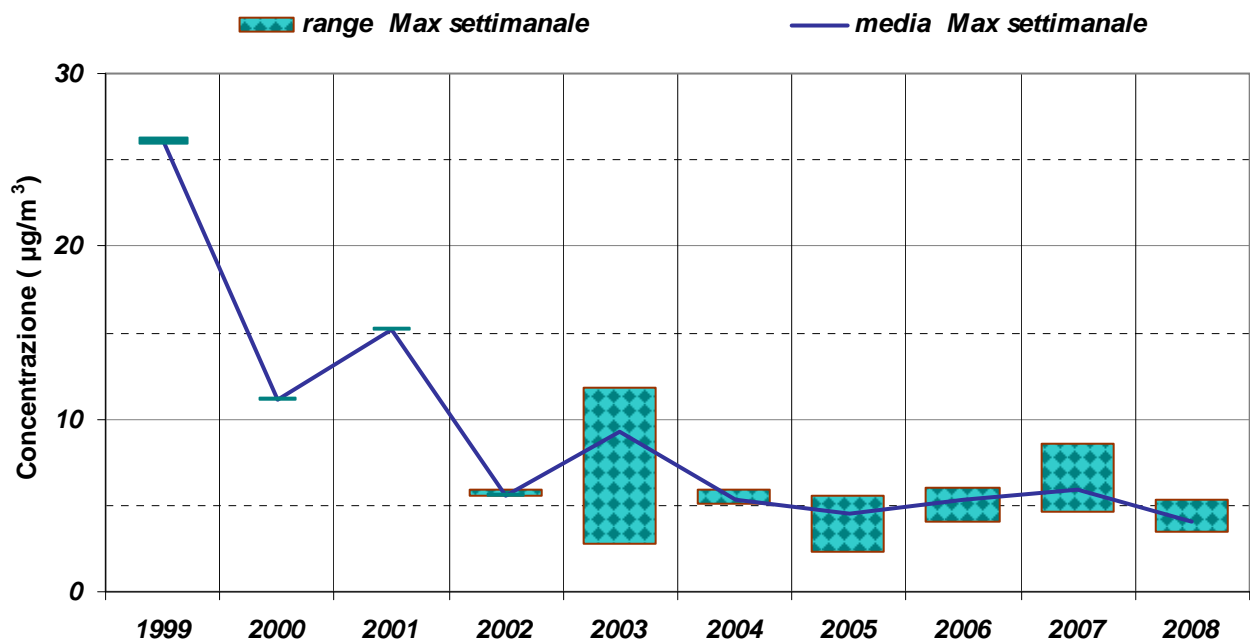
 Tabella 7.5: Xileni - Concentrazione massima delle medie settimanali [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]


Figura 7.3: Xileni – Range (massimo – minimo) della concentrazione massima settimanale rilevate nelle diverse stazioni; confronto con la media dei massimi settimanali

		Zalamella	Caorle	Rocca Brancaleone	Sapir
1997 - 2008	1999	26,0			
	2000	11,1			
	2001	15,2			
	2002	5,6			
	2003	2,8	11,8	11,0	11,5
	2004	5,1	5,9	5,1	5,0
	2005	2,3	5,5	5,1	5,2
	2006	4,0	5,9	6,1	5,2
	2007	8,6	5,6	4,6	5,0
	2008	5,4	3,5	3,4	3,7

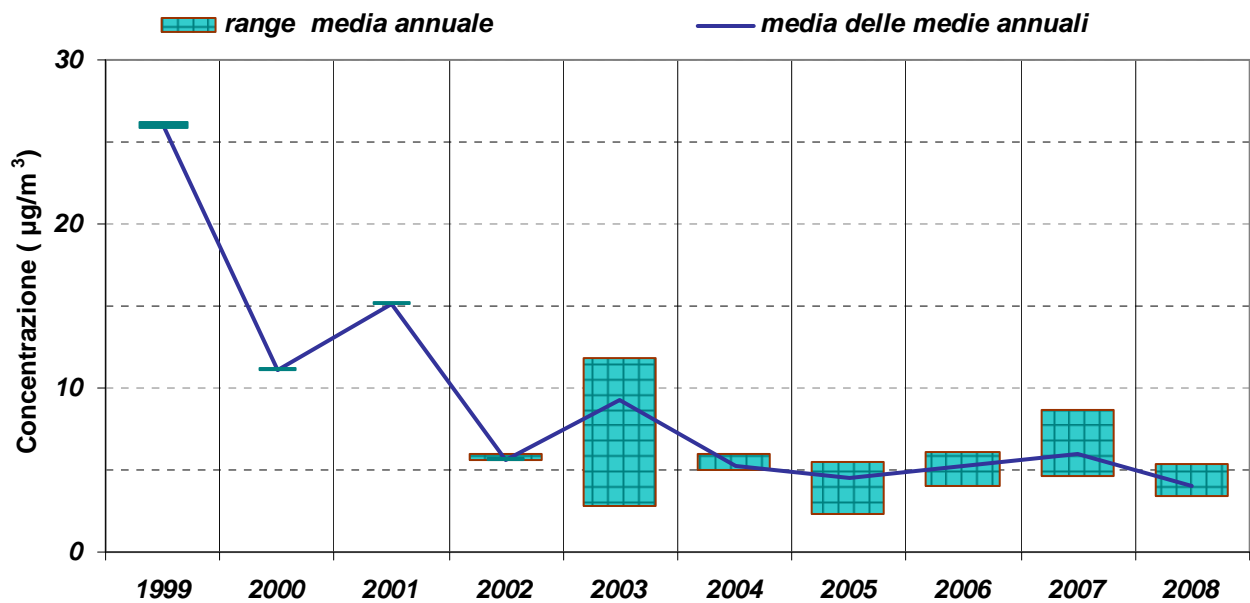
 Tabella 7.6: Xileni - Concentrazioni medie annuali [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]


Figura 7.4: Xileni – Range (massimo – minimo) della concentrazione media annuale; confronto con la media delle medie annuali

2009 - 2010

		Marconi (continuo)	Zalamella (continuo)	Caorle	Rocca Brancaleone	SAPIR
		Max orario [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]				
2009 - 2010	2009	44,0	74,4			
	2010	18,4	86,6			
		98° perc. delle medie orarie [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]				
2009-2010	2009	4,9	15,5			
	2010	5,6	8,9			
		95° perc. delle medie orarie [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]				
2009-2010	2009	3,4	9,9			
	2010	4,1	5,6			
		90° perc. delle medie orarie [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]				
2009-2010	2009	2,5	6,8			
	2010	3,1	4,1			
		Massimo giornaliero [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]				
2009-2010	2009	5,5	16,2			
	2010	6,9	7,7			
		Massimo settimanale [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]				
2009-2010	2009	2,4	8,9	3,9	3,1	4,2
	2010	3,8	4,2	1,4	1,3	1,3
		Media annuale [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]				
2009-2010	2009	1,1	3,2	1,7	1,4	1,4
	2010	1,4	2,2	1,4	1,3	1,4

Tabella 7.7: Xileni - Concentrazioni a livello provinciale – Anni 2009 e 2010

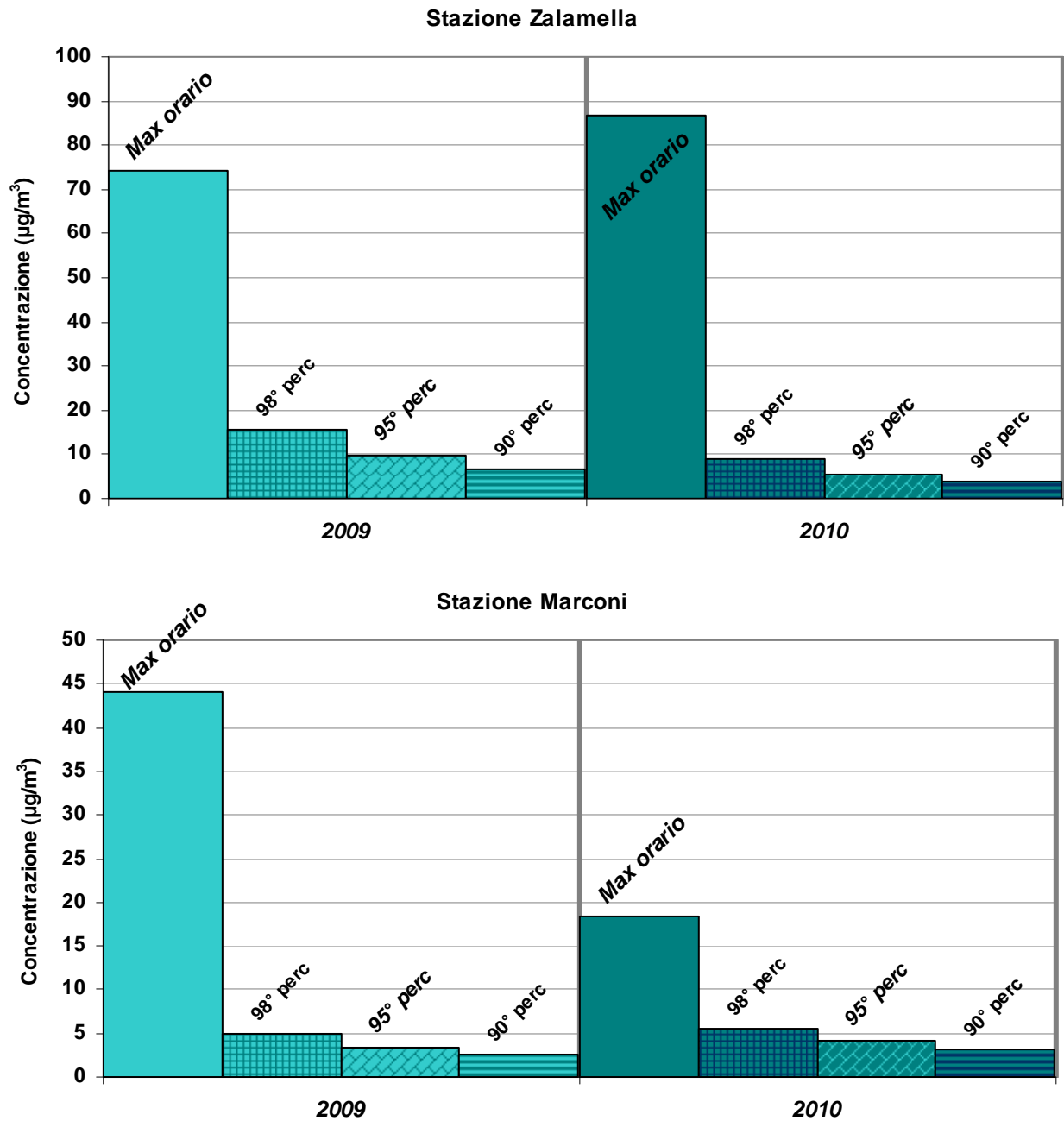


Figura 7.5: Xileni – Elaborazioni dati orari [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]

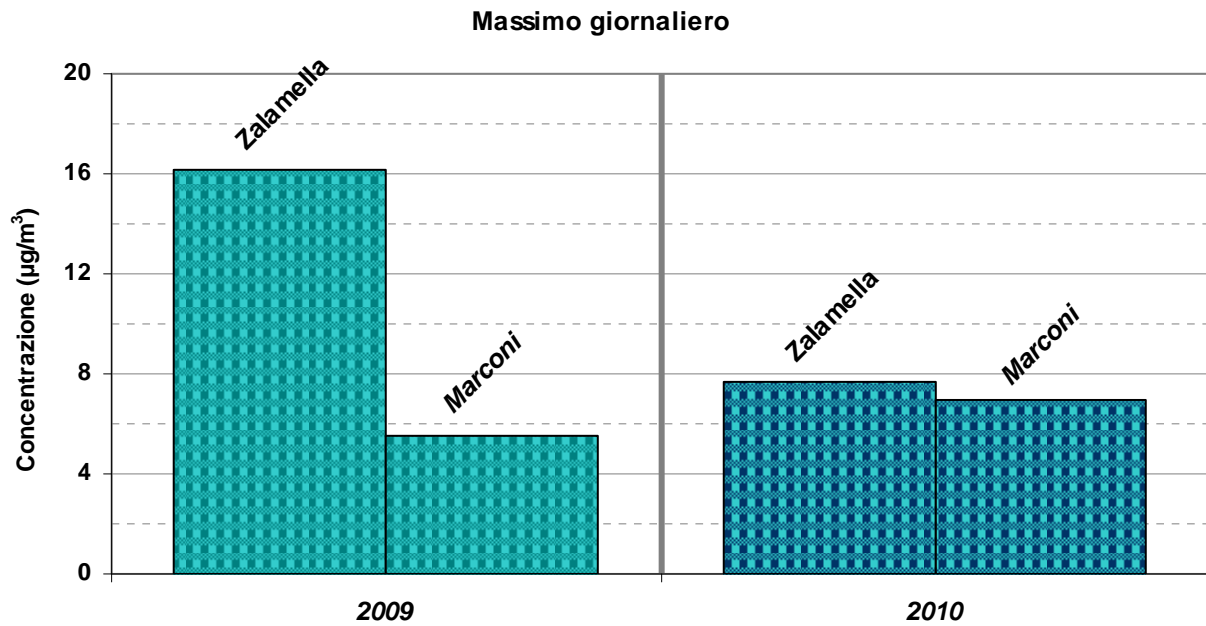


Figura 7.6: Xilene – Massimi giornalieri [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]

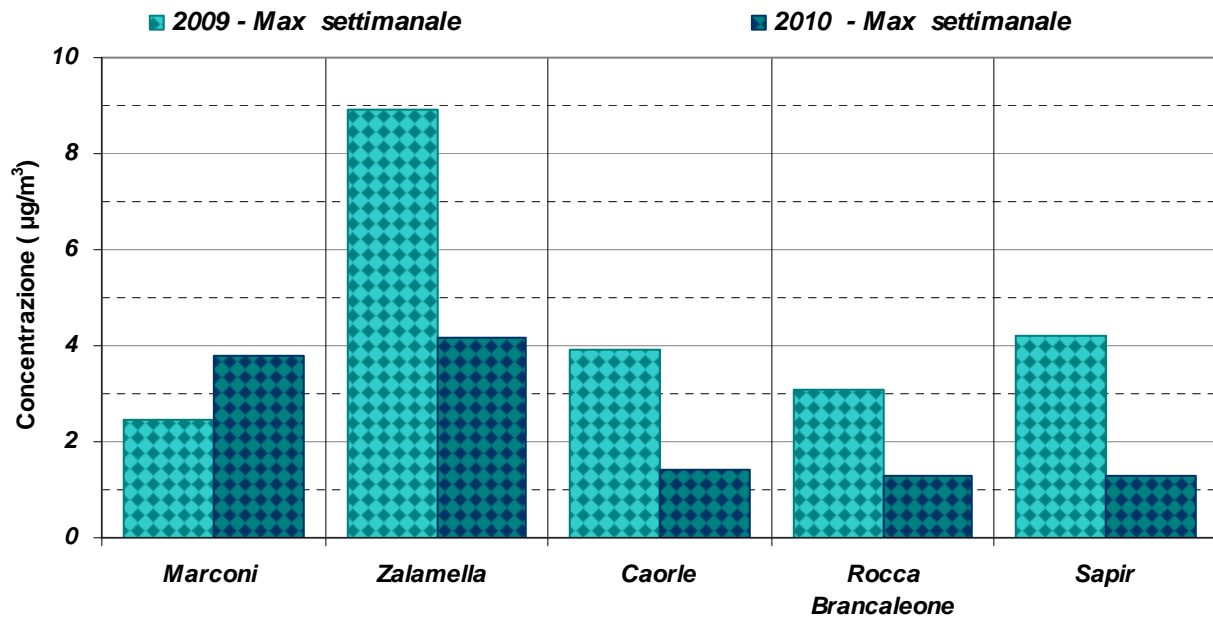


Figura 7.7: Xilene – Concentrazioni massime settimanali rilevate nelle diverse stazioni

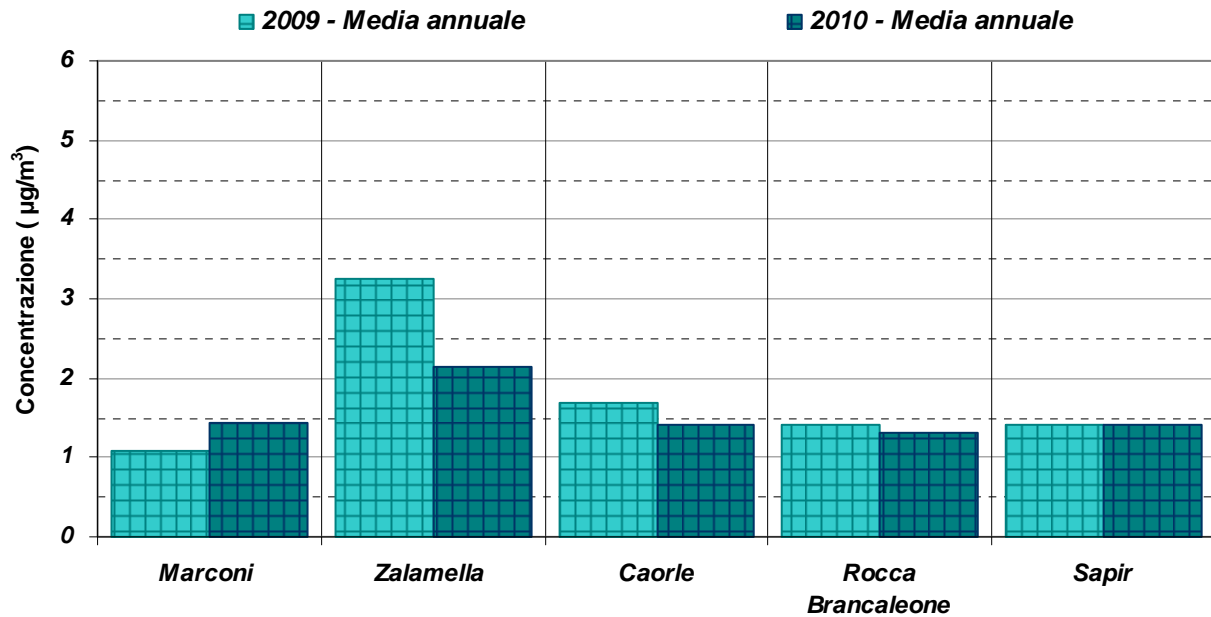


Figura 7.8: Xileni – Concentrazioni medie annuali

COMMENTO AI DATI

Anche per gli xileni si fa riferimento ai valori guida dell'OMS, in particolare la media giornaliera (nelle postazioni dove il monitoraggio è continuo) e quella annuale.

Ad ogni modo, si può osservare (Figura 7.1) come le concentrazioni massime orarie abbiano avuto, nel periodo 1999 – 2008 una notevole variabilità (da 84 µg/m³ (2005) a 680 µg/m³ (2000)): sono però riferibili ad episodi di breve durata in quanto già il 98° percentile risulta mediamente il 20% del valore massimo, percentuale che scende al 12% per il 95° percentile.

Il massimo giornaliero è abbondantemente inferiore al valore guida dell'OMS (in ogni caso < al 3% del valore guida, nel biennio 2009-2010 < al 0.3%).

Analoga valutazione per la media annuale, come si può osservare dai grafici delle figure 7.4 e 7.8: fino al 2001 la media risultava circa il 3% del corrispondente valore guida, percentuale che dal 2004 al 2010 è scesa a meno del 1%.

SCHEDA INDICATORE

8

Particolato PM 10 e Particolato totale (PM10 / PTS)

NOME DELL'INDICATORE	<i>Concentrazione in aria di particolato (PM10)</i>	DPSIR	S
UNITA'DIMISURA	<i>microgrammi/metrocubo ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)</i>	FONTE	<i>Arpa-Sezione di Ravenna</i>
COPERTURA SPAZIALE DATI	<i>Provincia</i>	COPERTURA TEMPORALE DATI	<i>1979-2010</i>
AGGIORNAMENTO DATI	<i>Annuale</i>		
RIFERIMENTI NORMATIVI	<i>DLg.155/2010</i>		
METODI DI ELABORAZIONE DATI	<i>Medie giornaliere, annuali, percentili, conteggio dei superamenti della media giornaliera di $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$</i>		

DESCRIZIONE DELL'INDICATORE

L'indicatore evidenzia la concentrazione in aria di particolato (PTS / PM₁₀).

Per particolato PM10 si intendono tutte le particelle solide o liquide sospese nell'aria con dimensioni microscopiche (di diametro aerodinamico < 10 μm) che penetrano nell'apparato respiratorio. Il particolato di dimensioni maggiori, con diametro aerodinamico fino a 50 μm , viene comunemente indicato come particolato totale sospeso (PTS). Le particelle con diametro aerodinamico maggiore non hanno rilevanza in quanto, essendo più pesanti, tendono a depositarsi rapidamente al suolo in vicinanza delle sorgenti.

Il PM₁₀ è definito come la frazione di materiale particolato sospeso in aria ambiente che passa attraverso un sistema di separazione in grado di selezionare il materiale particolato di diametro aerodinamico di 10 μm , con una efficienza di campionamento pari al 50% (1 μm = 1 micron = 1 millesimo di millimetro). E' originato, sia per emissione diretta (particelle primarie), che per reazione nell'atmosfera di composti chimici, quali ossidi di azoto e zolfo, ammoniaca e composti organici (particelle secondarie).

Le sorgenti del particolato possono essere antropiche e naturali.

Le fonti antropiche sono riconducibili principalmente ai processi di combustione quali: emissioni da traffico veicolare, utilizzo di combustibili (carbone, oli, legno, rifiuti, rifiuti agricoli), emissioni industriali (cementifici, fonderie, miniere).

Le fonti naturali invece sono sostanzialmente: aerosol marino, suolo risolleato e trasportato dal vento, aerosol biogenico, incendi boschivi, emissioni vulcaniche, ecc..

Le cause principali delle elevate concentrazioni di polveri nelle aree urbane sono, in gran parte, legate alla crescente intensità del traffico veicolare, ed in particolare alle emissioni dei motori diesel e dei ciclomotori.

Una percentuale minore è dovuta all'usura degli pneumatici e dei corpi frenanti delle auto.

Un ulteriore elemento, che influenza le concentrazioni di polveri in atmosfera, è connesso al risolleamento delle frazioni depositate, risospensione che avviene per cause naturali o legate al traffico stesso.

SCOPO DELL'INDICATORE

Visualizzare le variazioni nelle concentrazioni di particolato fine (PM10) in aria, considerando la situazione normativa, l'andamento medio annuale ed eventuali situazioni limite derivanti da massimi rilevati.

PM - GENERALITÀ ED EFFETTI SULL'AMBIENTE E SULL'UOMO

Generalità

Il particolato aerodisperso (PM, Particulate Matter) è costituito da un insieme di particelle molto piccole (liquide, solide e aerosol (solido o liquido sospeso in un gas)) presenti nell'atmosfera. Le particelle vengono classificate secondo il diametro aerodinamico: il PM10 include tutte le particelle di dimensioni fino a 10 μm (micrometri = un milionesimo di metro) di diametro e il PM2.5 comprende tutte le particelle "fini", con diametro fino a 2.5 micrometri. Si parla di particolato "primario" quando le particelle sono emesse direttamente nell'atmosfera, provenendo da fonti come i veicoli, gli impianti industriali, i cantieri, le combustioni del legno. Le particelle "secondarie", invece, hanno origine da processi di trasformazione chimica e di condensazione delle sostanze gassose primarie e sono costituite principalmente da solfati e nitrati, derivati dalle reazioni di SO_2 e NO_x con l'ammoniaca.

La composizione chimica delle particelle è estremamente variabile e dipende dal luogo, dal periodo dell'anno e dal clima. In generale, il PM grossolano si compone in gran parte di particelle primarie ed il PM fine contiene soprattutto particelle secondarie.

Reazioni caratteristiche a livello atmosferico

Il particolato aerodisperso è di origine naturale ed antropica: quello di origine naturale proviene dalle sabbie, dalle polveri delle eruzioni vulcaniche, dall'erosione, dai pollini, dalle spore, ecc.; quello antropico dalla combustione e dai processi industriali. Il particolato prodotto dalla combustione (qualsiasi tipo di combustione: i motori delle auto, le sigarette, le candele, il riscaldamento, i caminetti, ecc.) è prevalentemente al di sotto del micrometro e quindi il più pericoloso in quanto può raggiungere gli alveoli polmonari (mentre quello di diametro più elevato si ferma nelle prime vie respiratorie).

Qualora il particolato sia costituito da sostanze chimicamente attive, queste danno luogo a tutte quelle reazioni superficiali caratteristiche per i composti che lo costituiscono.

Di notevole importanza, quindi, la capacità, anche di particolati inerti, di adsorbire sostanze che si rendono così disponibili a reazioni con elevata reattività. Ad esempio sulle particelle del particolato creato dagli autoveicoli, generalmente carboniose, possono essere adsorbiti tutta una serie di inquinanti, soprattutto organici, che viene così dispersa su un supporto particolarmente efficace sia come catalizzatore intrinseco sia come veicolo di trasporto ai polmoni.

I processi industriali danno origine, generalmente, a granulometrie più grosse e quindi a particelle che permangono per un minor tempo in atmosfera e, quindi, con minore probabilità di essere inalate.

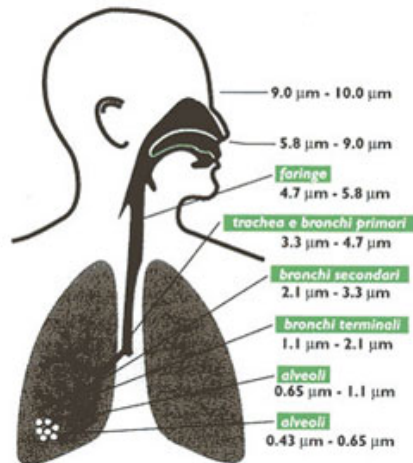
Effetti sull'ambiente e sull'uomo

Gli effetti ambientali del particolato sono direttamente connessi con la pericolosità intrinseca delle sostanze che lo formano o che sono adsorbite su di esso. Particolari effetti vengono riscontrati sulla vegetazione che risente, in maniera sensibile, sia delle particelle di polvere in quanto tali sia delle molte sostanze che su di esse si trovano adsorbite: metalli, sostanze organiche e altre.

Gli effetti sull'uomo sono evidenti tanto più le particelle sono piccole ed attive, sia chimicamente sia per la loro struttura (es. quarzo) o forma (es. amianto) in quanto, superate le barriere naturalmente create dal nostro organismo, si annidano a livello delle mucose polmonari per parecchio tempo dando così la possibilità ad eventuali reazioni nocive di instaurarsi nelle condizioni più favorevoli.

Le dimensioni aerodinamiche delle particelle in sospensione rappresentano, quindi, un parametro di estrema importanza. L'apparato respiratorio può essere schematizzato come un canale che si ramifica dal punto di inalazione (naso o bocca) sino agli alveoli, con rami che hanno diametro via via decrescente. Man mano che si procede dal naso o dalla bocca attraverso il tratto tracheo-bronchiale sino agli alveoli, diminuisce il diametro delle particelle che penetrano e si depositano.

Approssimativamente le particelle PM 10 (con diametro intorno e inferiore ai 10 μm) interessano il tratto tracheo-bronchiale e le particelle con diametro intorno e inferiore ai 2,5 μm (PM_{2,5}) raggiungono e si depositano negli alveoli.



Gli studi epidemiologici hanno evidenziato una relazione lineare fra l'esposizione a particelle ed effetti sulla salute: quanto più è alta la concentrazione di particelle nell'aria tanto maggiore è l'effetto sulla salute. Allo stato attuale delle conoscenze, secondo l'Organizzazione Mondiale della Sanità non è possibile fissare una soglia di esposizione al di sotto della quale certamente non si verificano nella popolazione degli effetti avversi sulla salute. Per questo motivo, l'OMS non fornisce un valore guida di riferimento per le particelle, ma indica delle "funzioni di rischio" per i diversi effetti sulla salute. Tali funzioni quantificano l'eccesso di effetto avverso per la salute che ci si deve aspettare per ogni incremento unitario delle concentrazioni di PM₁₀ o di PM_{2,5}. Recenti studi indicano inoltre che l'esposizione acuta a particelle in sospensione contenenti metalli (come le particelle derivanti

dai combustibili fossili usati come carburanti) possono causare un vasto spettro di risposte infiammatorie nelle vie respiratorie e nel sistema cardiovascolare (danneggiamento cellulare e aumento della permeabilità cellulare), verosimilmente in relazione alle loro componenti metalliche. Nelle persone sensibili (come gli asmatici e le persone con malattie polmonari e cardiache preesistenti), c'è ragione di temere un peggioramento della meccanica respiratoria (diminuzione della funzione polmonare) ed uno scatenamento di sintomi (es. tosse o un attacco di asma), nonché un'alterazione dei meccanismi di regolazione del cuore e della coagulazione del sangue.

Nell'ultimo decennio, numerosi studi epidemiologici hanno evidenziato un'associazione tra i livelli di inquinanti atmosferici (in particolare particelle in sospensione, NO_x, SO₂ e di CO) a cui la popolazione è normalmente esposta nelle città ed una serie di effetti negativi sulla salute. Tuttavia, nell'insieme degli studi, le particelle in sospensione (e soprattutto le frazioni di più piccole dimensioni come il PM₁₀ e il PM_{2,5}) sono risultate l'indicatore di qualità dell'aria più consistentemente associato con una serie di effetti avversi sulla salute.

Tali effetti sono sia di tipo acuto, ossia si manifestano nella popolazione nei giorni in cui la concentrazione degli inquinanti è più elevata (aggravamento di sintomi respiratori e cardiaci in soggetti predisposti, infezioni respiratorie acute, crisi di asma bronchiale, disturbi circolatori e ischemici), sia di tipo cronico, ossia si presentano per effetto di un'esposizione di lungo periodo (sintomi respiratori cronici quale tosse e catarro, diminuzione della capacità polmonare, bronchite cronica, ecc.).

È stata evidenziata, inoltre, un'associazione fra i livelli di inquinanti atmosferici e il numero giornaliero di morti o di ricoveri in ospedale per cause respiratorie e cardiovascolari.

Sulla base degli studi epidemiologici, risultano particolarmente suscettibili agli effetti del particolato i soggetti anziani e quelli con malattie cardiocircolatorie e polmonari. Anche i neonati e i bambini risultano essere popolazioni potenzialmente suscettibili. In particolare i bambini sembrano a maggior rischio per alcuni effetti respiratori quali lo scatenamento di crisi di asma bronchiale e l'insorgenza di sintomi respiratori (come tosse e catarro).

Dimensione PM: distribuzione nell'apparato respiratorio e sua origine:

Diametro (μm)	Distribuzione nell'apparato respiratorio	Origine particolato
$\varnothing > 10 \mu\text{m}$	fermate dal naso e dalla bocca	processi meccanici, es. Erosione vento
$5 \mu\text{m} < \varnothing < 10 \mu\text{m}$		Alcuni tipi di terreno, certe combustioni, alcuni sali marini
$1 \mu\text{m} < \varnothing < 5 \mu\text{m}$	depositi a livello dei bronchioli	Combustione e aerosol fotochimici
$0.5 \mu\text{m} < \varnothing < 1 \mu\text{m}$		
$0.1 \mu\text{m} < \varnothing < 0.5 \mu\text{m}$	possibili depositi alveolari	praticamente derivanti dai soli processi di combustione
$\varnothing < 0.1 \mu\text{m}$		

LIVELLI FISSATI DAL DL_{vo} 155/2010 E VALORI GUIDA OMS

Per il particolato PM10 il DLvo 155/2010 prevede i seguenti valori limite:

PM 10	Periodo di mediazione	Valore limite
Valori limite	1 giorno	$50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ da non superare più di 35 volte per anno civile
	Anno civile	$40 \mu\text{g}/\text{m}^3$

I valori guida previsti dall'OMS sono:

PM 10	Periodo di mediazione	Valore guida
Valori guida OMS (2006)	Media 24 ore	$50 \mu\text{g}/\text{m}^3$
	Media annuale	$20 \mu\text{g}/\text{m}^3$

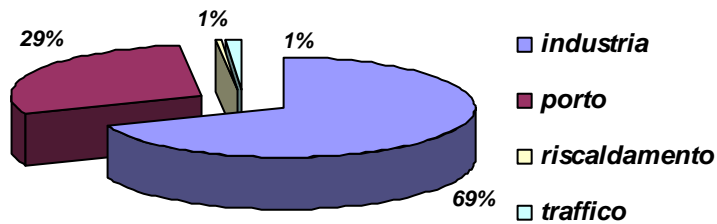
PM – EVOLUZIONE DEI FATTORI DI PRESSIONE SUL TERRITORIO

Lo studio sulla qualità dell'aria a Ravenna degli anni '80 aveva stimato le emissioni di polveri totali (PTS). Se per i macrosettori traffico veicolare e riscaldamento domestico le emissioni stimate erano dello stesso ordine di grandezza di quelle attuali (100 – 200 t/a), per quanto riguarda l'industria ed il settore portuale si stimavano emissioni di qualche migliaio di t/a, cioè di un ordine di grandezza superiore rispetto all'inventario 2007. Il 98% delle polveri proveniva da attività portuali e industriali, queste ultime prevalentemente emesse da cementifici, produzione di fertilizzanti e dalle centrali termoelettriche, allora alimentate ad olio combustibile.

L'emissione di PM 10 stimata nell'inventario regionale del 2007 è, a livello provinciale, così distribuita: 49% processi di combustione, energetici e dell'industria di trasformazione, 15% circa al porto (per un totale, porto e industria, del 64%), 20% ai trasporti, ed il 16% al riscaldamento domestico. La percentuale significativa del riscaldamento domestico è riconducibile alla combustione di legna in stufe e caminetti, contributo che si ritiene marginale nel Comune di Ravenna: questa forma di riscaldamento viene infatti prevalentemente utilizzata nella zona collinare ed nella campagne non raggiunte dalla distribuzione del gas metano.

Considerando la sola area urbana di Ravenna, il contributo dell'area industriale e delle attività legate alla presenza del porto commerciale sale al 79%, mentre risulta poco significativo l'apporto

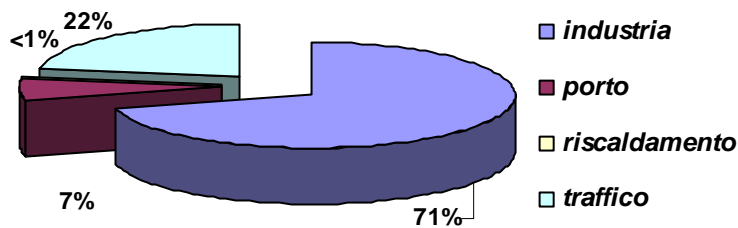
al PM10 del riscaldamento domestico, giustificato dall'elevata percentuale di metanizzazione che ha raggiunto nel territorio comunale.



Comune di Ravenna

**Emissioni di particolato (PTS):
ripartizione percentuale dei
contributi dei tre macrosettori**

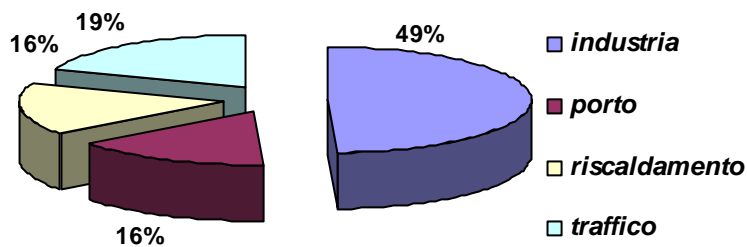
Anno di riferimento 1980



Comune di Ravenna

**Emissioni di particolato PM10:
ripartizione percentuale dei
contributi dei tre macrosettori
(Studio Comune RA)**

Anno di riferimento 2007



Provincia di Ravenna

**Emissioni di particolato PM10:
ripartizione percentuale dei
contributi dei tre macrosettori
(inventario regionale)**

Anno di riferimento 2007

MONITORAGGIO DELL'INQUINANTE IN PROVINCIA DI RAVENNA

Il particolato viene monitorato nella rete di Ravenna dal 1979 come particolato totale (PTS), nel 1998 vengono installati i primi strumenti che effettuano il campionamento del particolato PM10.

	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988
PTS	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
PM10	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996
PTS	X	X	X	X	X	X	X	X
PM10	--	--	--	--	--	--	--	--

	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
PTS	X	X	X	X	X	X	--	--	--	--	--	--
PM10	--	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

	2009	2010
PTS	--	--
PM10	X	X

Legenda: X Analizzatore PM installato -- Analizzatore PM non installato

Tabella 8.1: Particolato - Monitoraggio di PM (PTS e/o PM 10) negli anni

STAZIONE	PM MISURATO		TIPOLOGIA	
Agip29	PTS	PM10	Industriale/Rurale <i>Ind_Ru</i>	
Caorle	PTS	PM10	Fondo Urbano Residenziale <i>FU_Res</i>	
Ceramiche	PTS	PM10	Traffico Urbano <i>TU</i>	
Cotignola		PM10	Industriale / Sub Urbano <i>Ind_SubU</i>	
Delta Cervia		PM10	Fondo subUrbano <i>F_SubU</i>	
Germani	PTS	PM10	Industriale / Fondo sub urbano <i>Ind_FSubU</i>	
Giardini		PM10	Fondo Urbano <i>FU</i>	
Marani	PTS	PM10	Industriale / Sub Urbano <i>Ind_SubU</i>	
Marconi	PTS	PM10	Traffico Urbano <i>TU</i>	
Pantanello	PTS		Industriale / Rurale <i>Ind_Ru</i>	
Parco Bucci		PM10	Fondo Urbano <i>FU</i>	
Piazza Resistenza	PTS		Traffico Urbano <i>TU</i>	
Punta Marina	PTS		Fondo Sub-Urbano <i>FSubU</i>	
Rocca Brancaleone	PTS	PM10	Traffico / Fondo Urbano Residenziale <i>T_FU_Res</i>	
SAPIR	PTS	PM10	Industriale <i>Ind</i>	
Zalamella	PTS	PM10	Traffico Urbano <i>TU</i>	

Tabella 8.2: Stazioni in cui è stato monitorato il particolato (PTS e/o PM10) e tipologia

PERIODO DI MONITORAGGIO NELLE DIVERSE POSTAZIONI ED EFFICIENZA PERCENTUALE(%)

			Pantanello	Punta Marina	Germani	SAPIR	P.zza Resistenza	Rocca Brancaleone	Zalamella	Caorle	Marconi	Bucci	Ceramiche	Cotignola
1972 - 1988	1979	PTS	47	55										
	1980	PTS	91	86				89						
	1981	PTS	88	99				98						
	1982	PTS	79					95						
	1983	PTS	78	88				82						
	1984	PTS		76				92						
	1985	PTS	71	73				48						
	1986	PTS	85	50				52						
	1987	PTS	93	94				87						
	1988	PTS	24	44				42						
			Agip 29	Marani	Germani	SAPIR	P.zza Resistenza	Rocca Brancaleone	Zalamella	Caorle	Marconi	Bucci	Ceramiche	Cotignola
1989 - 1996	1989	PTS		99	93			96						
	1990	PTS		79	98			92						
	1991	PTS		84	88	51	39	80						
	1992	PTS	65	96	98	36	55	100						
	1993	PTS	98	98	98	38	19	99						
	1994	PTS	95	99	100		92	84						
	1995	PTS	99	100	100	98	96	98						
	1996	PTS	100	100	100	64	91	96						

			Agip29	Marani	Germani	SAPIR	P.zza Resistenza	Rocca Brancaleone	Zalamella	Caorle	Marconi	Bucci	Ceramiche	Cotignola
1997 - 2008	1997	PTS	99	100	100	35	63	88	72		60		90	
	1998	PTS	100	100	100	19	46	46	39		41		97	
		PM10						26						
	1999	PTS	100	99	100	25	8		87	23	57		86	
		PM10						72	25					
	2000	PTS	100	99	99	52			91	53	87		92	
		PM10						93	88	14			14	
	2001	PTS	100	100	100	39			87		47			
		PM10				50		93	78	95			99	48
	2002	PTS	27	27	98				93		49			
		PM10	73	73		97		88	90	100			98	86
	2003	PM10	98	98	99	93		98	90	98			99	99
	2004	PM10	100	100	100	98		95	90	99			99	94
	2005	PM10	100	100	100	91		97	93	99			94	82
2006	PM10	100	98	99	97		99	97	100	13		76	99	
2007	PM10	100	100	100	97		92	95	99	98			99	
2008	PM10	100	99	98	99		97	95	97	95			63	
			Agip 29	Marani	Germani	SAPIR	P.zza Resistenza	Rocca Brancaleone	Zalamella	Caorle	Marconi	Bucci	Cervia	Giardini
2009 - 2010	2009	PM10	96	99	99	100		99	94	93	98	65	77	42
	2010	PM10	100	97	96	97		99	98	98	99	90	94	99

Legenda:

efficienza percentuale > 75%
 efficienza percentuale < 75%
 Analizzatore non installato

Tabella 8.3: Particolato –Periodo di monitoraggio del particolato nelle diverse postazioni ed efficienza percentuale annuale di campionamento

GRAFICI E TABELLE

1972 - 1988

Nel periodo 1972 – 1988 il particolato totale (PTS) è stato monitorato, dal 1979, in tre postazioni, spesso con una efficienza discreta.

		Pantanella	Punta Marina	Rocca Brancaleone
		Valore massimo giornaliero rilevato nell'anno (Max) [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]		
1979 - 1988	1979	206	167	
	1980	385	254	171
	1981	261	257	118
	1982	431		66
	1983	343	179	140
	1984		91	112
	1985	506	228	740
	1986	506	198	173
	1987	340	227	362
	1988	1000	207	456

Tabella 8.4: Concentrazioni massime giornaliere di particolato totale PTS [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]

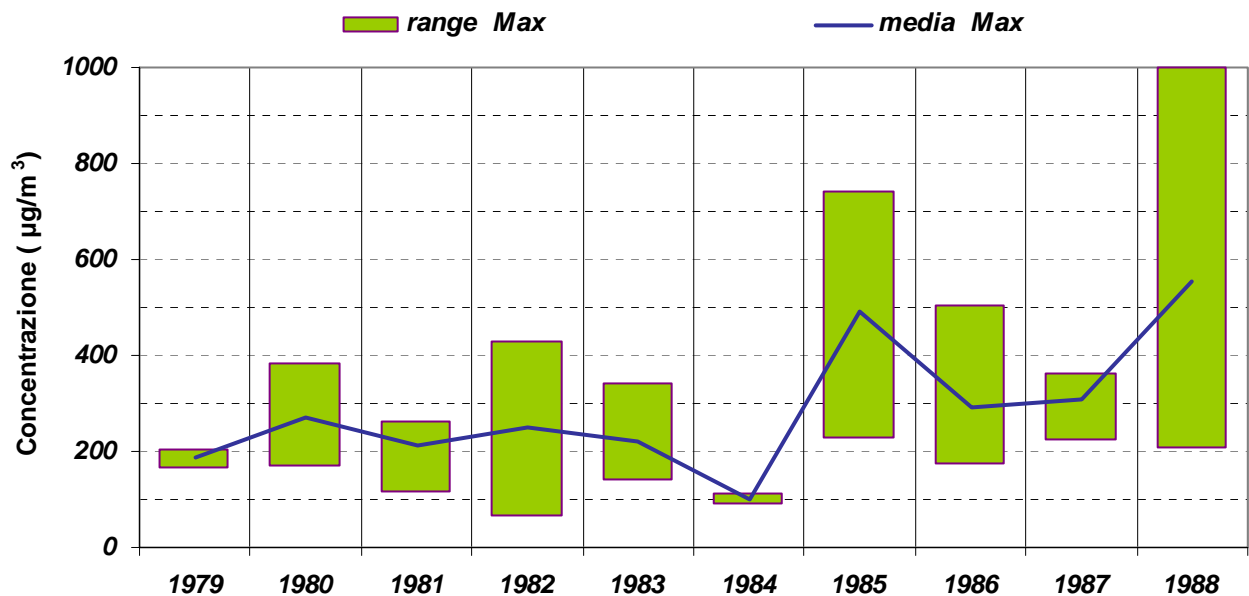
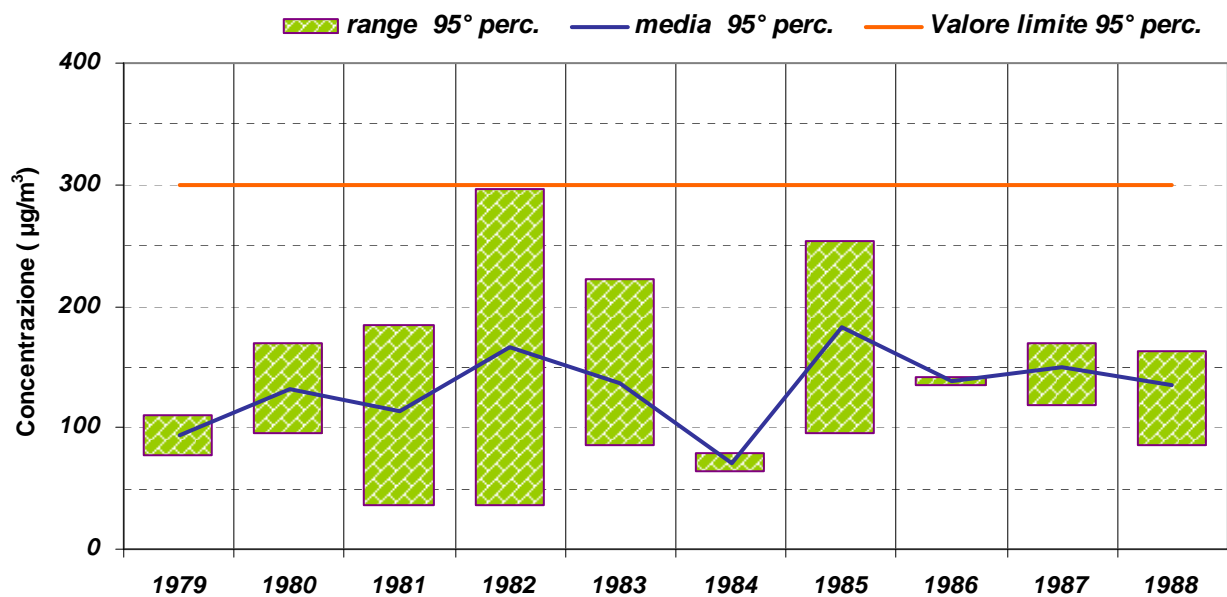
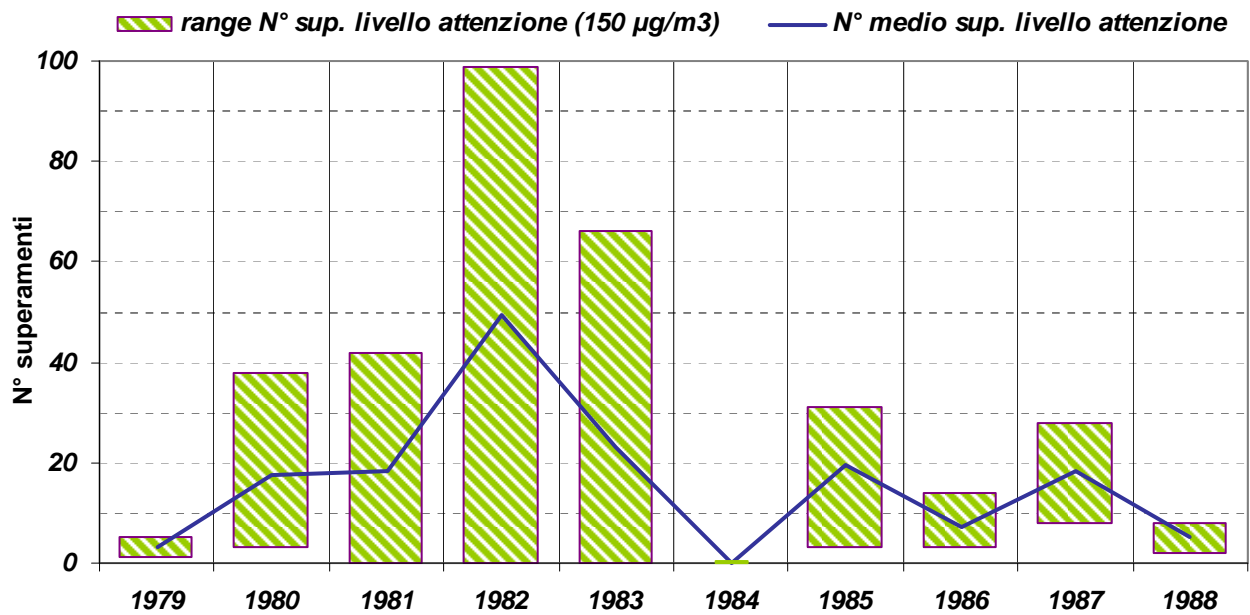


Figura 8.1: PTS – Range valori massimi giornalieri

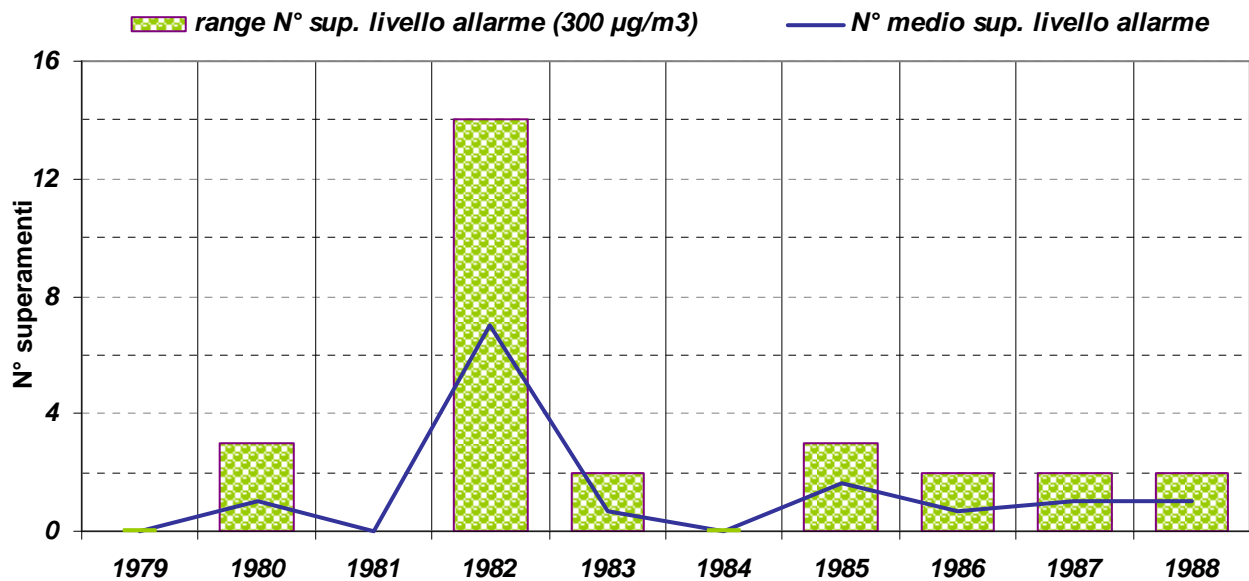
		Pantanella	Punta Marina	Rocca Brancaleone
		95° percentile delle medie giornaliere [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]		
1979 - 1988	1979	110	78	
	1980	170	131	95
	1981	184	119	36
	1982	296		37
	1983	222	86	100
	1984		64	79
	1985	196	96	254
	1986	142	136	135
	1987	160	118	170
	1988	163	86	156

 Tabella 8.5: 95° percentile delle concentrazioni medie giornaliere di PTS [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]

 Figura 8.2: PTS – Range (massimo – minimo) del 95° percentile delle concentrazioni medie giornaliere di PTS, confrontato con il valore limite (DPCM 28.03.83: $300 \mu\text{g}/\text{m}^3$) e con il valore medio nell'anno del 95° percentile

		Pantanella	Punta Marina	Rocca Brancaleone
		N° superamenti del livello di attenzione		
1979 - 1988	1979	5	1	
	1980	38	11	3
	1981	42	13	0
	1982	99		0
	1983	66	3	0
	1984		0	0
	1985	31	3	25
	1986	14	4	3
	1987	19	8	28
	1988	5	2	8

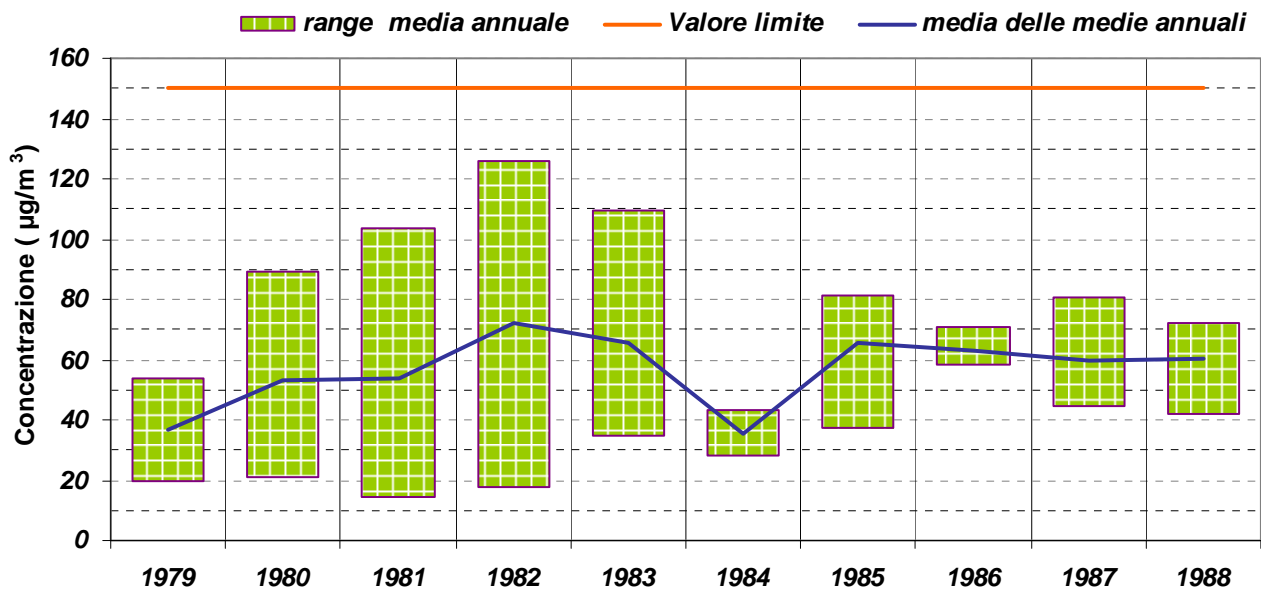
 Tabella 8.6: Numero di superamenti del livello di attenzione (DM 25/11/94: 150 µg/m³)

 Figura 8.3: PTS – Range (massimo – minimo) del numero di superamenti del livello di attenzione (DM 25/11/94: 150 µg/m³) e valore medio nell'anno del numero di superamenti

		Pantanella	Punta Marina	Rocca Brancaleone
		N° superamenti del livello di allarme		
1979 - 1988	1979	0	0	0
	1980	3	0	0
	1981	0	0	0
	1982	14	0	0
	1983	2	0	0
	1984	0	0	0
	1985	2	0	3
	1986	2	0	0
	1987	1	0	2
	1988	2	0	1

 Tabella 8.7: Numero di superamenti del livello di allarme (DM 25/11/94: 300 µg/m³)

 Figura 8.4: PTS – Range (massimo – minimo) del numero di superamenti del livello di allarme (DM 25/11/94: 300 µg/m³) e valore medio nell'anno del numero di superamenti

		Pantanella	Punta Marina	Rocca Brancaleone
		Media annuale [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]		
1979 - 1988	1979	54	20	
	1980	89	50	21
	1981	103	44	15
	1982	126		18
	1983	109	35	53
	1984		28	43
	1985	78	37	82
	1986	60	58	71
	1987	54	45	81
	1988	67	42	72

Tabella 8.8: Concentrazione media annuale


 Figura 8.5: PTS – Range (massimo – minimo) della concentrazione media annuale, confrontato con il valore limite (DPCM 28.03.83: $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$) e con la media delle medie annuali

Per valutare il livello di particelle sospese in riferimento ai valori limite previsti dal DLvo 155/2010 (riferiti al PM10), i dati relativi al particolato totale (PTS) sono stati moltiplicati per un fattore pari a 0,8, coefficiente mutuato dal DM 60/2002, recepimento delle Direttive europee 1999/30/CE e 2000/69/CE. Il PM10 ottenuto come calcolo dal PTS, viene indicato con un apice "PTS" (PM10^{PTS}).

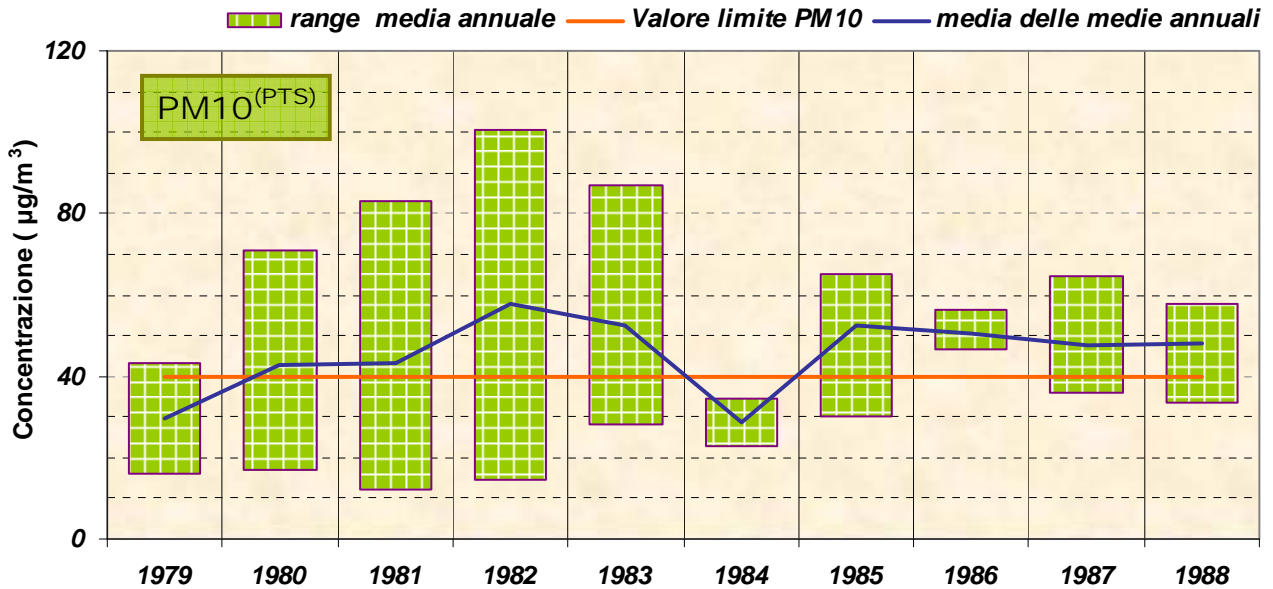


Figura 8.6: PM10^{PTS} – Range (massimo – minimo) della concentrazione media annuale, confrontato con il valore limite (40 µg/m³) e con la media delle medie annuali

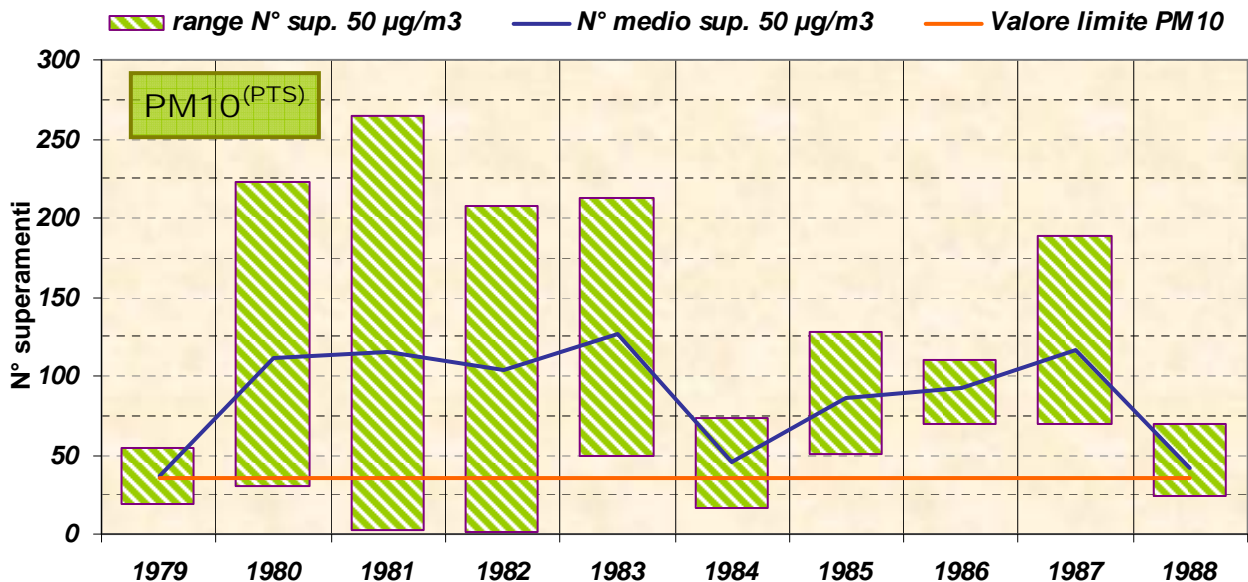


Figura 8.7: PM10^{PTS} – Range (massimo – minimo) del numero di superamenti della concentrazione media giornaliera di 50 µg/m³ confrontato con il valore limite (35 superamenti nell'anno) e con il valore medio del numero di superamenti nell'anno

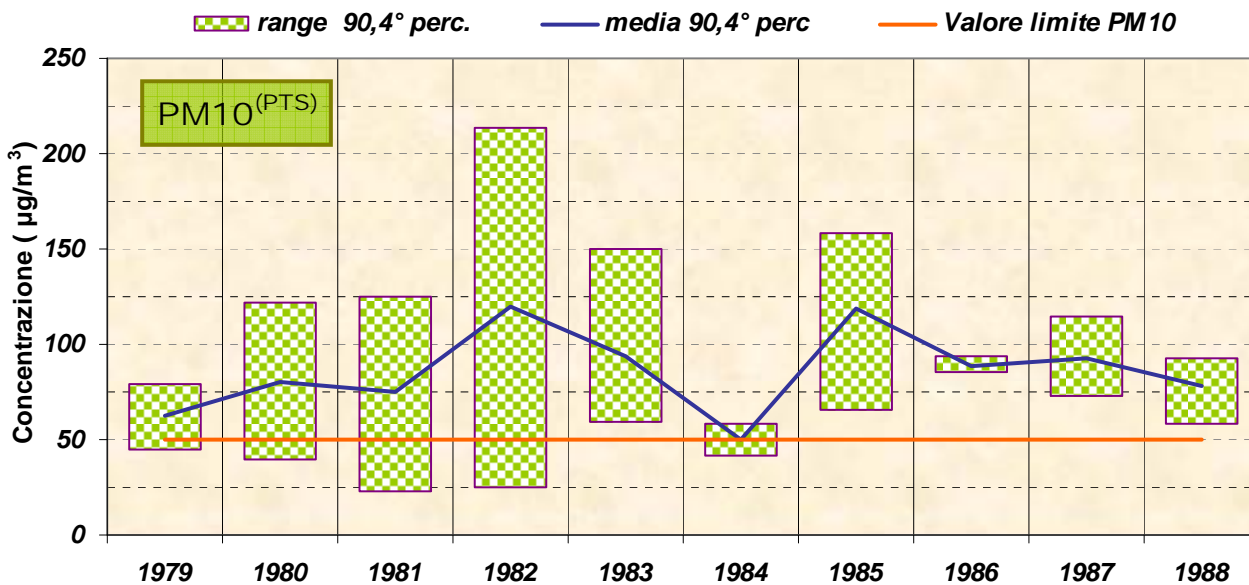


Figura 8.8: PM10^{PTS} – Range (massimo – minimo) del 90.4° percentile della concentrazione media giornaliera, confronto con il limite per il PM 10 (50 µg/m³) e con il valore medio nell'anno del 90.4° perc.

1989 - 1996

		Agip 29	Marani	Germani	Rocca Brancaleone	SAPIR	P.zza Resistenza
		Valore massimo giornaliero rilevato nell'anno (Max) [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]					
1989 - 1996	1989		163	158	203		
	1990		153	158	192		
	1991		163	135	177	251	247
	1992	186	169	127	258	338	236
	1993	117	120	127	211	257	239
	1994	120	127	146	120		273
	1995	123	99	150	151	302	250
	1996	113	91	135	149	287	184

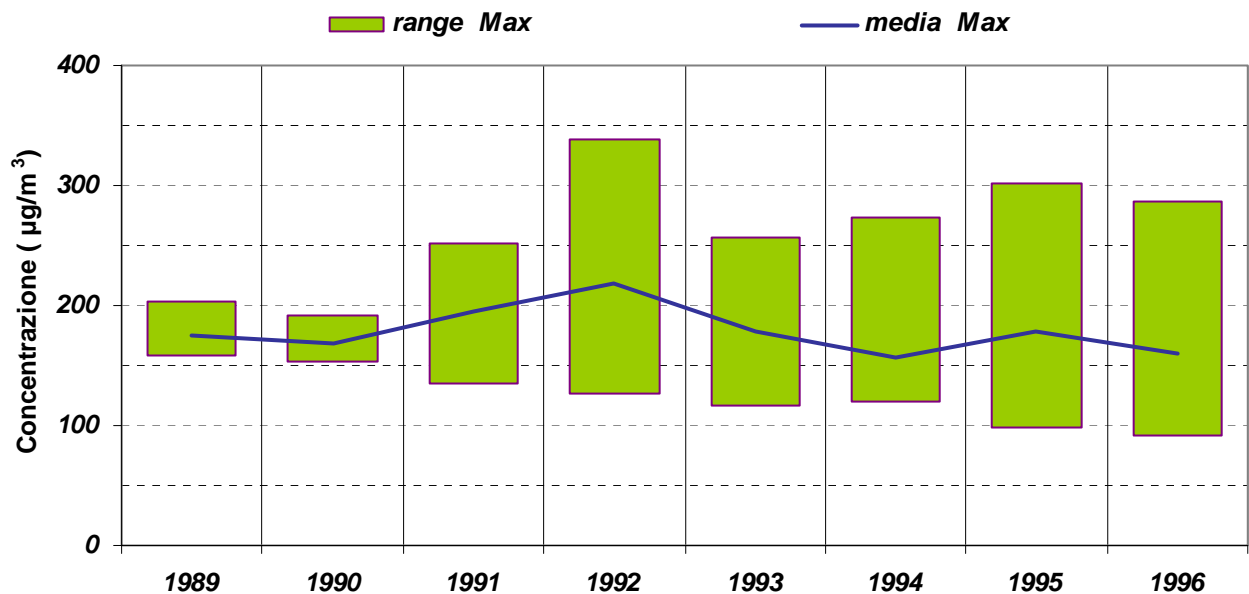
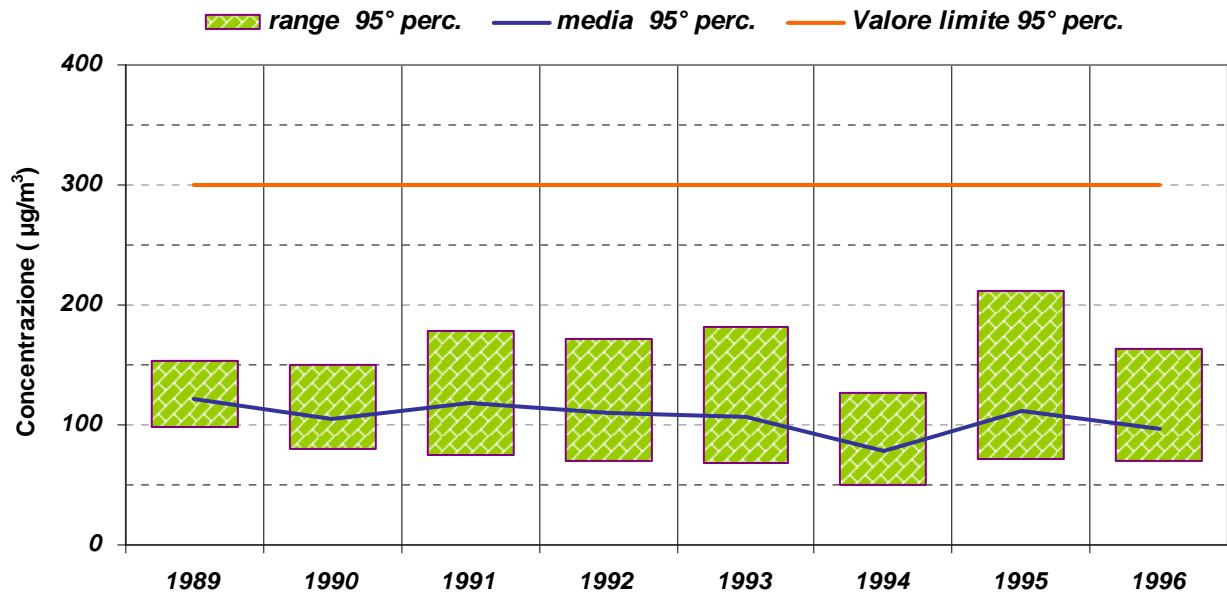
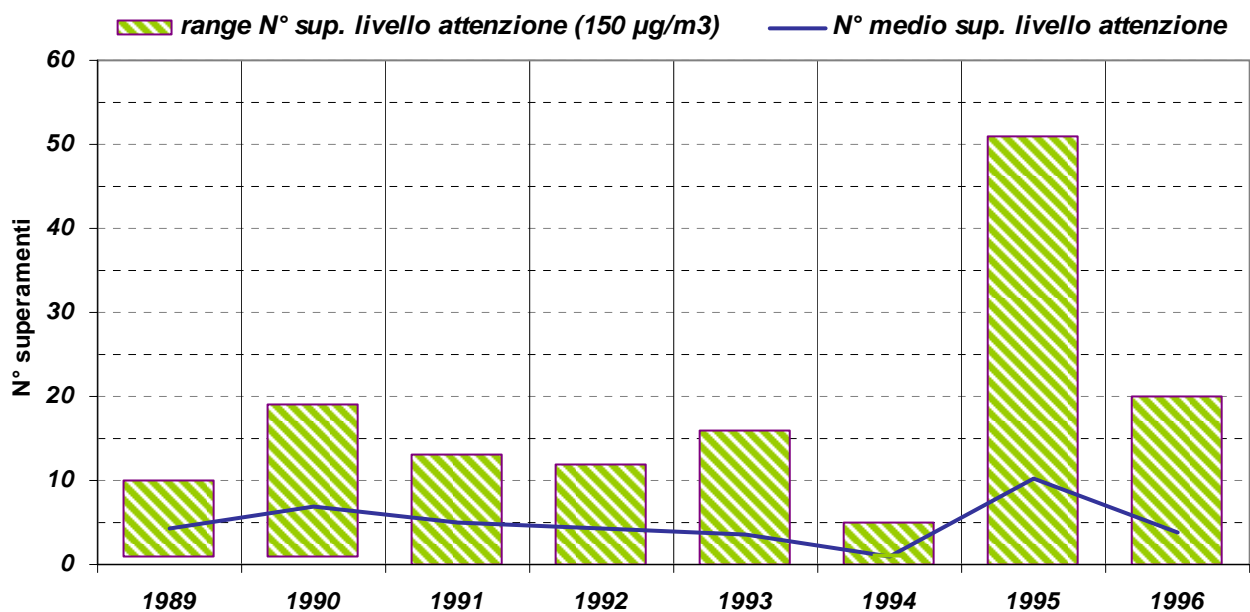
 Tabella 8.9: Concentrazioni massime giornaliere di particolato PTS [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]


Figura 8.9: PTS - Range valori massimi giornalieri

		Agip 29	Marani	Germani	Rocca Brancaleone	SAPIR	P.zza Resistenza
		95° percentile delle medie giornaliere [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]					
1989 - 1996	1989		98	113	154		
	1990		80	85	150		
	1991		78	75	127	134	179
	1992	103	82	70	106	129	172
	1993	83	70	69	104	181	135
	1994	71	50	58	84		126
	1995	86	71	81	93	212	132
	1996	70	73	76	84	164	116

 Tabella 8.10: 95° percentile delle concentrazioni medie giornaliere di PTS [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]

 Figura 8.10: PTS – Range (massimo – minimo) del 95° percentile delle concentrazioni medie giornaliere di PTS, confrontato con il valore limite (DPCM 28.03.83: $300 \mu\text{g}/\text{m}^3$) e con il valore medio nell'anno del 95° percentile

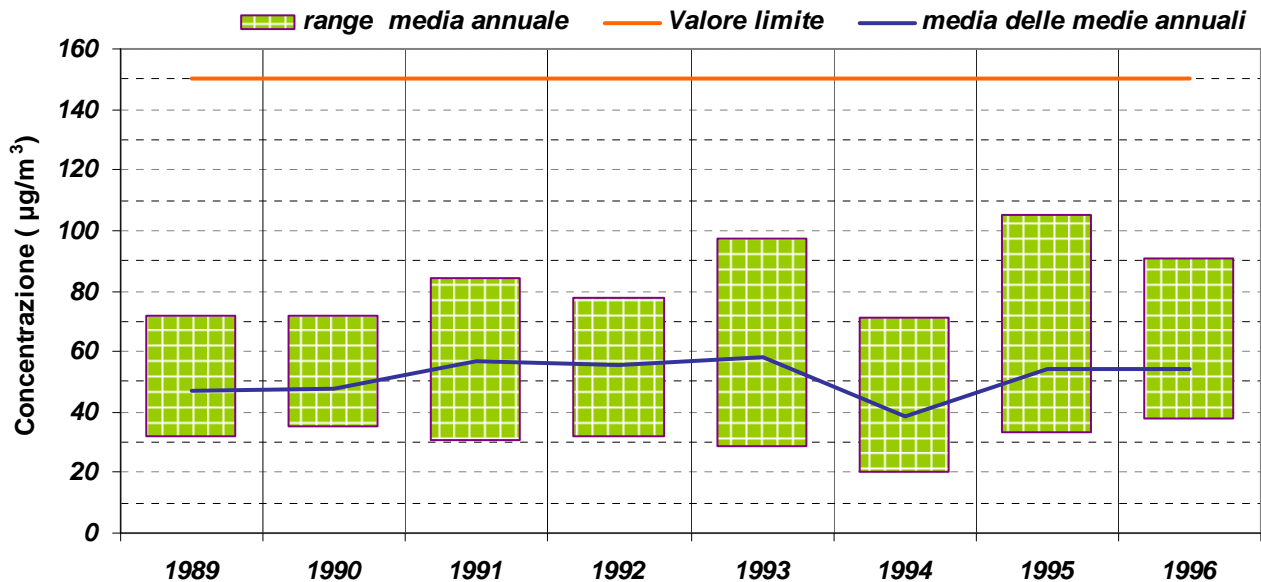
		Agip 29	Marani	Germani	Rocca Brancaleone	SAPIR	P.zza Resistenza
		N° superamenti del livello di attenzione					
1989 - 1996	1989		2	1	10		
	1990		1	1	19		
	1991		1	0	5	6	13
	1992	3	1	0	7	3	12
	1993	0	0	0	3	16	3
	1994	0	0	0	0		5
	1995	0	0	1	1	51	8
	1996	0	0	0	0	20	3

 Tabella 8.11: Numero di superamenti del livello di attenzione (DM 25/11/94: 150 µg/m³)

 Figura 8.11: PTS – Range (massimo – minimo) del numero di superamenti del livello di attenzione (DM 25/11/94: 150 µg/m³) e valore medio nell'anno del numero di superamenti

Nel periodo 1986 – 1996 il livello di allarme (300 µg/m³) è stato superato due volte nella stazione Sapor, una volta nel 1992 (338 µg/m³) ed una volta nel 1995 (302 µg/m³).

		Agip 29	Marani	Germani	Rocca Brancaleone	SAPIR	P.zza Resistenza
		Media annuale [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]					
1989 - 1996	1989		32	38	72		
	1990		35	37	72		
	1991		31	35	58	77	84
	1992	59	38	32	54	78	71
	1993	49	36	29	53	97	84
	1994	38	20	26	39		71
	1995	42	33	38	36	105	71
	1996	45	43	41	38	91	68

Tabella 8.12: Concentrazione media annuale


 Figura 8.12: PTS – Range (massimo – minimo) della concentrazione media annuale, confrontato con il valore limite (DPCM 28.03.83: $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$) e con la media delle medie annuali

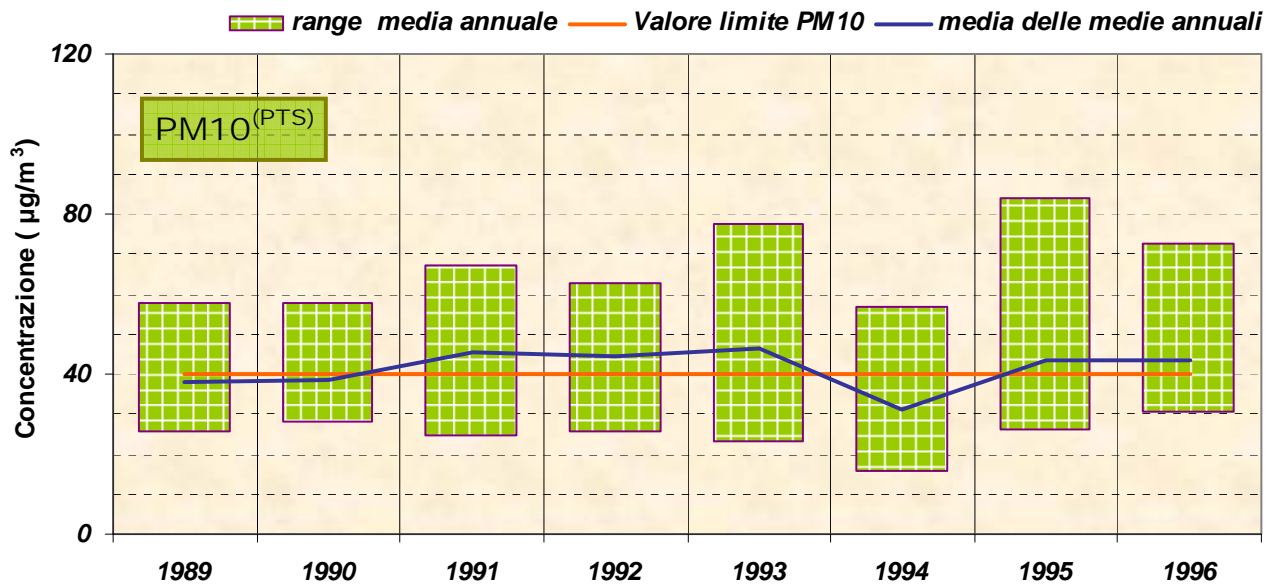


Figura 8.13: PM10^{PTS} – Range (massimo – minimo) della concentrazione media annuale, confrontato con il valore limite (40 µg/m³) e con la media delle medie annuali

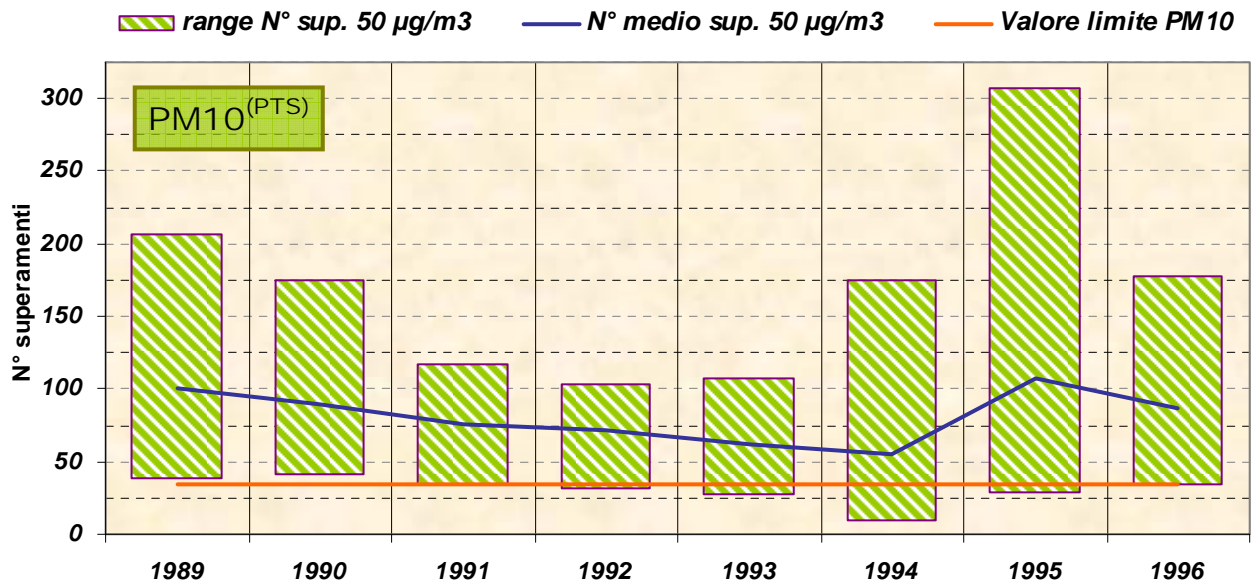


Figura 8.14: PM10^{PTS} – Range (massimo – minimo) del numero di superamenti della concentrazione media giornaliera di 50 µg/m³ confrontato con il valore limite (35 superamenti nell'anno) e con il valore medio del numero di superamenti nell'anno

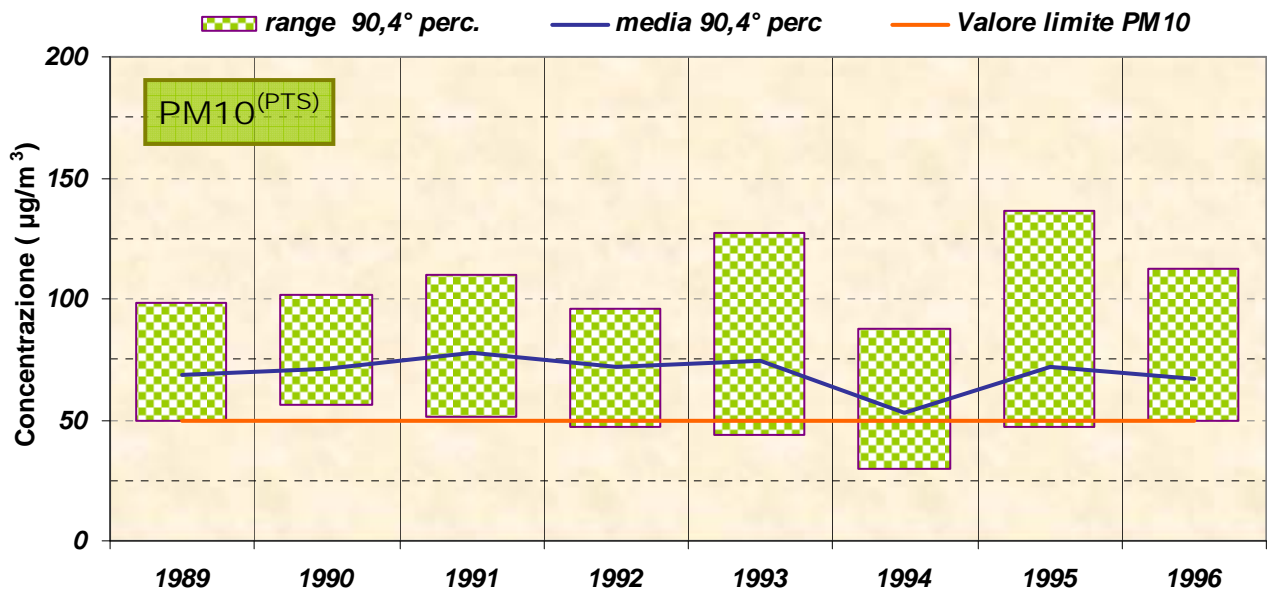


Figura 8.15: PM10^{PTS} – Range (massimo – minimo) del 90,4° percentile della concentrazione media giornaliera, confronto con il limite per il PM10 (50 µg/m³) e con il valore medio nell'anno del 90,4° perc.

1997 - 2008

		Agip29	Marani	Germani	SAPIR	P.zza Resistenza	Rocca Brancaleone	Zalamella	Caorle	Marconi	Ceramiche
		Valore massimo giornaliero rilevato nell'anno (Max) [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]									
1997 - 2008	1997	172	102	127	226	155	177	300		87	85
	1998	157	133	151	172	170	217	283		123	138
	1999	119	90	137	152	244		267	179	134	126
	2000	130	138	160	164			279	273	142	140
	2001	95	80	109	195			205		141	
	2002	188	141	148				322		225	

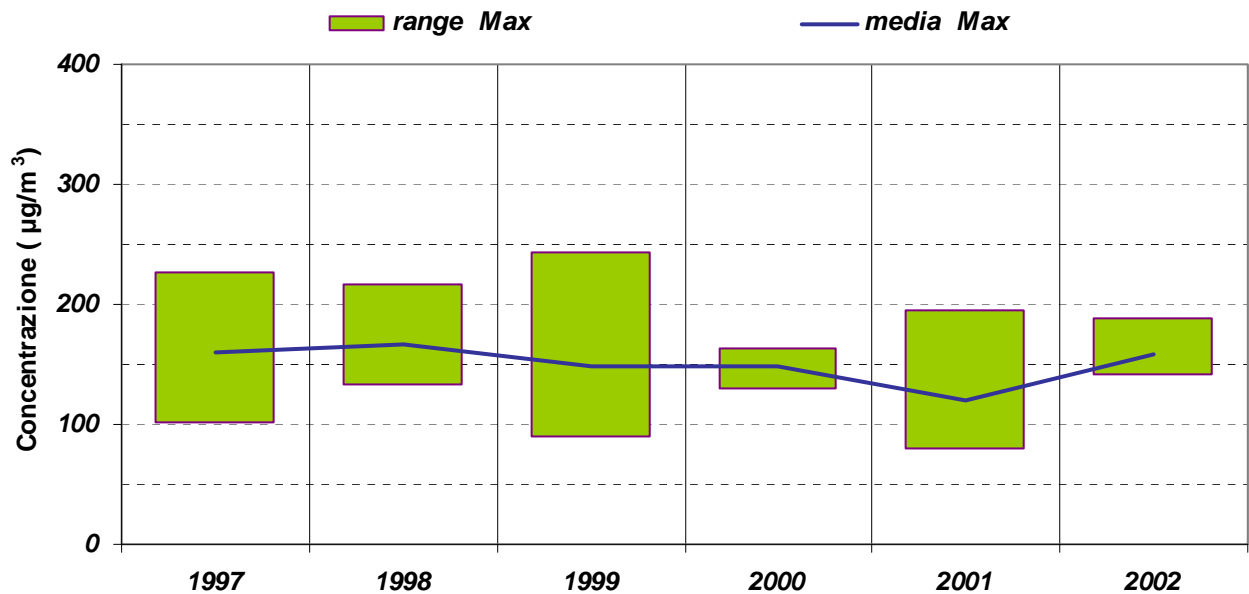
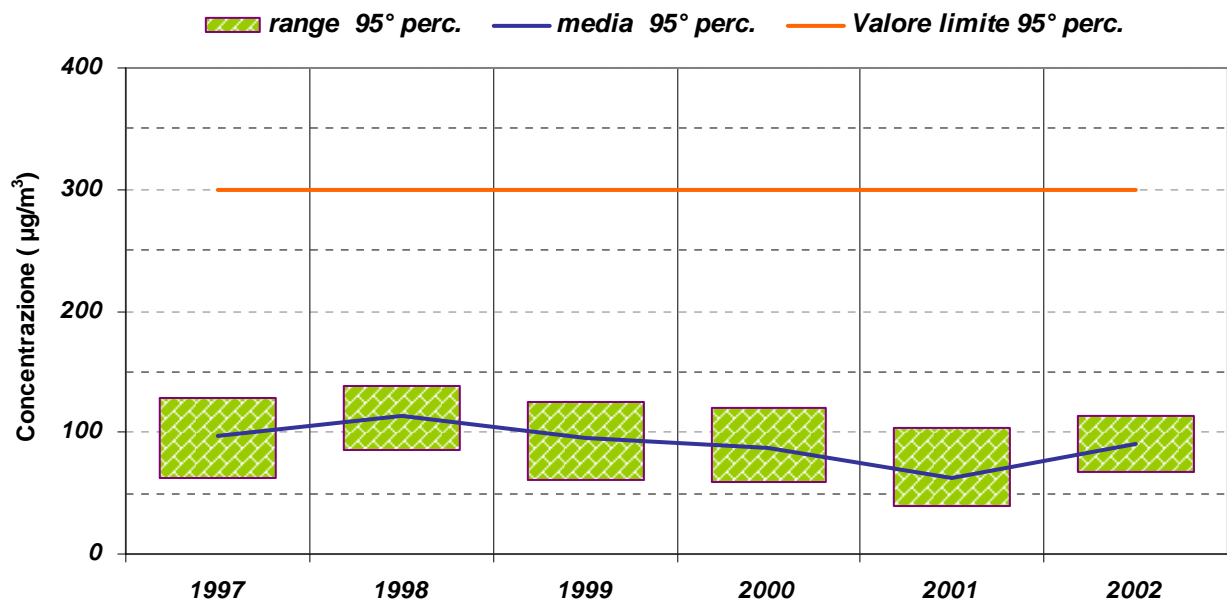
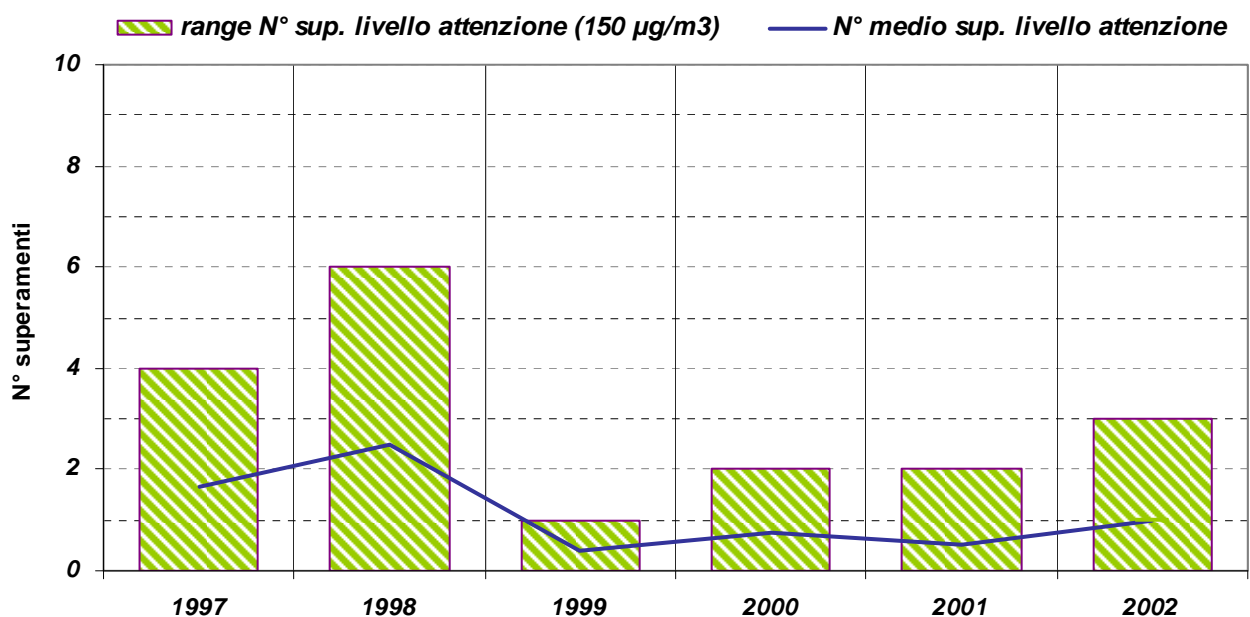
 Tabella 8.13: Concentrazioni massime giornaliere di particolato PTS [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]


Figura 8.16: PTS – Range valori massimi giornalieri

		Agip29	Marani	Germani	SAPIR	P.zza Resistenza	Rocca Brancaleone	Zalamella	Caorle	Marconi	Ceramiche
		95° percentile delle medie giornaliere [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]									
1997 - 2008	1997	90	63	69	128	115	117	180		69	61
	1998	109	86	103	124	125	139	205		86	53
	1999	83	61	88	120	126		191	135	91	70
	2000	87	60	83	120			187		111	99
	2001	51	39	57	103			158		99	
	2002	113	90	68				203		120	

 Tabella 8.14: 95° percentile delle concentrazioni medie giornaliere di PTS [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]

 Figura 8.17: PTS – Range (massimo – minimo) del 95° percentile delle concentrazioni medie giornaliere di PTS, confrontato con il valore limite (DPCM 28.03.83: $300 \mu\text{g}/\text{m}^3$) e con il valore medio nell'anno del 95° percentile

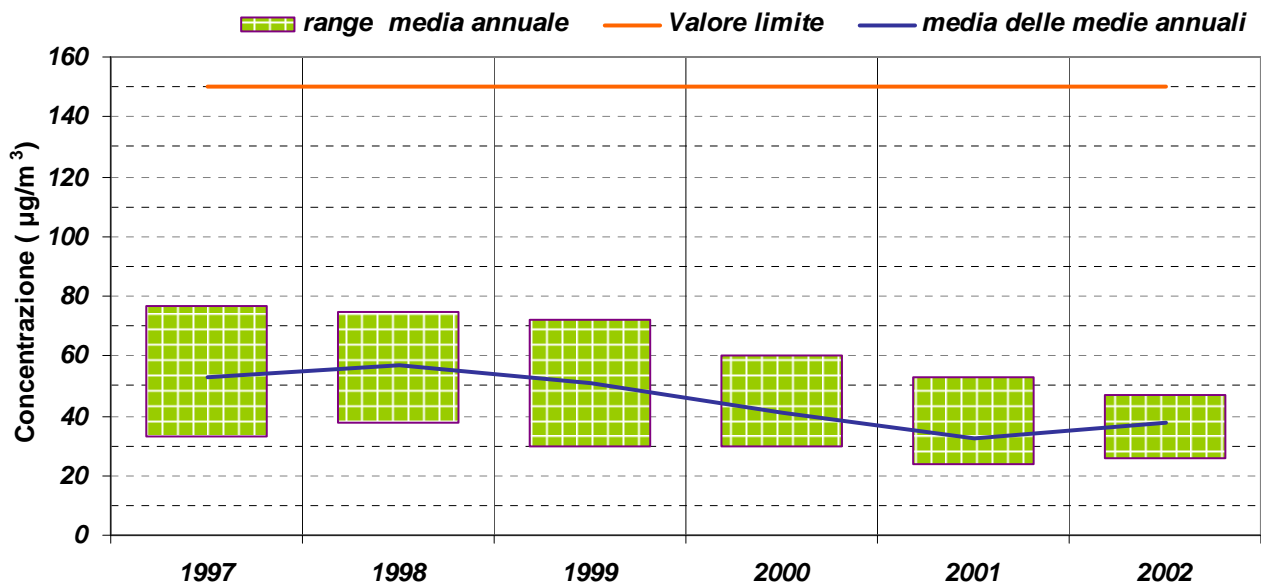
		Agip29	Marani	Germani	SAPIR	P.zza Resistenza	Rocca Brancaleone	Zalamella	Caorle	Marconi	Ceramiche
		N° superamenti del livello di attenzione									
1997 - 2008	1997	2	0	0	3	1	4	30		0	0
	1998	2	0	2	3	2	6	35		0	0
	1999	0	0	0	1	1		46	2	0	0
	2000	0	0	1	2			37		0	0
	2001	0	0	0	2			23		0	
	2002	3	0	0				64		4	

 Tabella 8.15: Numero di superamenti del livello di attenzione (DM 25.11.94: 150 µg/m³)

 Figura 8.18: PTS – Range (massimo – minimo) del numero di superamenti del livello di attenzione (DM 25.11.94: 150 µg/m³) e valore medio nell'anno del numero di superamenti

Nel periodo 1997 – 2002 il livello di allarme (300 µg/m³) è stato superato due volte nella stazione Zalamella, una volta nel 1997 (300 µg/m³) ed una volta nel 2002 (322 µg/m³).

		Agip29	Marani	Germani	SAPIR	P.zza Resistenza	Rocca Brancaleone	Zalamella	Caorle	Marconi	Ceramiche
		Media annuale [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]									
1997 - 2008	1997	53	33	35	77	70	49	87		37	32
	1998	58	40	38	75	74	57	119		38	31
	1999	47	30	36	72	71		96	64	49	35
	2000	41	30	34	60			96	49	52	50
	2001	26	24	26	53			82		41	
	2002	47	40	26				106		59	

Tabella 8.16: PTS - Concentrazione media annuale


 Figura 8.19: PTS – Range (massimo – minimo) della concentrazione media annuale, confrontato con la soglia di informazione (DPCM 28.03.83: $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$) e con la media delle medie annuali

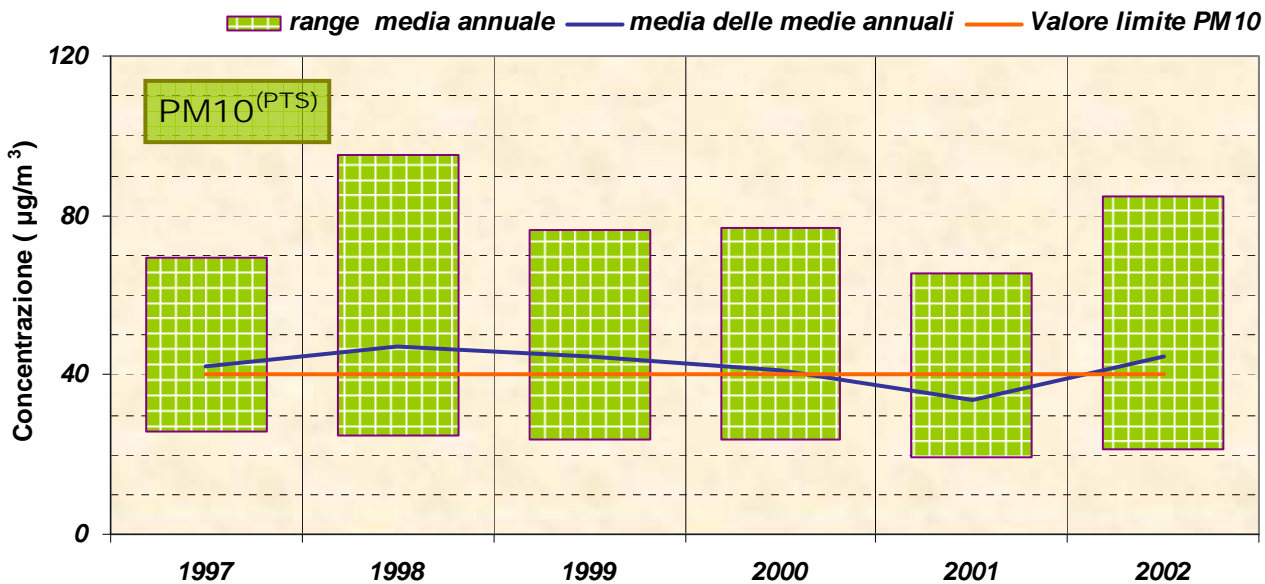


Figura 8.20: PM10^{PTS} – Range (massimo – minimo) della concentrazione media annuale, confrontato con il valore limite (40 µg/m³) e con la media delle medie annuali

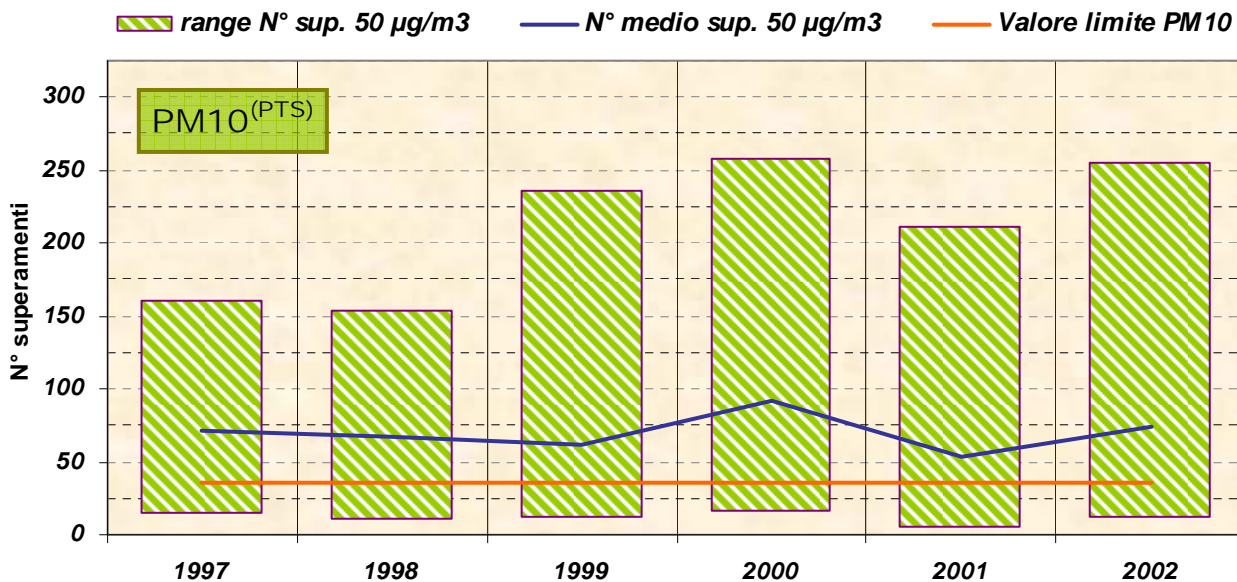


Figura 8.21: PM10^{PTS} – Range (massimo – minimo) del numero di superamenti della concentrazione media giornaliera di 50 µg/m³ e valore medio nell'anno del numero di superamenti

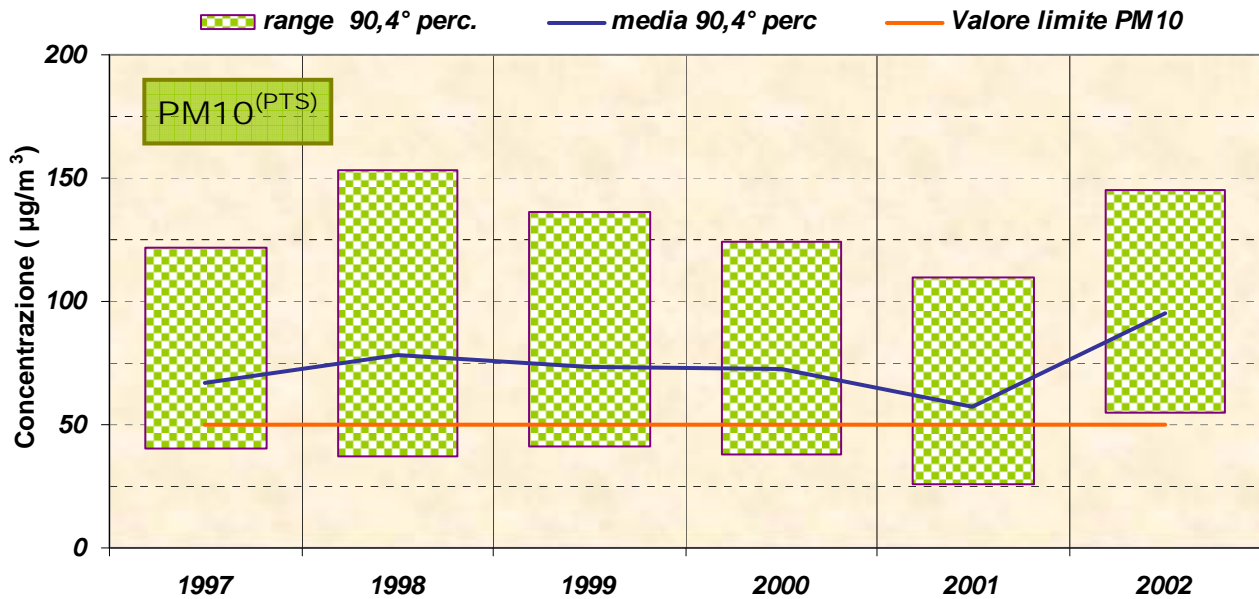


Figura 8.22: PM10^{PTS} – Range (massimo – minimo) del 90.4° percentile della concentrazione media giornaliera, confronto con il limite per il PM 10 (50 µg/m³) e con il valore medio nell'anno del 90.4° perc.

1997 - 2008

		Agip29	Marani	Germani	SAPIR	Rocca Brancaleone	Zalamella	Caorle	Marconi	Ceramiche	Cotignola
		Valore massimo giornaliero rilevato nell'anno (Max) [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]									
1997 - 2008	1998					117					
	1999					155	166				
	2000					237	243	164		183	
	2001				184	208	163	188		199	187
	2002	296	300		211	275	250	204		216	204
	2003	108	125	122	186	189	137	122		159	145
	2004	107	116	127	152	186	137	69		152	122
	2005	116	127	135	109	173	130	90		161	118
	2006	116	120	155	185	94	115	97	100	117	102
	2007	96	93	131	407	74	88	73	119		91
2008	106	102	105	194	91	118	92	109		69	

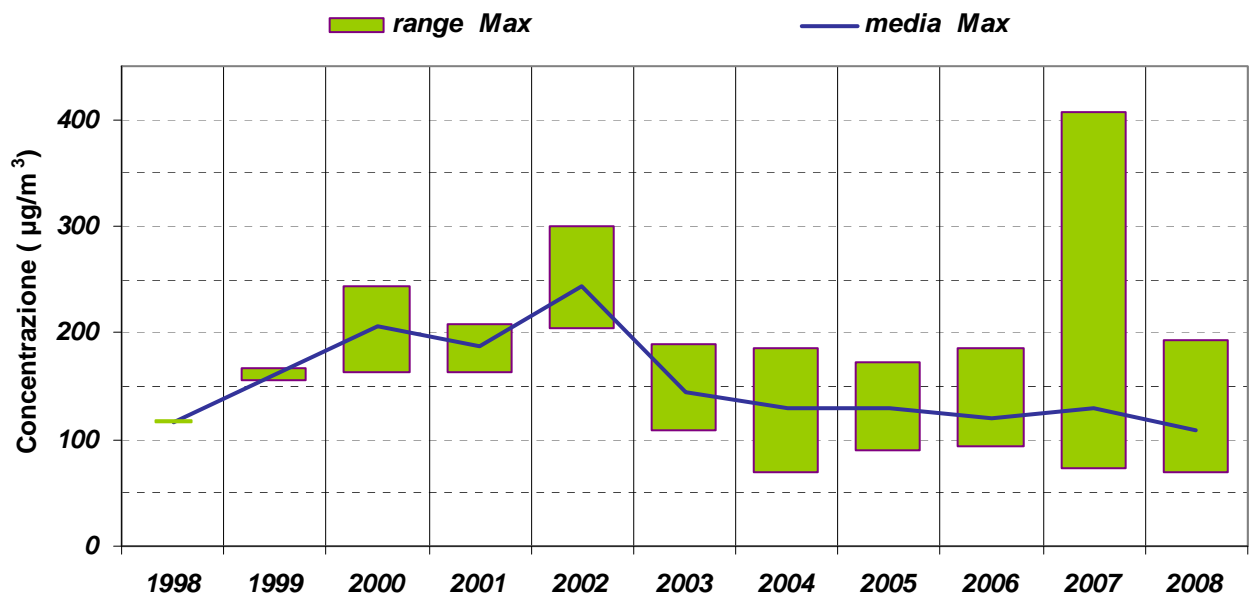
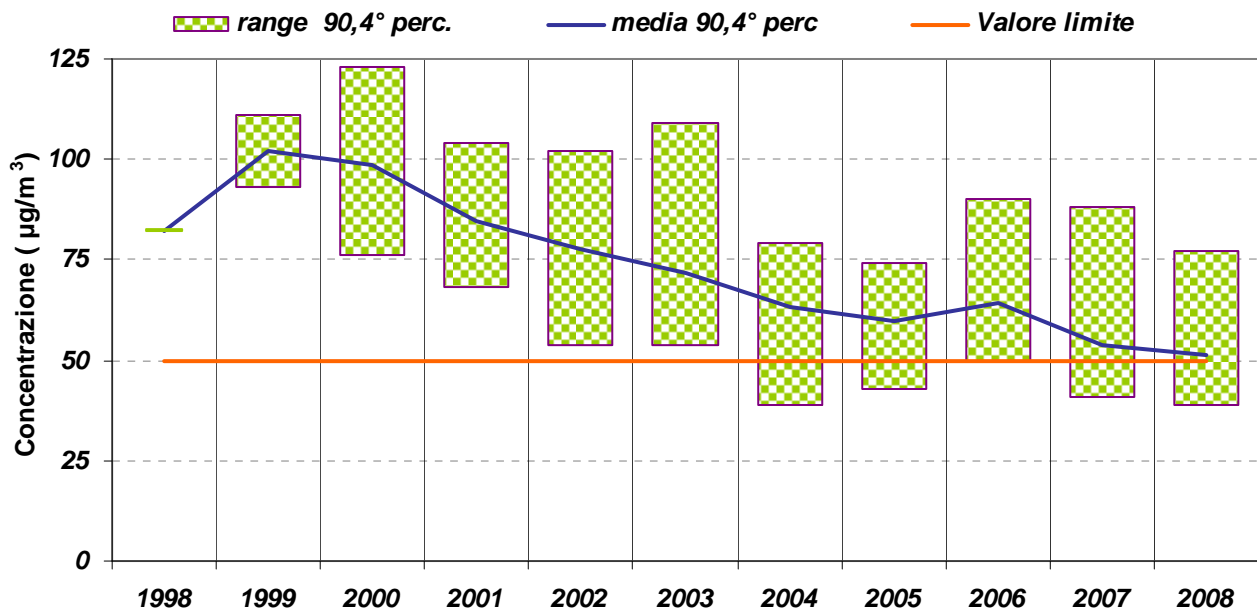
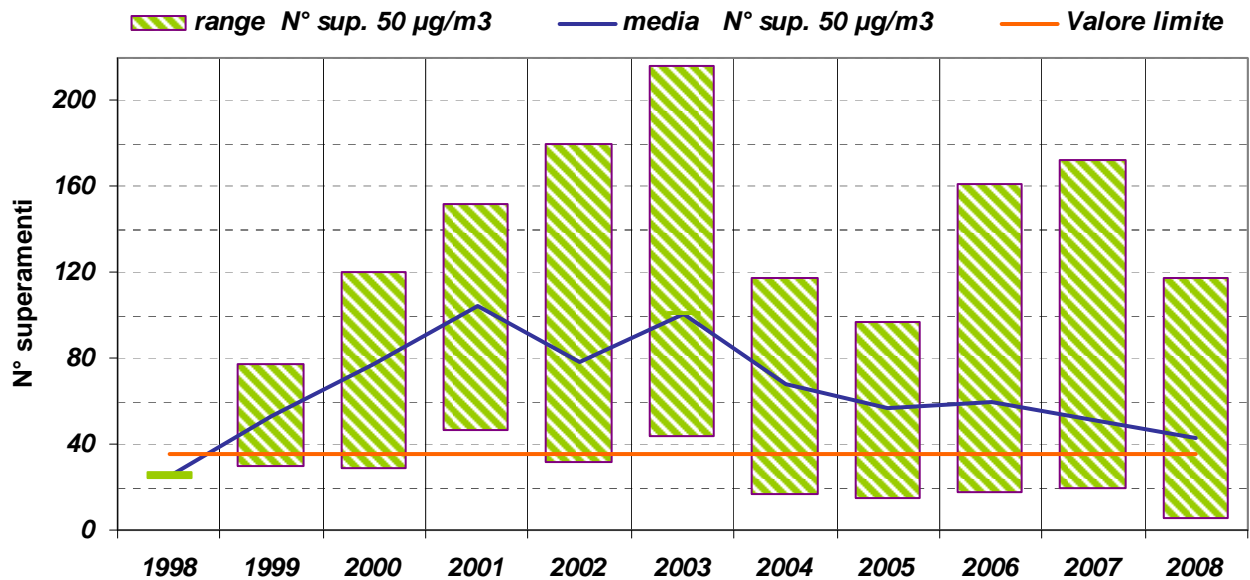
 Tabella 8.17: Concentrazioni massime giornaliere di particolato PM10 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]


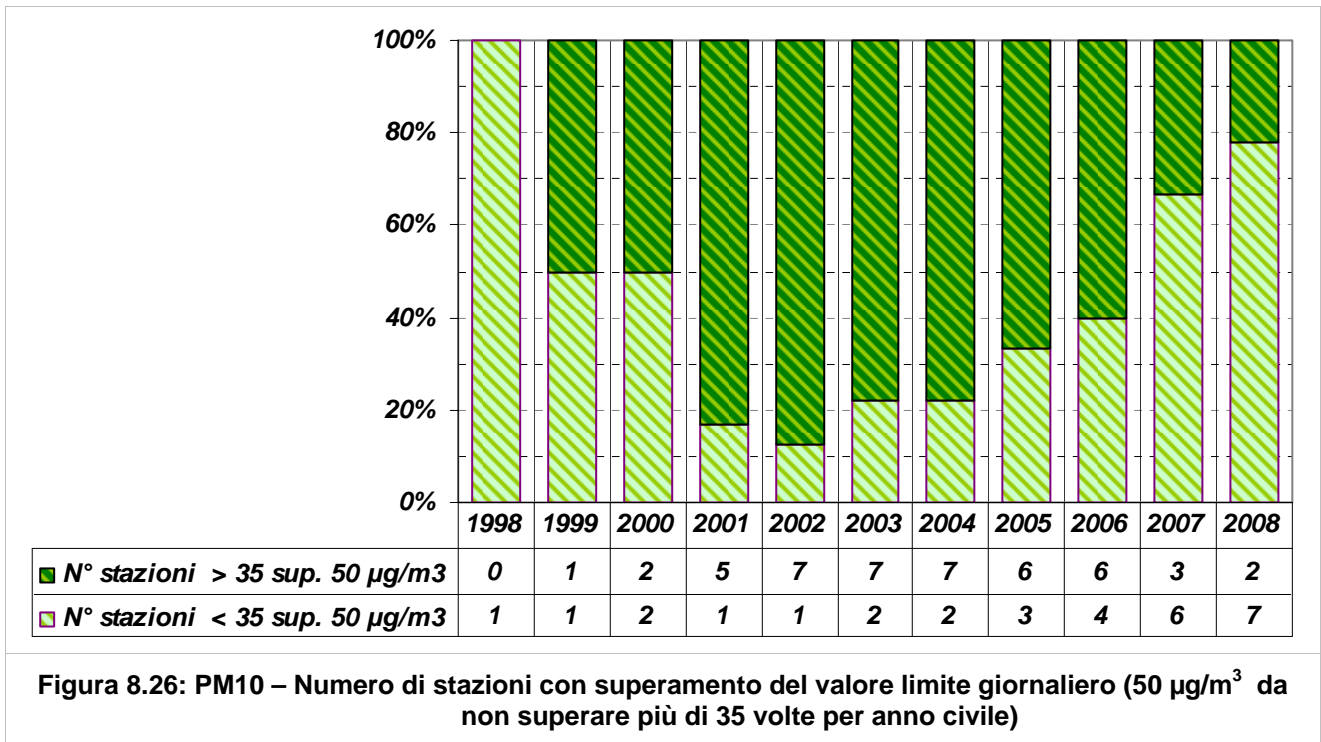
Figura 8.23: PM10 – Range valori massimi giornalieri

		Agip29	Marani	Germani	SAPIR	Rocca Brancaleone	Zalamella	Caorle	Marconi	Ceramiche	Cotignola
		90.4° percentile [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]									
1997 - 2008	1998					82					
	1999					93	111				
	2000					76	92	104		123	
	2001				104	90	84	68		86	76
	2002	54	70		102	87	84	67		80	78
	2003	55	65		109	82	70	54		76	63
	2004	52	63	57	72	79	74	39		70	63
	2005	52	61	58	71	69	55	43		74	56
	2006	60	64	73	90	57	57	53	81	58	50
	2007	50	52	59	88	47	45	45	56		41
	2008	42	42	46	77	51	55	52	59		39

 Tabella 8.18: 90.4° percentile delle concentrazioni giornaliere di particolato PM10 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]

 Figura 8.24: PM10 – Range (massimo – minimo) del 90.4° percentile della concentrazione media giornaliera, confronto con il limite per il PM10 ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3$) e con il valore medio nell'anno del 90.4° perc.

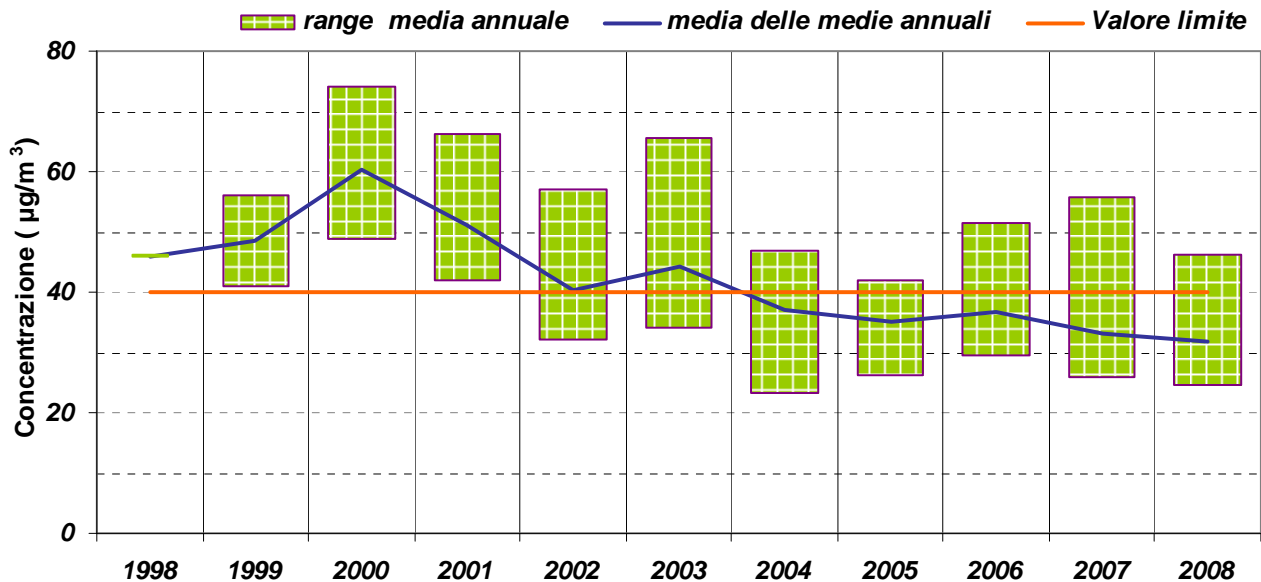
		Agip29	Marani	Germani	SAPIR	Rocca Brancaleone	Zalamella	Caorle	Marconi	Ceramiche	Cotignola
		N° superamenti del valore limite giornaliero di 50 µg/m ³									
1997 - 2008	1998					25					
	1999					77	30				
	2000					117	120	29		42	
	2001				119	127	99	83		152	47
	2002	32	66		180	60	92	72		72	54
	2003	45	98	44	216	131	91	56		146	77
	2004	39	64	53	77	105	73	17		117	68
	2005	39	67	53	97	60	52	15		88	43
	2006	58	63	69	161	51	46	41	18	53	36
	2007	36	41	55	172	29	27	21	59		20
2008	21	24	29	117	38	45	40	62		6	

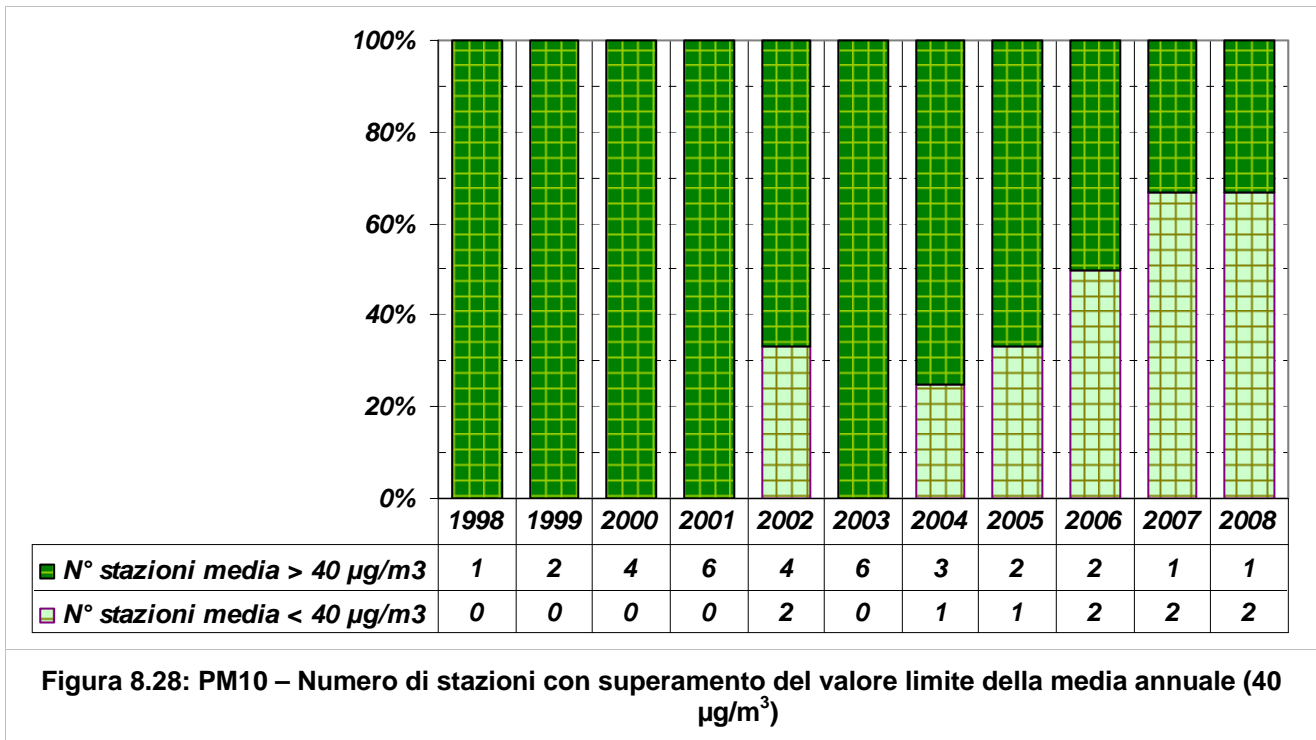
 Tabella 8.19: Numero di superamenti della concentrazione media giornaliera di 50 µg/m³

 Figura 8.25: PM10 – Range (massimo – minimo) del numero di superamenti della concentrazione di 50 µg/m³ e valore medio nell'anno del numero di superamenti



		Agip29	Marani	Germani	SAPIR	Rocca Brancaleone	Zalamella	Caorle	Marconi	Ceramiche	Cotignola
		Media annuale [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]									
1997 - 2008	1998					46					
	1999					41	56				
	2000					49	53	65		74	
	2001				66	51	49	42		53	44
	2002	32	41		57	41	45	39		35	32
	2003	36	44	36	65	50	44	34		50	40
	2004	31	37	32	38	47	42	23		47	37
	2005	32	38	33	42	36	34	26		42	32
	2006	33	36	37	52	34	30	31	48	37	29
	2007	30	31	33	56	31	26	29	35		27
	2008	26	27	26	46	34	31	34	36		25

Tabella 8.20: Concentrazione media annuale


 Figura 8.27: PM10 – Range (massimo – minimo) della concentrazione media annuale, confrontato con il valore limite ($40 \mu\text{g}/\text{m}^3$) e con la media delle medie annuali

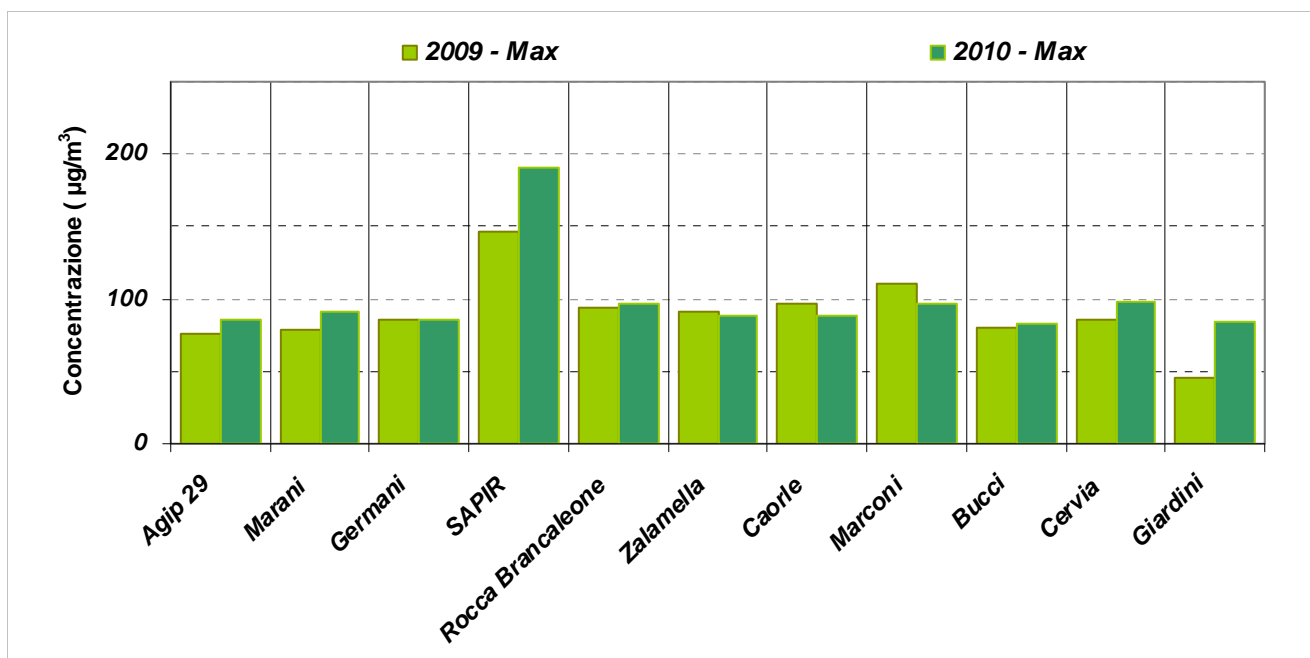


2009 - 2010

		Agip 29	Marani	Germani	SAPIR	Rocca Brancaleone	Zalamella	Caorle	Marconi	Bucci	Cervia	Giardini
		Efficienza percentuale [%]										
2009 - 2010	2009	96	99	99	100	99	94	93	98	65 ^(a)	77 ^(b)	42 ^(c)
	2010	100	97	96	97	99	98	98	99	90	94	99
		Massimo (valore massimo orario rilevato nell'anno) [µg/m³]										
2009-2010	2009	76	79	86	146	94	91	97	111	80	85	45
	2010	85	91	85	191	97	89	88	97	83	98	84
		90,4° percentile medie giornaliere [µg/m³]										
2009-2010	2009	37	43	45	76	50	52	51	51	37	36	34
	2010	42	46	51	84	55	55	57	58	48	48	46
		N° superamenti concentrazione giornaliera (giorni con concentrazione > 50 µg/m³) [giorni]										
2009-2010	2009	10	15	23	127	36	37	36	36	8	8	0
	2010	23	31	36	123	47	46	46	54	26	30	28
		Media annuale [µg/m³]										
2009-2010	2009	24	27	24	45	30	31	31	31	24	23	22
	2010	26	26	25	45	29	29	31	30	27	26	25

Note:

- (a) Strumento installato il 18/04/2009 a partire da questa data efficienza del 91%
 (b) Strumento installato il 28/02/2009 a partire da questa data efficienza del 91%
 (c) Strumento installato il 03/04/2009 a partire da questa data efficienza del 88%

Tabella 8.21: Concentrazioni di PM10 a livello provinciale – Anni 2009 e 2010

Figura 8.29: Particolato PM10 – Concentrazioni massime giornaliere [µg/m³]

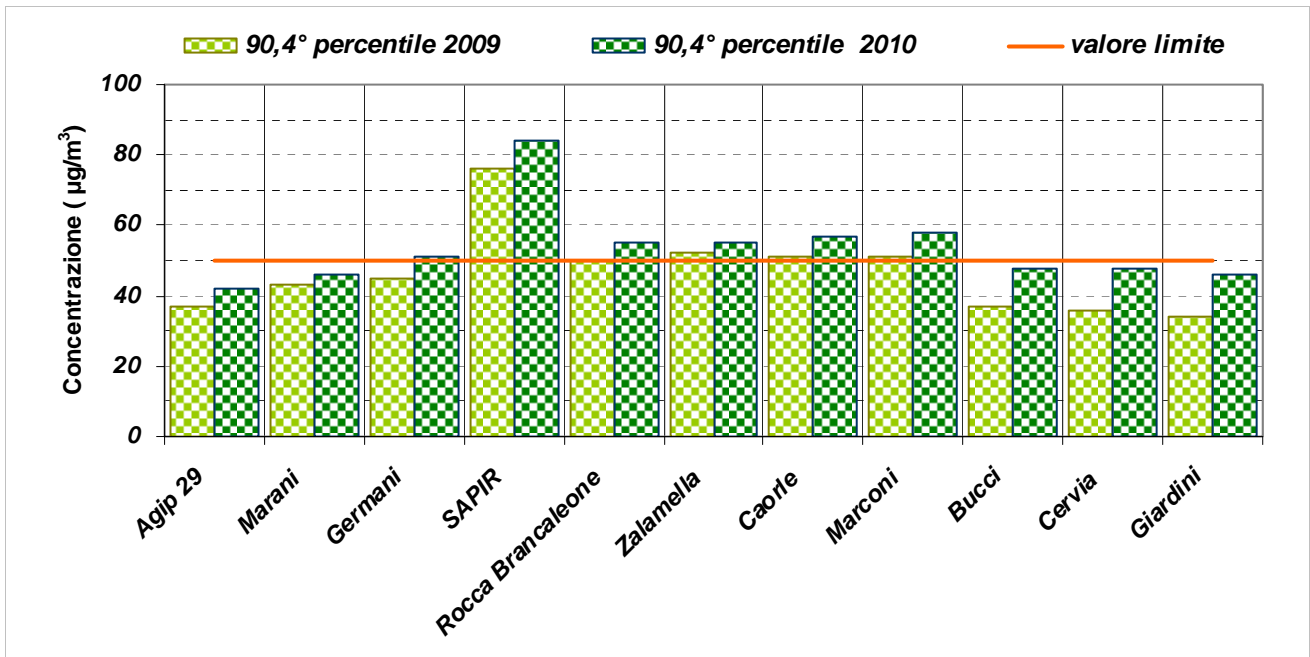


Figura 8.30: Particolato PM10 – 90.4° percentile delle concentrazioni giornaliere [µg/m³], confronto con il valore limite (50 µg/m³) e con il valore medio nell'anno del 90.4° perc.

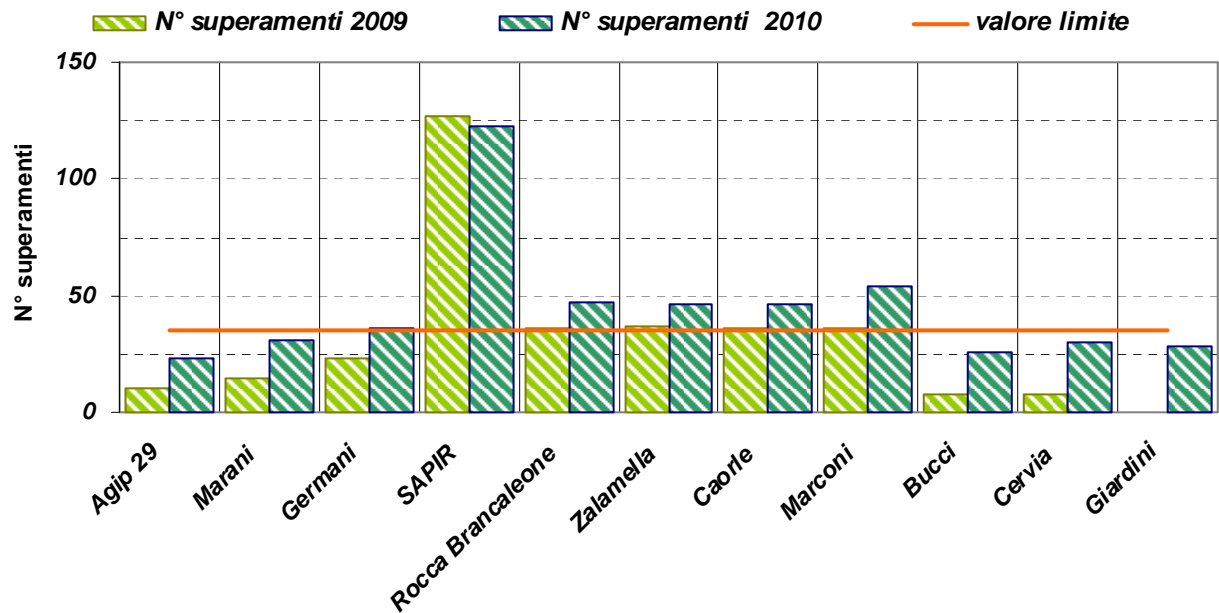
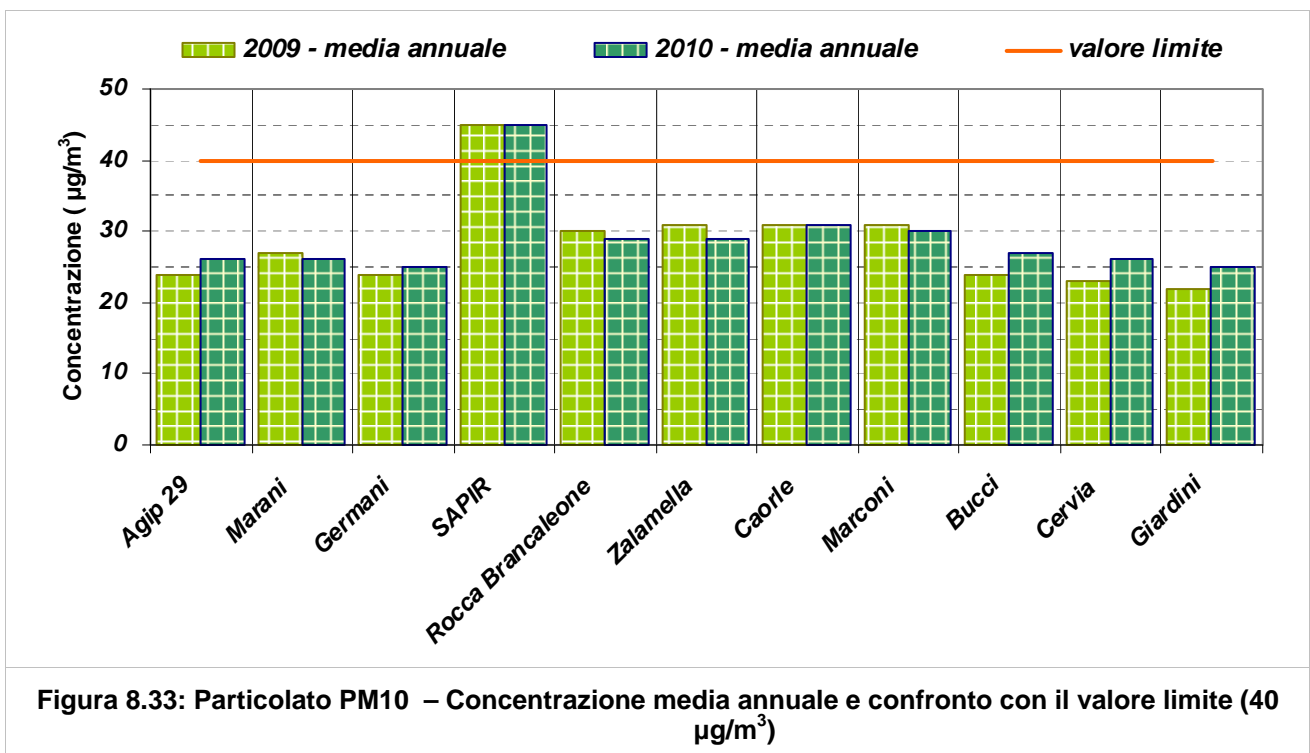
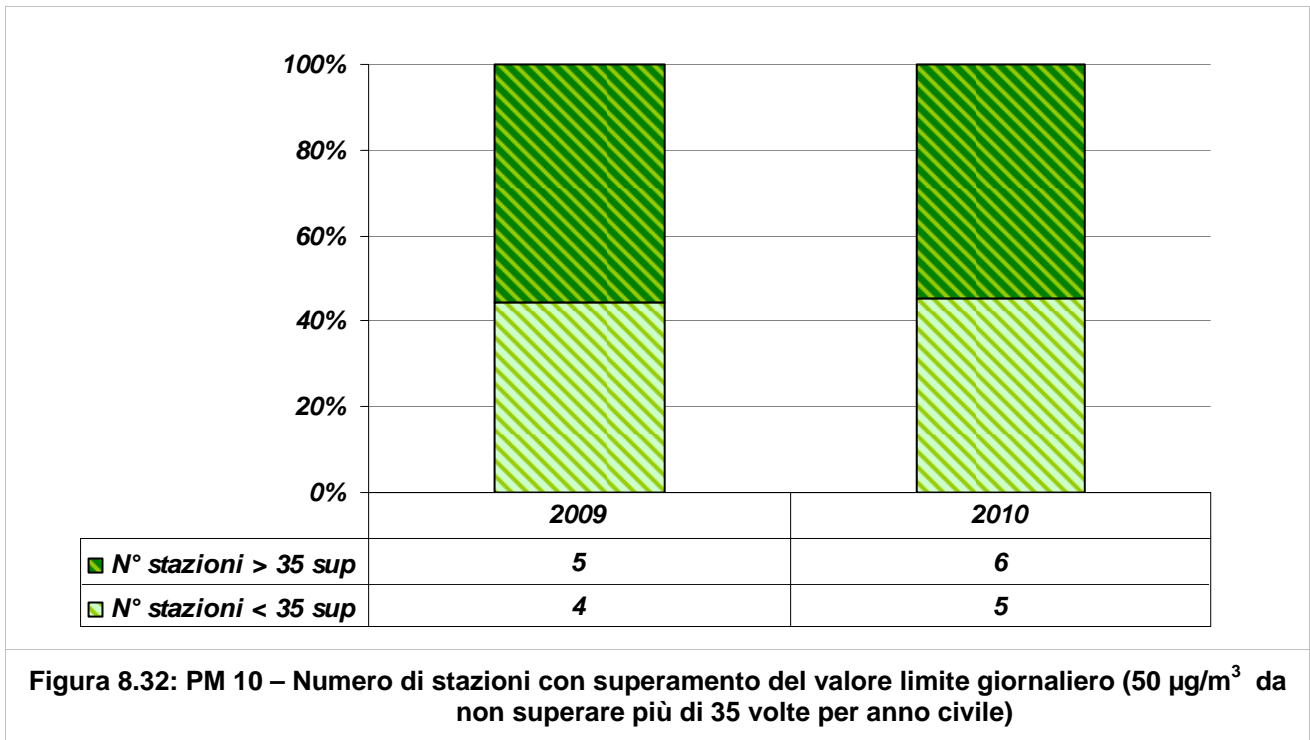


Figura 8.31: PM10 – Numero di superamenti della concentrazione media giornaliera di 50 µg/m³ e confronto con il limite



COMMENTO AI DATI

Il particolato totale (PTS) è stato monitorato nel comune di Ravenna dal 1979 al 1990 in tre postazioni e, successivamente (fino al 2002), in sei siti.

Dal 1979 al 1988 le concentrazioni massime giornaliere rilevate sono molto variabili e si attestano su valori più che significativi (Tabella 8.4 e Figura 8.1): concentrazioni pari a $1000 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e a $740 \mu\text{g}/\text{m}^3$ vennero registrate rispettivamente a Pantanella, nel 1988, e a Rocca Brancaleone nel 1985. Nelle altre postazioni i valori massimi giornalieri sono compresi fra $91 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Punta Marina – 1984) e $506 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (ancora a Pantanella nel 1985 e 1986).

Per il particolato totale, il DPCM 28.03.1983 prevedeva due limiti: uno espresso come 95° percentile delle medie giornaliere ($300 \mu\text{g}/\text{m}^3$), l'altro come media annuale delle concentrazioni medie giornaliere ($150 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Nell'intero periodo in cui il PTS è stato misurato non ci sono stati superamenti del limite relativo al 95° percentile (Figura 8.2), anche se nel 1982 a Pantanella è stato raggiunto il valore di $296 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Se si esclude questo dato, i valori massimi del 95° percentile sono compresi fra $79 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (1984 – Rocca Brancaleone) e $254 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (1985, sempre a Rocca Brancaleone). Dall'86 il massimo del 95° percentile si attesta su valori per lo più compresi fra $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Relativamente alla media annuale, dal '79 al 2002 non vi sono stati superamenti del limite (Figure 8.3 e 8.11): il valore massimo della media annuale è compreso fra $43 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (1984 – Rocca Brancaleone) e $126 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (1982 - Pantanella). Dall'86 il massimo della media annuale si attesta su valori compresi fra $70 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Altri parametri per il PTS - previsti questi dal DM 25.11.94 – sono i livelli di allarme (media giornaliera $> 300 \mu\text{g}/\text{m}^3$) e di attenzione (media giornaliera $> 150 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Nei 24 anni (1979 – 2002) il livello di allarme è stato superato 36 volte, di questi superamenti ben 14 sono stati registrati a Pantanella nel 1982. I restanti 22 superamenti del livello di allarme sono distribuiti negli altri anni con una frequenza compresa fra 0 e 3 ogni anno.

Il livello di attenzione è stato superato 99 volte a Pantanella (sempre nel 1982), seguono: ancora Pantanella, nel 1983, con 66 superamenti; Zalamella nel 2002 con 64 superamenti e Sapir, nel 1995, con 51 superamenti. Dall'88 il numero medio di superamenti è stato pari a circa 5 superamenti/anno.

In generale, negli anni ottanta si sono verificati molti episodi acuti (soprattutto nel primo quinquennio), con concentrazioni massime decisamente significative, che hanno comportato un innalzamento anche della media annuale. Le stazioni che presentavano maggiore criticità erano Pantanella e Rocca Brancaleone. Successivamente il numero di eventi critici è decisamente diminuito, con un conseguente effetto positivo sui valori medi, e con una maggiore omogeneità anche spaziale.

Nel 1998 inizia il monitoraggio del PM10 - dapprima nella stazione Rocca Brancaleone, successivamente nelle altre - anche se solo a partire dal 2001 le efficienze strumentali sono superiori al 75%.

Nel 2003 tutti i monitor di PTS risultano sostituiti con PM10, ad esclusione di Marconi, cambiato nel 2006.

Come illustrato in figura 8.23, a partire dal 2003 i valori massimi giornalieri sono compresi fra 100 e $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pressoché in tutte le centraline, ad eccezione della postazione in area portuale (SAPIR), in cui normalmente – vista la collocazione all'interno della zona portuale/industriale - si rilevano concentrazioni superiori.

Il DL155/2010 (ma già il DM 60/02) indica per il PM10 due limiti per la protezione della salute umana, uno riferito alla media sulle 24 ore (breve periodo) e l'altro alla media annuale (lungo periodo). Il limite relativo alla media giornaliera - $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ da non superare più di 35 giorni in un anno – è pressoché ovunque superato, e in alcuni casi abbondantemente.

Da segnalare il 2009 (Figura 8.31), anno in cui (escludendo la stazione Sapir per le motivazioni richiamate) lo "sfioramento" è stato contenuto: anche nelle stazioni urbane, con un numero massimo di superamenti che non ha superato 37.

Fino al 2006 il limite di lungo periodo (media annuale = $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$) è stato superato almeno in una stazione della rete (sempre escludendo Sapir), per percentuali variabili dal 5% (2005) al 85% (2000), come mostrato in figura 8.28.

Dal 2007 tale limite viene rispettato, anzi la media annuale più alta, nel 2009 e 2010, risulta il 23% più bassa del corrispondente limite.

SCHEDA INDICATORE 9: Particolato PM 2.5

NOME DELL'INDICATORE	<i>Concentrazione in aria di particolato (PM2.5)</i>	DPSIR	S
UNITA'DIMISURA	<i>microgrammi/metrocubo ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)</i>	FONTE	<i>Arpa-Sezione di Ravenna</i>
COPERTURA SPAZIALE DATI	<i>Provincia</i>	COPERTURA TEMPORALE DATI	<i>2002 - 2010</i>
AGGIORNAMENTO DATI	<i>Annuale</i>		
RIFERIMENTI NORMATIVI	<i>DLg.155/2010 – CAFE, 2004⁽¹⁾</i>		
METODI DI ELABORAZIONE DATI	<i>Medie giornaliere, annuali, percentili, conteggio dei superamenti della media giornaliera</i>		

⁽¹⁾ Second Position Paper on Particulate Matter – final draft, [CAFE Working Group on Particulate Matter](#), Aprile 2004)

DESCRIZIONE DELL'INDICATORE

L'indicatore evidenzia la concentrazione in aria di particolato ultrafine (PM2.5).

Per particolato ultrafine si intendono tutte le particelle solide o liquide sospese nell'aria con dimensioni microscopiche e quindi inalabili. Il PM2.5 è definito come il materiale particolato con un diametro aerodinamico medio inferiore a 2.5 micron ($1 \mu\text{m} = 1$ millesimo di millimetro).

Esso è originato, sia per emissione diretta (particelle primarie), che per reazione nell'atmosfera di composti chimici, quali ossidi di azoto e zolfo, ammoniaca e composti organici (particelle secondarie).

Le sorgenti del particolato possono essere antropiche e naturali. Le fonti antropiche sono riconducibili principalmente ai processi di combustione quali: emissioni da traffico veicolare, utilizzo di combustibili (carbone, oli, legno, rifiuti, rifiuti agricoli) ed emissioni industriali (cementifici, fonderie, miniere). Le fonti naturali invece sono sostanzialmente: aerosol marino, suolo risolleavato e trasportato dal vento, aerosol biogenico, incendi boschivi, emissioni vulcaniche, ecc..

SCOPO DELL'INDICATORE

Visualizzare le variazioni nelle concentrazioni di particolato fine (PM2.5) in aria, considerando la situazione normativa, l'andamento medio annuale ed eventuali situazioni limite derivanti da massimi rilevati.

PM 2.5 - GENERALITÀ ED EFFETTI SULL'AMBIENTE E SULL'UOMO

(si veda quanto riportato per il PM nella specifica sezione)

LIVELLI FISSATI DAL DL_{vo} 155/2010 E VALORI GUIDA OMS E CAFE

Per il particolato PM 2.5 il DLvo 155/2010 prevede due fasi: una prima fase in cui, entro il primo gennaio del 2015, deve essere un valore limite della concentrazione media annuale ed una seconda Fase per la quale non viene stabilito un valore limite ma si rimanda, per la fissazione del limite stesso, ad un successivo decreto. Il limite della seconda fase dovrà tener conto del valore indicativo di 20 µg/m³ e delle verifiche effettuate dalla Commissione europea alla luce di ulteriori informazioni circa le conseguenze sulla salute e sull'ambiente, la fattibilità tecnica e l'esperienza circa il perseguimento del valore obiettivo negli Stati membri. In particolare:

PM 2.5	Periodo di mediazione	Valore limite
Valori limite <i>Fase 1</i>	Anno civile	25 µg/m ³ (al 2015)

I VALORI GUIDA PREVISTI DALL'OMS

PM 2.5	Periodo di mediazione	Valore guida
Valori guida OMS (2006)	Media 24 ore	25 µg/m ³
	Media annuale	10 µg/m ³

I VALORI PREVISTI DA CAFE

I limiti proposti dal gruppo di lavoro sul particolato denominato CAFE, nel Second Position Paper on Particulate Matter (final draft) - Aprile 2004, sono:

PM 2.5	Periodo di mediazione	Valore limite proposto
CAFE (2004)	Media 24 ore	35 µg/m ³ da non superare più di 35 volte in un anno
	Media annuale	12 ÷ 20 µg/m ³

MONITORAGGIO DELL'INQUINANTE IN PROVINCIA DI RAVENNA

Il particolato PM 2.5 viene monitorato nella rete di Ravenna dal 2002.

STAZIONE E TIPOLOGIA

STAZIONE	TIPOLOGIA	
Ballirana	Fondo rurale	<i>FRu</i>
Caorle	Fondo Urbano Residenziale	<i>FU_Res</i>
Germani	Industriale / Fondo sub urbano	<i>Ind_FSubU</i>
Giardini	Fondo Urbano	<i>FU</i>
Parco Bucci	Fondo Urbano	<i>FU</i>
Randi	Traffico / Fondo Urbano Residenziale	<i>T_FU_Res</i>
Zalamella	Traffico Urbano	<i>TU</i>

Tabella 9.1: Stazioni in cui è stato monitorato il particolato PM2.5 e tipologia

PERIODO DI MONITORAGGIO NELLE DIVERSE POSTAZIONI ED EFFICIENZA PERCENTUALE(%)

		Randi	Zalamella	Caorle	Germani	Giardini	Bucci	Ballirana
1997 - 2008	2002	76						
	2003	84						
	2004	85						
	2005		77	65				
	2006			90				
	2007			87				
	2008							38 ⁽¹⁾
2009 - 2010	2009					66 ⁽²⁾	65 ⁽³⁾	98
	2010				30 ⁽⁴⁾	99	91	99

⁽¹⁾ strumento installato il 21/07/2008 – a partire da questa data l'efficienza è del 85%

⁽²⁾ strumento installato il 3/4/2009 – a partire da questa data l'efficienza è del 88%

⁽³⁾ strumento installato il 18/4/2009 – a partire da questa data l'efficienza è del 91%

⁽⁴⁾ strumento installato il 15/09/2010 – a partire da questa data l'efficienza è del 100%

Legenda:




	efficienza percentuale > 75%		efficienza percentuale < 75%		Analizzatore non installato
---	------------------------------	---	------------------------------	---	-----------------------------

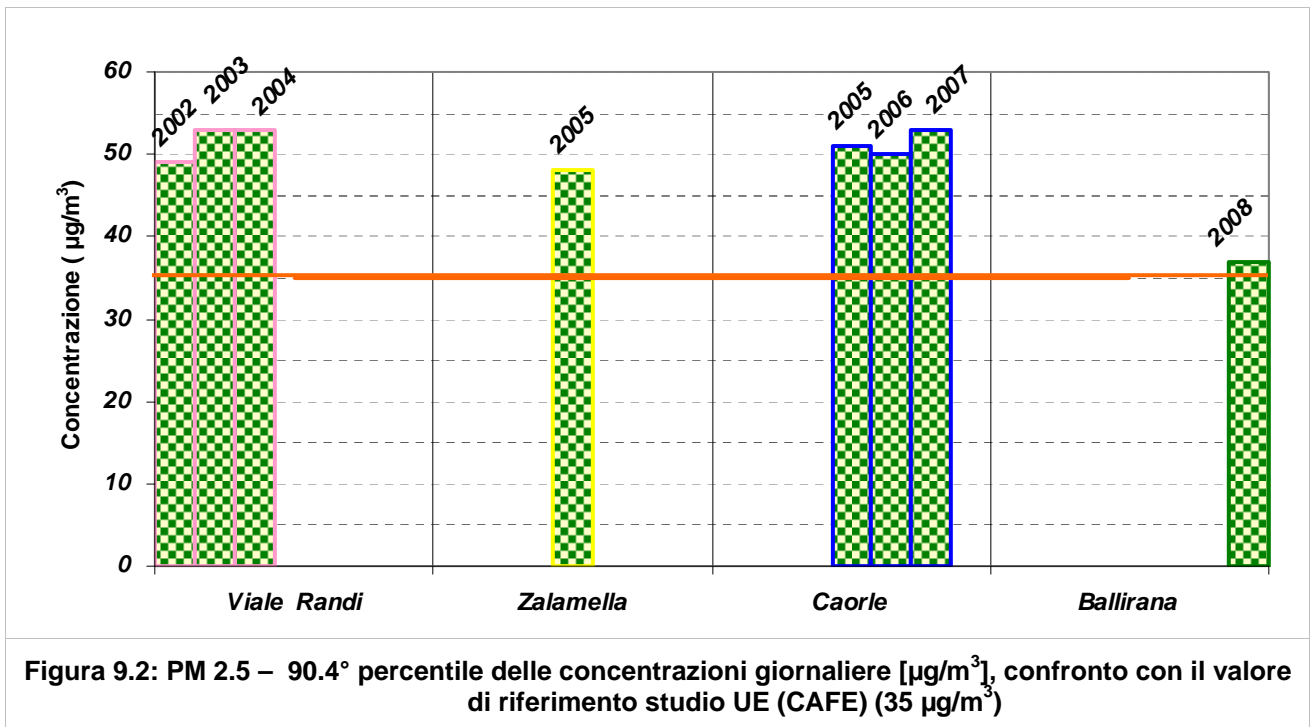
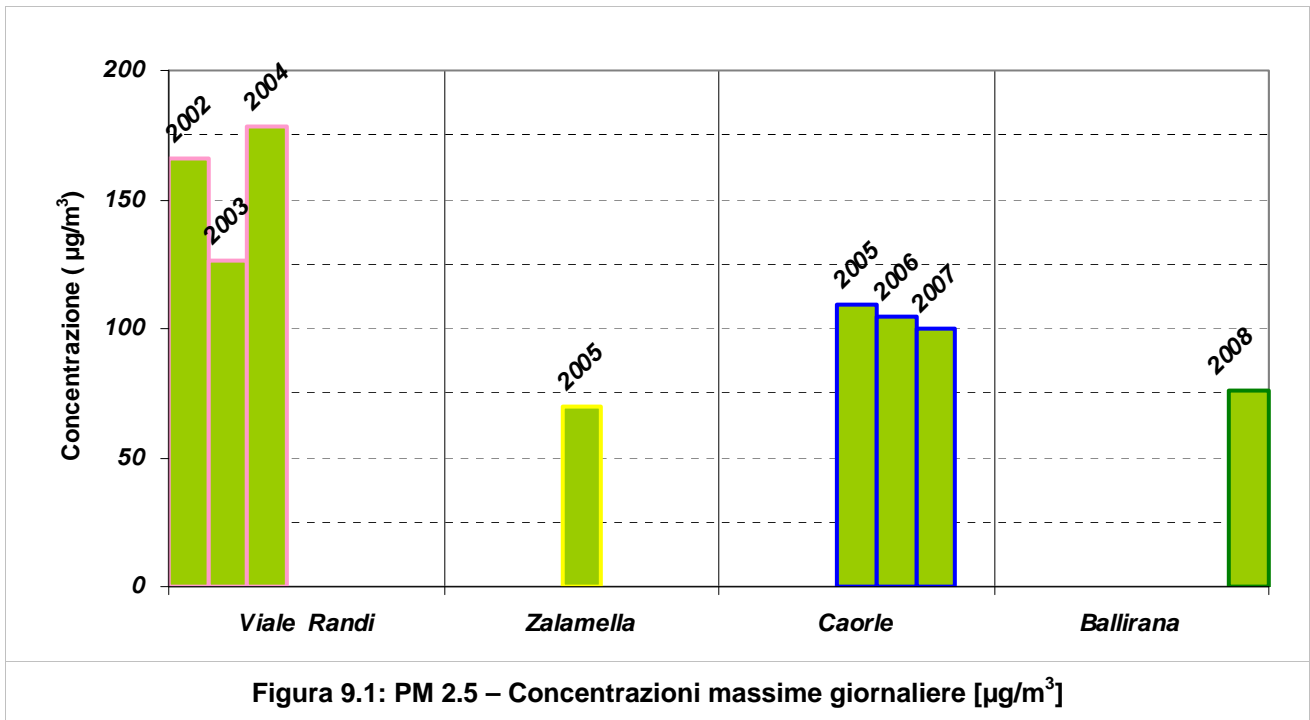
Tabella 9.2: Particolato PM 2.5 – Periodo di monitoraggio del particolato nelle diverse postazioni ed efficienza percentuale annuale di campionamento

GRAFICI E TABELLE

1997 - 2008

		Randi	Zalamella	Caorle	Ballirana
		Massimo (valore massimo giornaliero rilevato nell'anno) [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]			
1997 - 2008	2002	166			
	2003	126			
	2004	178			
	2005		70	109	
	2006			105	
	2007			100	
	2008				76
		90,4° percentile medie giornaliere [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]			
1997 - 2008	2002	49			
	2003	53			
	2004	53			
	2005		48	51	
	2006			50	
	2007			53	
	2008				37
		N° superamenti concentrazione giornaliera (giorni con concentrazione > 35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) [giorni]			
1997 - 2008	2002	61			
	2003	62			
	2004	68			
	2005		76	59	
	2006			63	
	2007			78	
	2008				15
		Media annuale [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]			
1997 - 2008	2002	28			
	2003	27			
	2004	27			
	2005		26	28	
	2006			25	
	2007			28	
	2008				20

Tabella 9.3: Concentrazioni di PM2.5 a livello provinciale – Anni 2002 - 2008



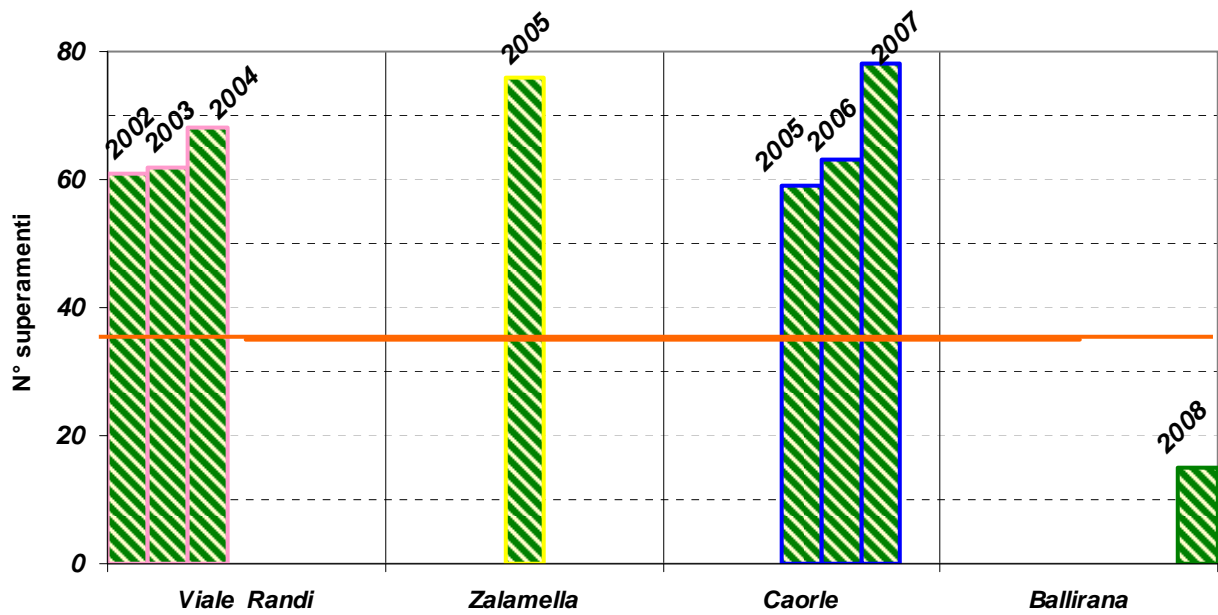


Figura 9.3: PM2.5 – Numero di superamenti della concentrazione media giornaliera di $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e confronto con il valore di riferimento studio UE (CAFE) (35 superamenti)

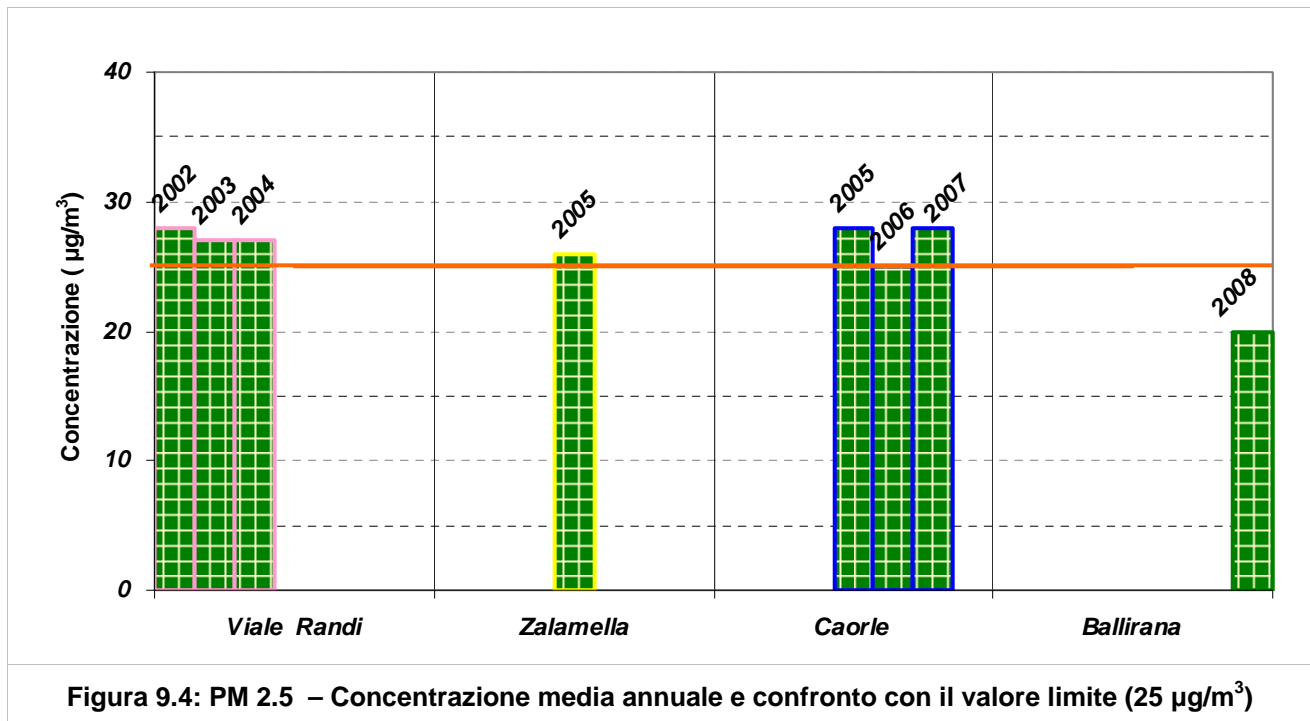
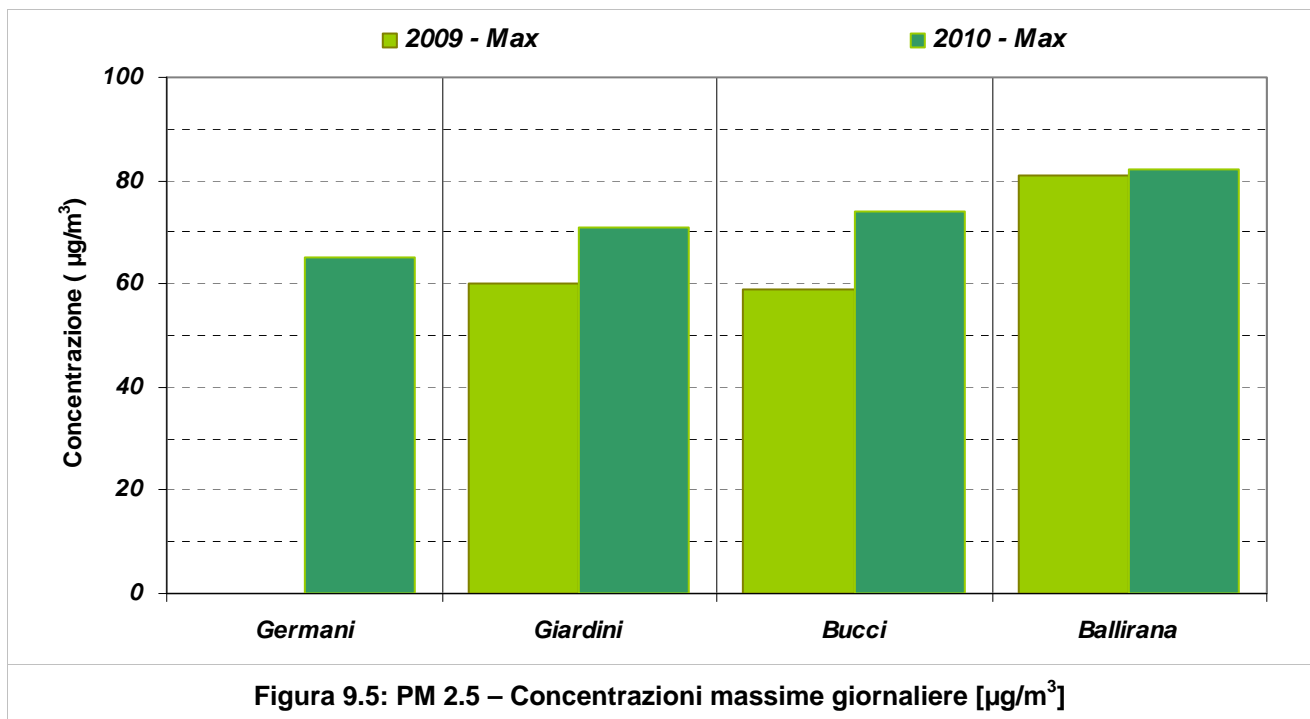


Figura 9.4: PM 2.5 – Concentrazione media annuale e confronto con il valore limite ($25 \mu\text{g}/\text{m}^3$)

2009 - 2010

		Germani	Giardini	Bucci	Ballirana
		Massimo (valore massimo giornaliero rilevato nell'anno) [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]			
2009 - 2010	2009	60	60	59	81
	2010	65	71	74	82
		90,4° percentile medie giornaliere [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]			
2009 - 2010	2009	30	30	27	39
	2010	42	36	40	43
		N° superamenti concentrazione giornaliera (giorni con concentrazione > 35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) [giorni]			
2009 - 2010	2009	15	15	14	42
	2010	17	37	45	70
		Media annuale [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]			
2009 - 2010	2009	17	17	16	20
	2010	30	18	20	24

Tabella 9.4: Concentrazioni di PM 2.5 a livello provinciale – Anni 2009 e 2010


 Figura 9.5: PM 2.5 – Concentrazioni massime giornaliere [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]

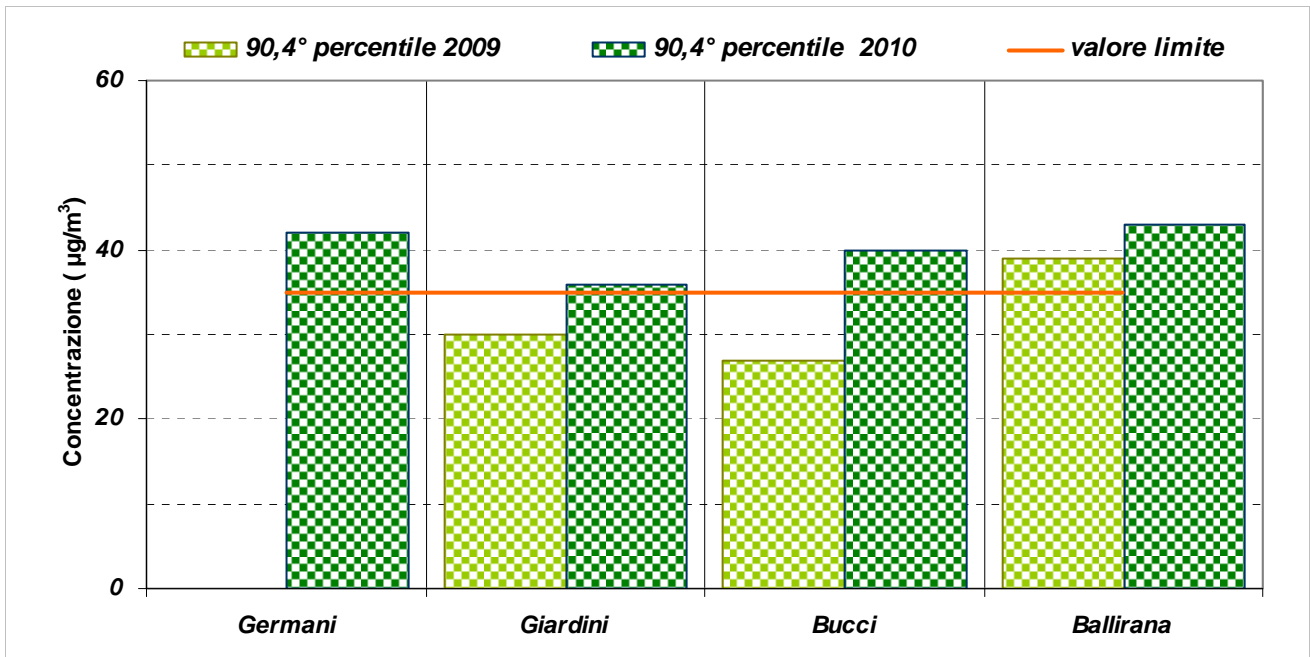


Figura 9.6: PM 2.5 – 90.4° percentile delle concentrazioni giornaliere [$\mu\text{g}/\text{m}^3$], confronto con il valore di riferimento studio UE (CAFE) ($35 \mu\text{g}/\text{m}^3$)

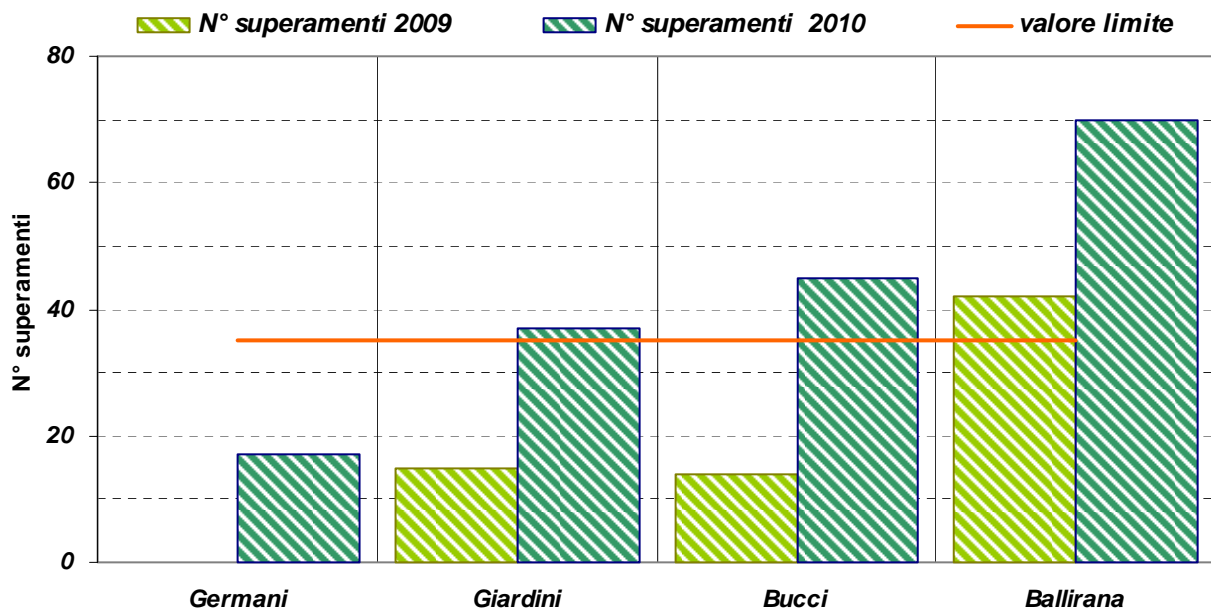
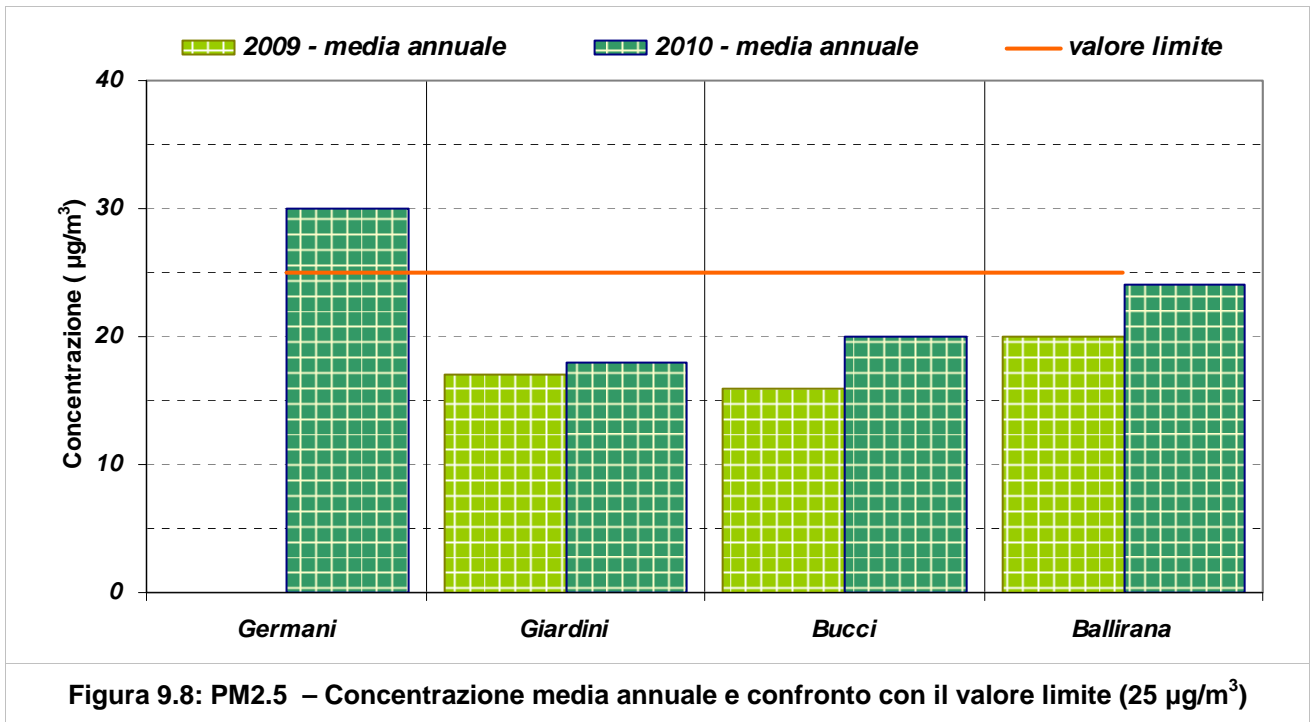


Figura 9.7: PM2.5 – Numero di superamenti della concentrazione media giornaliera di $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e confronto con il valore di riferimento studio UE (CAFE) (35 superamenti)



RAPPORTO PM 2.5 / PM 10

Relativamente ai dati delle concentrazioni di PM2.5 e PM10 rilevate nelle due stazioni (Giardini e Parco Bucci) in cui lo stesso strumento (FAI – DUALCHANNEL) misura contestualmente le due frazioni, sono stati calcolati i rapporti PM2.5/PM10 dei dati disponibili.

Le statistiche di sintesi dell'analisi di tale rapporto sono le seguenti:

<i>Rapporto PM2.5/PM10</i>	<i>N° dati</i>	<i>media</i>	<i>min</i>	<i>Max</i>	<i>Dev ST</i>
Giardini	601	0,66	0,25	1,57	0,14
Parco Bucci	566	0,70	0,25	1,25	0,12

Tabella 9.5: Statistiche del rapporto PM 2.5 / PM 10

La distribuzione del rapporto in classi di frequenza è riportato nelle Figure 9.9 e 9.10

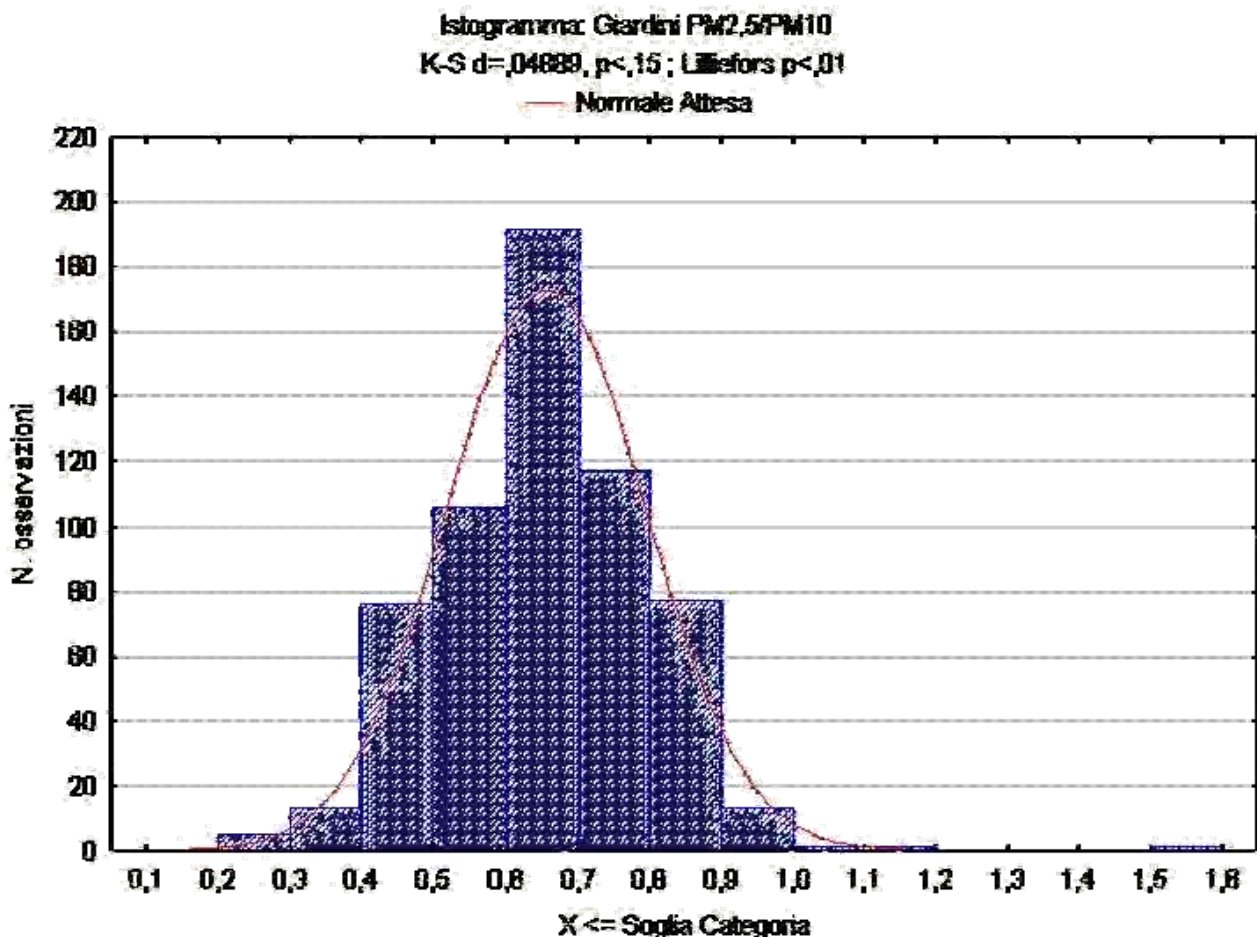


Figura 9.9: Distribuzione in frequenza del rapporto PM2.5 / PM10 relativo ai dati della stazione Giardini

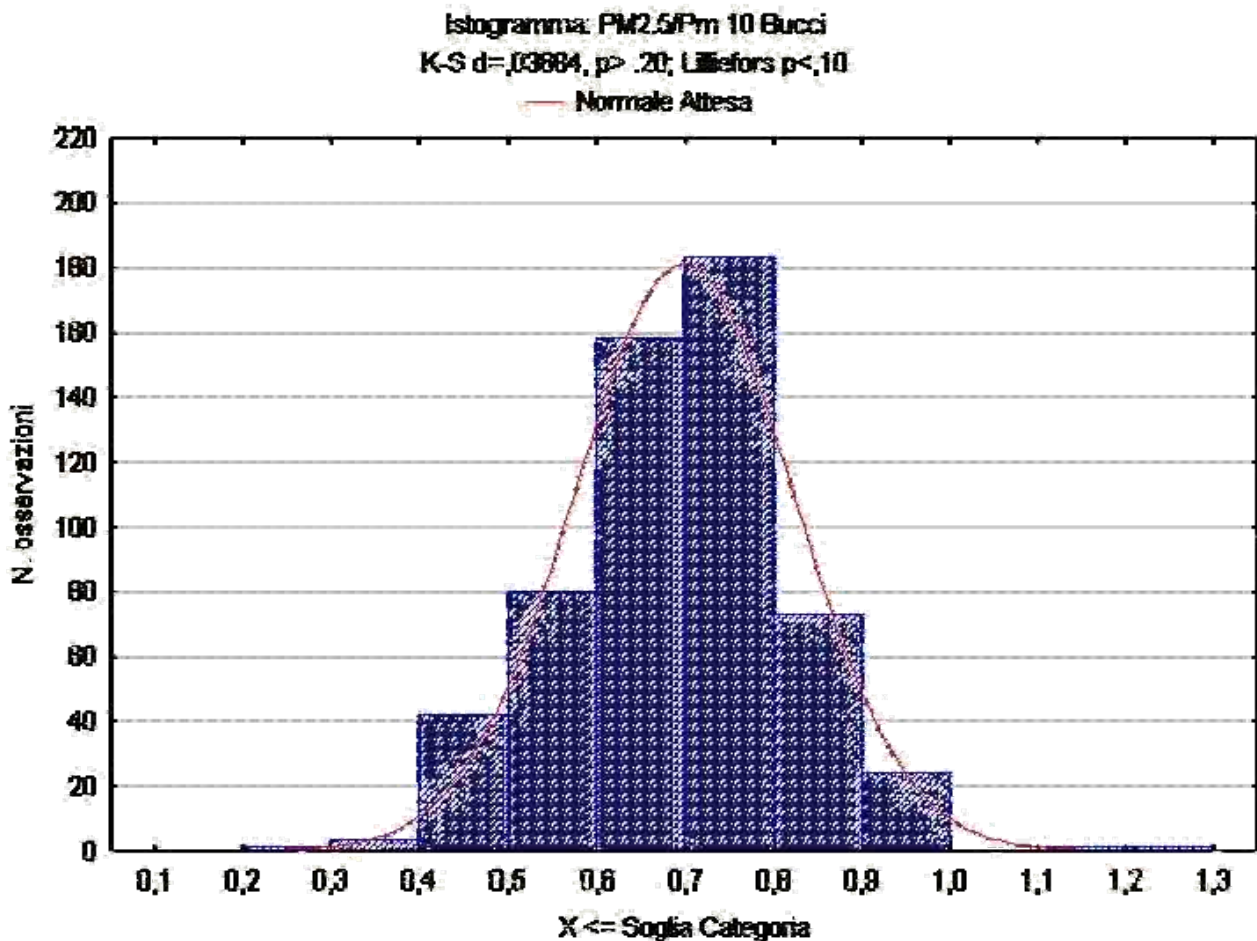


Figura 9.10: Distribuzione in frequenza del rapporto PM2.5 / PM10 relativo ai dati della stazione Parco Bucci

COMMENTO AI DATI

Il monitoraggio del PM2.5 è iniziato a Ravenna nel 2002 utilizzando un campionatore installato dapprima in viale Randi (Traffico / Fondo Urbano Residenziale), poi a Zalamella (Traffico Urbano), ed infine a Caorle (Fondo Urbano Residenziale) fino al 2007.

L'elaborazione dei dati raccolti dal 2002 al 2007 anni nelle diverse postazioni, ha evidenziato come il valore limite di breve periodo (media giornaliera) proposto dal gruppo di lavoro CAFE - pari a $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$ da non superare più di 35 volte in un anno - non sia mai stato rispettato.

Il numero di superamenti è piuttosto omogeneo e si attesta a poco meno del doppio del limite (Figura 9.3).

La situazione appare più critica se si considera il valore guida più restrittivo proposto dall'OMS: in questo caso circa il 25% dei dati misurati sono superiori a $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Per quanto riguarda le medie annuali (Figura 9.4), se confrontate con il limite del DL 155/2010, sono superiori al limite al massimo per il 12%.

Se si considerano i valori della media annuale più cautelativi proposti dal gruppo CAFE o dall'OMS, ovviamente la percentuale di superamento aumenta notevolmente.

Dal 2009 il PM2.5 viene monitorato con strumentazione in continuo in tre postazioni di fondo - una rurale (Ballirana) e due urbane (Giardini e Parco Bucci) - e dal 2010 anche in una stazione della rete privata (Germani). A parte Ballirana, dove lo strumento misura solo il PM2.5, nelle altre postazioni lo stesso strumento misura contestualmente anche il PM 10.

Nel biennio 2009-2010 le medie annuali sono risultate, nelle stazioni di fondo, inferiori al valore limite di $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Figura 9.8). Sono prossime al limite proposto dal gruppo CAFE, ma superano il valore guida dell'OMS. A Germani la media è superiore, ma lo strumento è stato installato a metà settembre, quindi la media si riferisce ad un periodo in cui le concentrazioni di questo inquinante tendono ad assumere i valori più elevati (autunno – inverno).

Il valore limite di breve periodo (media giornaliera) proposto dal gruppo di lavoro CAFE è sempre superato, mediamente del 40%.

In generale, le concentrazioni più elevate si riscontrano nella postazione di fondo rurale, dove il PM_{2.5} campionato è prevalentemente di origine secondaria.

Per le due postazioni di fondo urbano (Giardini e Parco Bucci) in cui viene monitorato anche il PM₁₀, è stato calcolato il rapporto PM_{2.5}/PM₁₀. I grafici di Figura 9.9 e Figura 9.10 evidenziano un profilo della distribuzione leggermente diverso nelle due postazioni, mentre simile è la percentuale di PM 2.5 misurato rispetto al PM 10 (65% - 70%).

SCHEDA INDICATORE 10:
Metalli presenti nella frazione PM 10 e PM 2.5 del materiale particolato

NOME DELL'INDICATORE	<i>Tenore totale di metalli presente nella frazione del materiale particolato</i>	DPSIR	S
UNITA'DIMISURA	<i>nanogrammi/metrocubo (ng/m³)</i>	FONTE	<i>Arpa-Sezione di Ravenna</i>
COPERTURA SPAZIALE DATI	<i>Provincia</i>	COPERTURA TEMPORALE DATI	<i>2001-2010</i>
AGGIORNAMENTO DATI	<i>Annuale</i>		
RIFERIMENTI NORMATIVI	<i>DLg.155/2010 - OMS</i>		
METODI DI ELABORAZIONE DATI	<i>Medie mensili, annuali</i>		

DESCRIZIONE DELL'INDICATORE

L'indicatore evidenzia la concentrazione in aria di metalli adsorbiti sul particolato (PM₁₀ / PM_{2.5}).

SCOPO DELL'INDICATORE

Valutare i livelli di concentrazione di alcuni metalli adsorbiti sul particolato considerando l'andamento medio annuale ed eventuali situazioni limite derivanti dai massimi rilevati su base mensile. I metalli ricercati sono:

Argento (Ag), Arsenico (As), Cadmio (Cd), Cromo (Cr), Nichel (Ni), Piombo (Pb), Vanadio (V).

METALLI - GENERALITÀ ED EFFETTI SULL'AMBIENTE E SULL'UOMO
Generalità

Con la denominazione "metalli pesanti" si raggruppano una serie di elementi metallici (circa 70, con densità > 5 g/cm³) che si ritrovano nel particolato atmosferico a seguito del loro adsorbimento o come parte integrante o inquinante del materiale aerodisperso. Le dimensioni delle particelle a cui sono associati e la loro composizione chimica dipende fortemente dalla tipologia della sorgente di emissione.

I metalli rilevanti da un punto di vista ambientale sono solo una ventina, tra i più importanti: argento (Ag), cadmio (Cd), cromo (Cr), cobalto (Co), rame (Cu), ferro (Fe), mercurio (Hg), manganese (Mn), piombo (Pb), molibdeno (Mo), nichel (Ni), stagno (Sn), zinco (Zn).

Tra i metalli che sono stati oggetto di monitoraggio, quelli a maggior rilevanza sotto il profilo tossicologico sono il nichel, il cadmio ed il piombo. I composti del nichel e del cadmio sono classificati dall'Agenzia per la ricerca sul cancro come cancerogeni per l'uomo. Per il piombo è

stato evidenziato un ampio spettro di effetti tossici, in quanto tale sostanza interferisce con numerosi sistemi enzimatici.

Le fonti antropiche responsabili dell'incremento della quantità naturale di metalli sono principalmente l'attività mineraria, le fonderie e le raffinerie, la produzione energetica, l'incenerimento dei rifiuti e l'attività agricola. I metalli pesanti sono presenti in atmosfera principalmente adsorbiti al particolato.

Il piombo, elemento in traccia altamente tossico, è oggetto di attenzione particolare anche da parte della normativa. La principale fonte di questo inquinante era costituita dagli scarichi dei veicoli alimentati con benzina super (il piombo tetraetile veniva usato come additivo antidetonante). Con il definitivo abbandono della benzina "rossa", i livelli di piombo nell'aria urbana sono diminuiti in modo significativo. Le altre fonti antropiche sono la combustione del carbone e dell'olio combustibile, i processi di estrazione e lavorazione dei minerali che contengono piombo, le fonderie, le industrie ceramiche e gli inceneritori di rifiuti.

Reazioni caratteristiche a livello atmosferico

Generalmente i metalli vengono considerati come facenti parte del particolato e non sono riportate particolari reazioni a livello atmosferico: se presenti allo stato metallico hanno bisogno di una "attivazione" oppure, in presenza di altre molecole, possono funzionare da catalizzatori per la produzione di composti nocivi.

Effetti sull'ambiente e sull'uomo

Gli effetti sulla salute dell'uomo sono diversi a seconda del tipo di metallo considerato. Nella tabella che segue per alcuni metalli sono indicate le fonti principali e gli effetti sulla salute.

Metallo	Fonte Principale	Effetto
Nichel	nafta, olii, acciaio, leghe	cancro polmonare
Boro ⁽¹⁾	carbone, vetrerie, ceramiche	non tossico se non sotto forma di borani
Arsenico ⁽¹⁾	carbone, petrolio	può causare cancro
Mercurio	carbone, pile	danno sistema nervoso, a volte morte
Cadmio	carbone, lavorazione zinco	sospetto malattie cardiovascolari, ipertensione
Piombo	Benzina super	danni al cervello, convulsioni

⁽¹⁾Boro e l'Arsenico appartengono alla serie dei metalloidi

In particolare il piombo viene assorbito attraverso l'epitelio polmonare, entra nel circolo sanguigno e si distribuisce in quantità decrescenti nelle ossa, nel fegato, nei reni, nei muscoli e nel cervello. L'intossicazione acuta è rara e si verifica solo in seguito all'ingestione o all'inalazione di notevoli quantità di Pb. Tutti gli organi costituiscono potenziali bersagli e gli effetti sono estremamente vari (anemia, danni al sistema nervoso centrale e periferico, ai reni, al sistema riproduttivo, cardiovascolare, epatico, endocrino, gastro-intestinale e immunitario). I gruppi maggiormente a rischio sono costituiti dai bambini e dalle donne in gravidanza. Il livello di piombo nel sangue è l'indicatore più attendibile delle esposizioni ambientali a questo inquinante e le linee guida dell'OMS propongono un valore critico pari ad una concentrazione di 100 µg/l.

LIVELLI FISSATI DAL DLVO 155/2010 E VALORI GUIDA OMS

Il DLvo 155/2010 prevede un valore limite (espresso come media annuale) per il piombo, mentre per Arsenico, cadmio e nichel prevede dei valori obiettivo, cioè livelli fissati al fine di evitare, prevenire o ridurre effetti nocivi per la salute umana o per l'ambiente nel suo complesso, da conseguire, ove possibile, entro una data prestabilita (31/12/2012):

Piombo	Periodo di mediazione	Valore limite
Valore limite	Anno civile	0.5 µg/m ³ (500 ng/m ³)

Inquinante	Periodo di mediazione	Valore limite
Arsenico (As)	Il valore obiettivo è riferito al tenore totale di ciascun inquinante presente nella frazione PM10 del materiale particolato, calcolato come media su un anno civile	6.0 ng/m ³
Cadmio (Cd)		5.0 ng/m ³
Nichel (Ni)		20.0 ng/m ³

I VALORI GUIDA PREVISTI DALL'OMS

Inquinante	Concentrazione media in aria (µg/m ³)	Valore guida µg/m ³	Tempo di mediazione	Indice di rischio ⁽¹⁾
Piombo		0.5	Media in un anno	
Vanadio	0.05 – 0.2	1	24 ore	
Cadmio	(0.1 – 20) * 10 ⁻³	5 * 10 ⁻³	Media in un anno	
Arsenico (IARC 1)	(1 – 30) * 10 ⁻³	--	--	1.5 * 10 ⁻³
Nichel (IARC 1)	1 -180	--	--	3.8 * 10 ⁻⁴
Cromo VI ⁽²⁾ (IARC 1)	(5 – 200) * 10 ⁻³	--	--	4 * 10 ⁻²
Argento	< 10 ⁻³	non indicato		

(1) **Indice di rischio** = rischio di insorgenza di cancro per l'esposizione di una intera vita ad una concentrazione di 1 µg/m³ dell'inquinante considerato.

(2) Il cromo misurato nel particolato della rete di Ravenna è il **Cromo totale**. In bibliografia viene stimato che il cromo esavalente (Cr (VI)) costituisca il 3 – 8% del Cr totale aerodisperso (Government of Canada, 1994)

MONITORAGGIO DELL'INQUINANTE IN PROVINCIA DI RAVENNA

I metalli vengono ricercati sul particolato raccolto dagli strumenti della rete di rilevamento della qualità dell'aria in modo sistematico a partire dal 2001.

STAZIONE E TIPOLOGIA

STAZIONE	PM MISURATO		TIPOLOGIA	
Ballirana	PM2.5	--	Fondo rurale	<i>FRu</i>
Caorle	--	PM10	Fondo Urbano Residenziale	<i>FU_Res</i>
Ceramiche	--	PM10	Traffico Urbano	<i>TU</i>
Cotignola	--	PM10	Industriale / Sub Urbano	<i>Ind_SubU</i>
Delta Cervia	--	PM10	Fondo subUrbano	<i>F_SubU</i>
Giardini	PM2.5	PM10	Fondo Urbano	<i>FU</i>
Marconi	--	PM10	Traffico Urbano	<i>TU</i>
Parco Bucci	PM2.5	PM10	Fondo Urbano	<i>FU</i>
Rocca Brancaleone	--	PM10	Traffico / Fondo Urbano Residenziale	<i>T_FU_Res</i>
SAPIR	--	PM10	Industriale	<i>Ind</i>
Zalamella	--	PM10	Traffico Urbano	<i>TU</i>

Tabella 10.1: Stazioni della RRQA in cui è stato determinato il tenore di metalli e frazione di particolato a cui è riferito

PERIODO DI MONITORAGGIO NELLE DIVERSE POSTAZIONI

		Ceramiche	Cotignola	Randi	Marconi	Rocca	Caorle	Zalamella	SAPIR	Giardini	Bucci	Cervia	Giardini PM 2.5	Bucci PM 2.5	Ballirana PM 2.5
1997 - 2008	2001	X	X	X			X	X	X						
	2002	X	X	X			X	X	X						
	2003	X	X	X			X	X	X						
	2004	X	X	X			X	X	X						
	2005	X	X			X	X	X	X						
	2006	X	X		X	X	X	X	X						
	2007		X		X	X	X	X	X						
	2008		X		X	X	X	X	X						
2009 - 2010	2009				X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	2010				X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

Legenda:

X efficienza % campionamento particolato > 75%

X efficienza % campionamento particolato < 75%


 Campionamento particolato non effettuato

Tabella 10.2: Metalli – Periodo in cui è stato determinato il tenore di metalli adsorbiti al particolato nelle diverse postazioni

GRAFICI E TABELLE

1997 - 2008

Piombo (Pb)

		Ceramiche	Cotignola	Randi	Marconi	Rocca	Caorle	Zalamella	SAPIR
1997 - 2008	2001	110	42	100			56	109	63
	2002	70	26	55			34	44	27
	2003	40	66	127			31	37	32
	2004	31	25	14			21	22	27
	2005	18	17			24	13	23	93
	2006	18	17		38	18	17	54	98
	2007		30		21	13	19	40	16
	2008		18		24	14	13	24	23

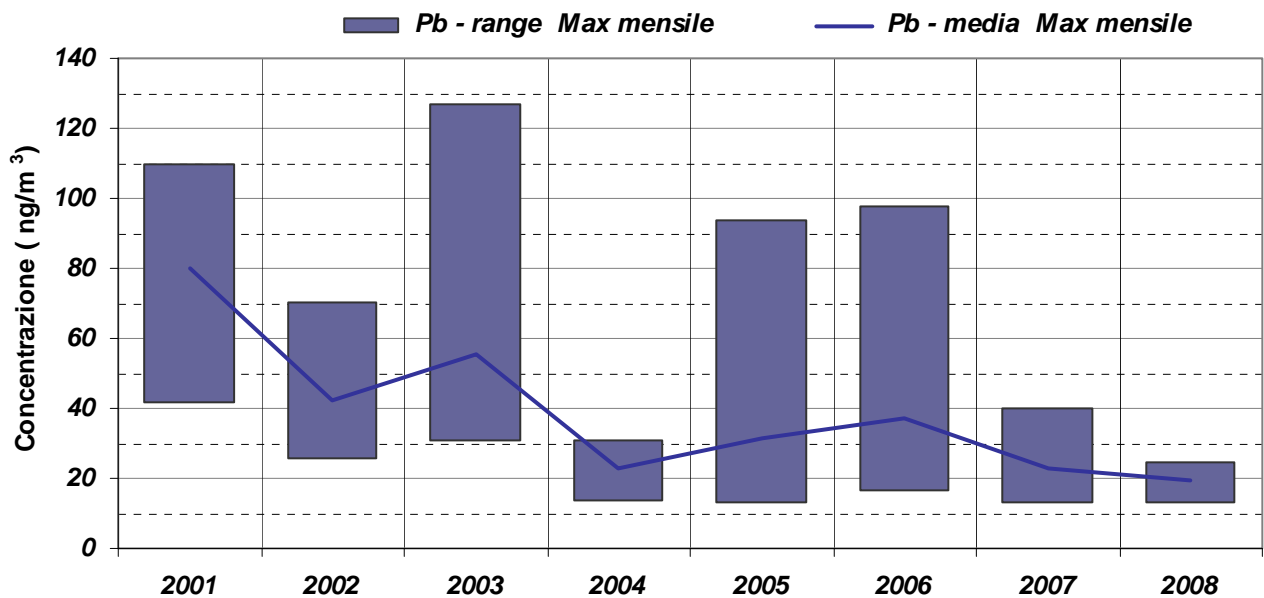
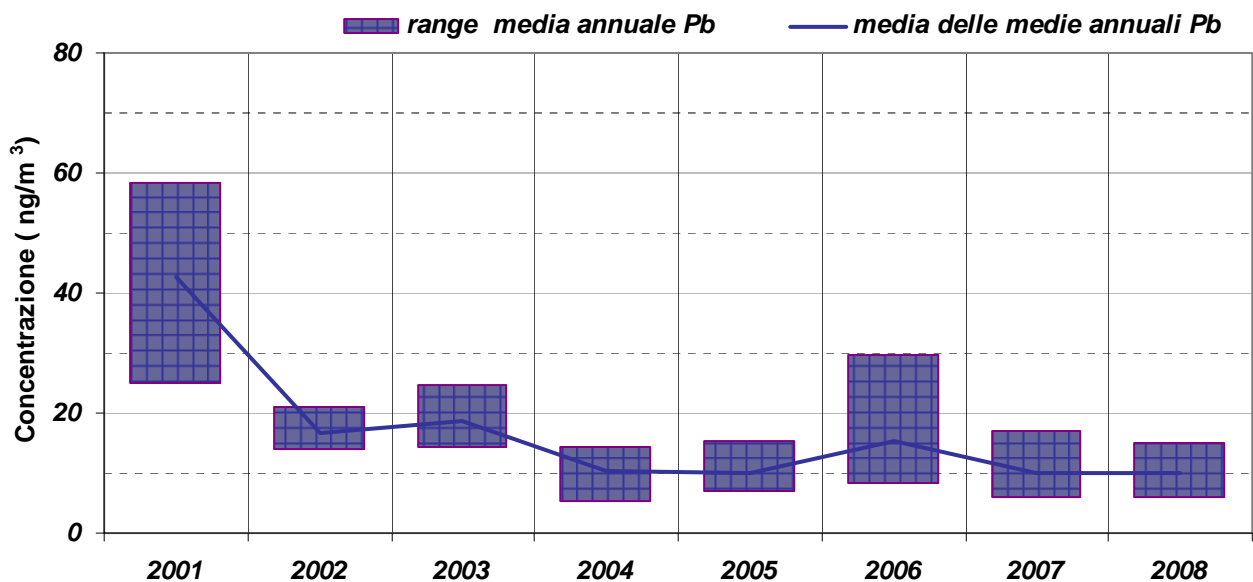
 Tabella 10.3: Concentrazioni massime mensili di Piombo nel particolato PM10 [ng/m³]


Figura 10.1: Piombo – Range valori massimi mensili e confrontato con il valore medio nell'anno delle massime mensili

		Ceramiche	Cotignola	Randi	Marconi	Rocca	Caorle	Zalamella	SAPIR
1997 - 2008	2001	47	25	55			31	58	40
	2002	21	16	20			14	15	14
	2003	19	19	25			14	20	15
	2004	14	11	5			7	11	13
	2005	9	8			10	7	10	15
	2006	12	8		30	10	9	15	24
	2007		9		11	6	7	17	10
	2008		8		12	7	6	11	15

 Tabella 10.4: Concentrazioni medie annuali di Piombo nel particolato PM10 [ng/m³].

 Figura 10.2: Piombo – Range valori medi annuali (valore limite 500 ng/m³) ed andamento del valore medio nell'anno delle medie annuali

Cadmio (Cd)

		Ceramiche	Cotignola	Randi	Marconi	Rocca	Caorle	Zalamella	SAPIR
1997 - 2008	2001	3,1	1,4	3,3			5,6	2,2	6,2
	2002	3,1	4,2	4,6			3,4	5,0	1,7
	2003	1,1	1,2	2,3			4,3	4,7	1,5
	2004	1,3	2,9	15,5			14,8	12,7	19,5
	2005	1,8	1,1			8,2	18,2	17,4	3,1
	2006	3,7	2,5		1,8	21,7	14,3	8,0	10,6
	2007		2,3		2,2	9,1	8,8	10,5	7,4
	2008		1,5		2,1	25,2	19,1	23,7	14,3

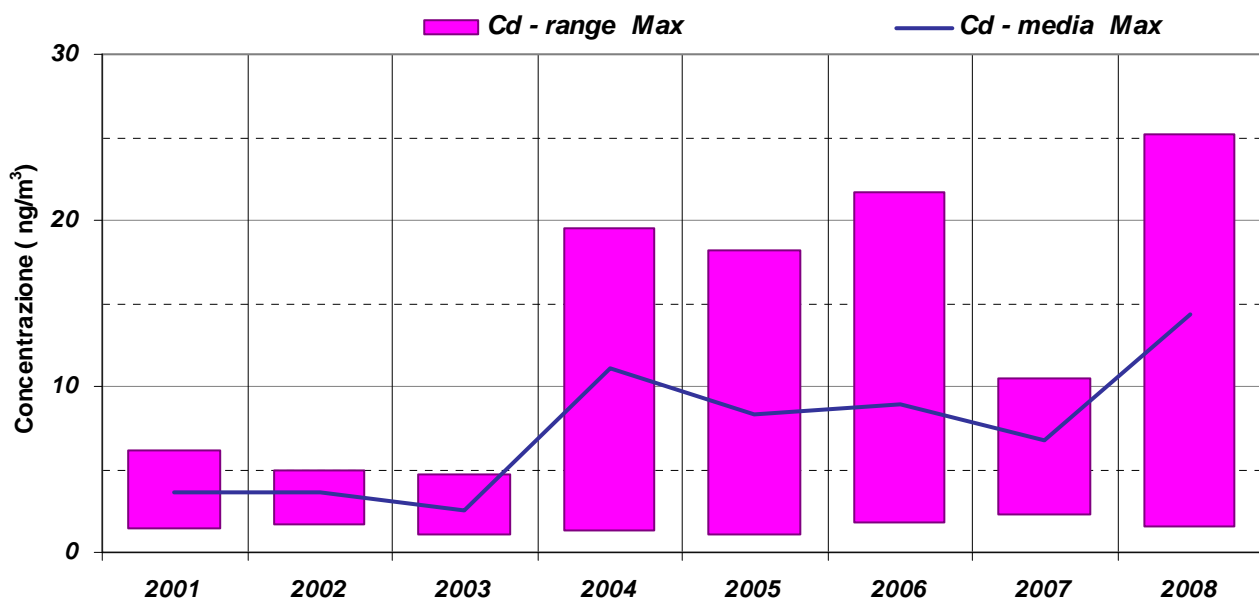
 Tabella 10.5: Concentrazioni massime mensili di Cadmio nel particolato PM10 [ng/m³]


Figura 10.3: Cadmio – Range valori massimi mensili e confrontato con il valore medio nell'anno delle massime mensili

		Ceramiche	Cotignola	Randi	Marconi	Rocca	Caorle	Zalamella	SAPIR
1997 - 2008	2001	0,6	0,9	0,7			1,4	0,8	1,1
	2002	0,8	1,3	1,4			1,1	2,2	0,8
	2003	0,6	0,7	0,6			1,2	1,0	0,6
	2004	0,5	0,9	2,9			3,6	2,9	2,9
	2005	0,5	0,4			1,6	2,3	3,0	0,9
	2006	1,6	0,9		1,8	5,8	3,5	4,7	3,2
	2007		1,1		1,2	2,5	2,4	5,1	2,6
	2008		0,4		0,9	3,5	2,7	0,0	3,3

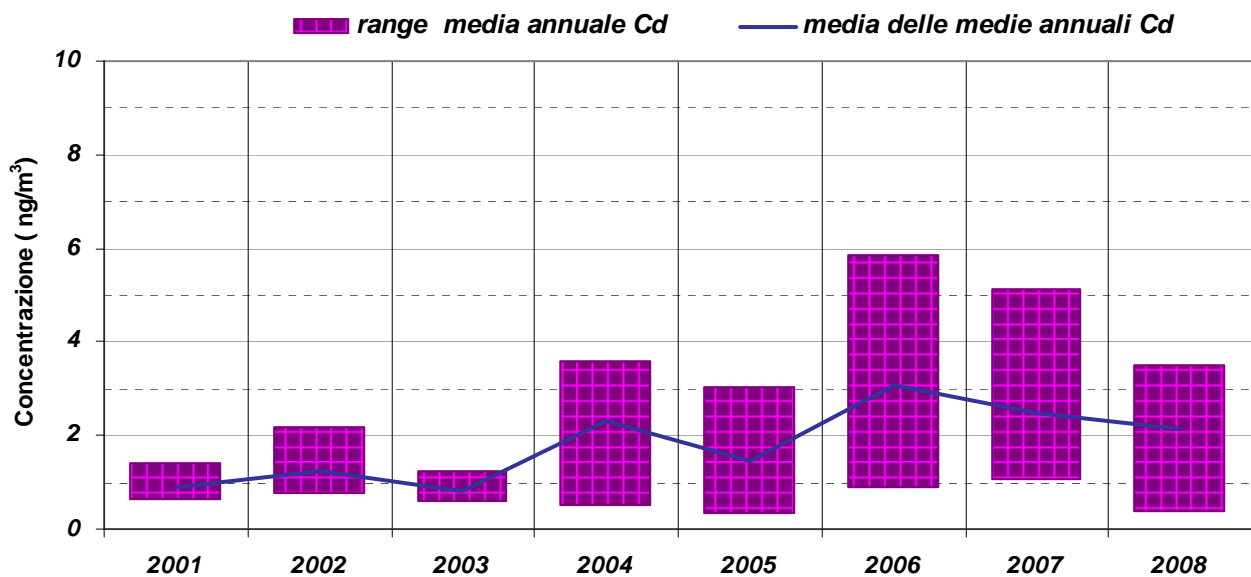
 Tabella 10.6: Concentrazioni medie annuali di Cadmio nel particolato PM10 [ng/m³].


Figura 10.4: Cadmio – Range valori medi annuali e confronto con il valore medio nell'anno delle medie annuali

Cromo (Cr)

		Ceramiche	Cotignola	Randi	Marconi	Rocca	Caorle	Zalamella	SAPIR
1997 - 2008	2001	15,2	6,7	24,5			19,2	89,1	14,6
	2002	32,3	13,8	53,8			23,4	12,4	12,4
	2003	12,2	5,6	10,3			29,4	12,9	11,2
	2004	6,8	6,7	2,8			5,4	5,9	10,0
	2005	3,5	3,8			6,1	3,2	6,5	5,0
	2006	15,9	6,8		7,9	2,8	3,4	5,3	9,4
	2007		7,7		10,6	15,5	3,9	33,2	15,5
	2008		3,5		11,0	10,2	6,5	26,3	18,7

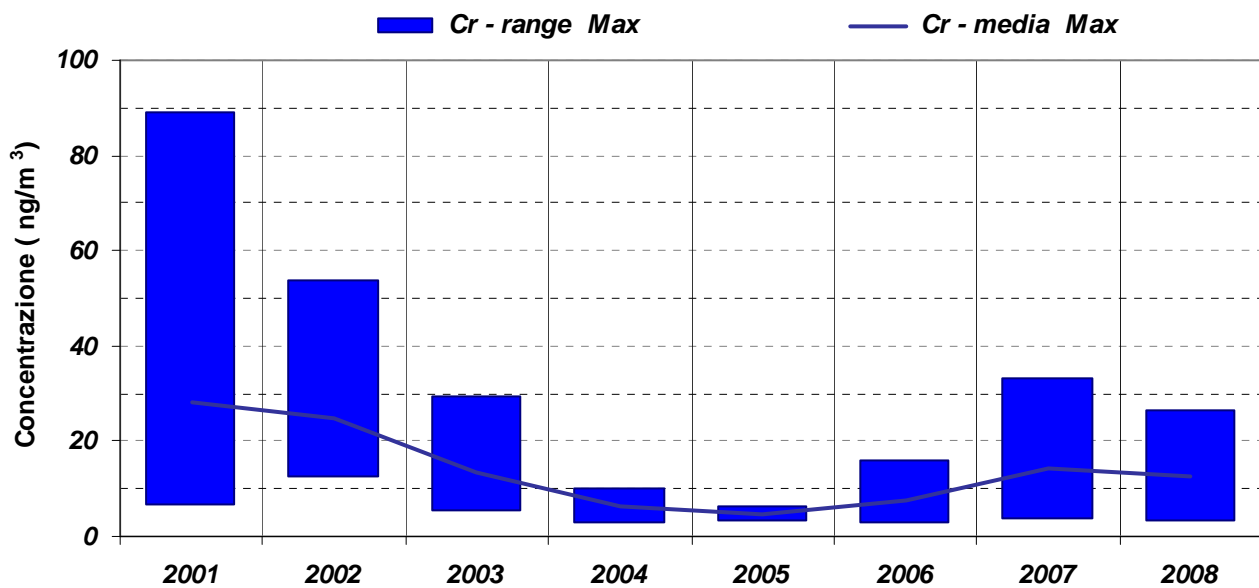
 Tabella 10.7: Concentrazioni massime mensili di Cromo nel particolato PM10 [ng/m³]


Figura 10.5: Cromo – Range valori massimi mensili e confrontato con il valore medio nell'anno delle massime mensili

		Ceramiche	Cotignola	Randi	Marconi	Rocca	Caorle	Zalamella	SAPIR
1997 - 2008	2001	7,2	3,8	8,0			8,4	19,2	7,2
	2002	11,5	5,0	10,8			10,2	4,5	8,2
	2003	6,9	3,7	5,7			7,9	4,7	5,8
	2004	3,4	3,7	1,7			2,8	2,7	5,3
	2005	1,5	1,4			2,5	0,7	3,1	1,8
	2006	4,2	2,5		6,6	1,2	1,2	1,8	3,8
	2007		3,8		4,6	2,6	1,6	7,7	6,6
	2008		2,3		4,8	1,7	2,6	6,1	8,0

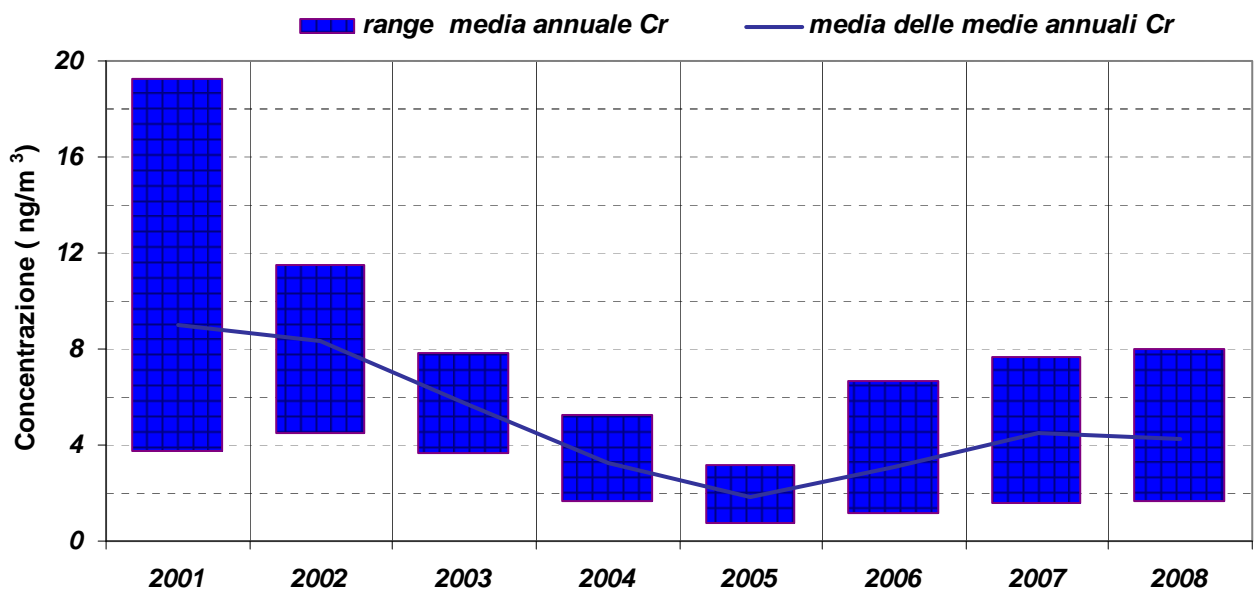
 Tabella 10.8: Concentrazioni medie annuali di Cromo nel particolato PM10 [ng/m³].


Figura 10.6: Cromo – Range valori medi annuali e confronto con il valore medio nell'anno delle medie annuali

Nichel (Ni)

		Ceramiche	Cotignola	Randi	Marconi	Rocca	Caorle	Zalamella	SAPIR
1997 - 2008	2001	14,7	9,5	8,7			25,8	18,0	12,2
	2002	12,5	8,6	18,3			9,1	8,8	8,8
	2003	12,6	6,0	7,9			56,7	16,6	9,3
	2004	6,8	4,6	4,0			5,3	6,8	6,8
	2005	5,5	34,5			4,9	3,7	9,5	4,9
	2006	5,1	5,1		4,8	4,6	3,7	3,4	5,6
	2007		4,5		5,5	7,4	3,9	3,8	7,4
	2008		3,5		8,0	3,1	4,1	8,0	6,6

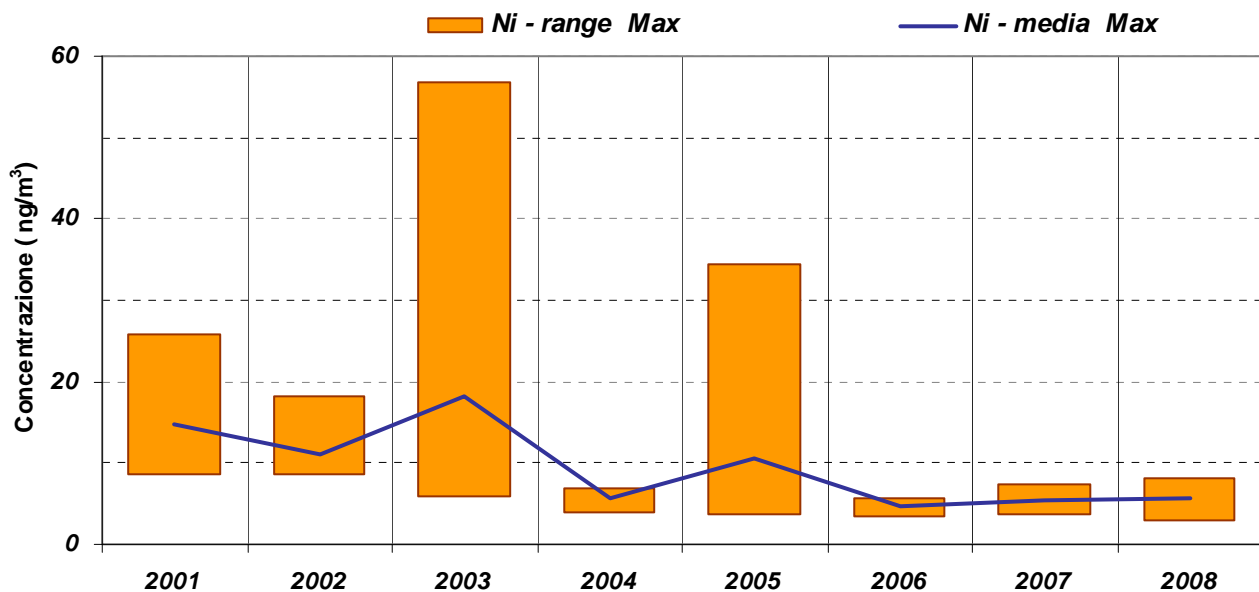
 Tabella 10.9: Concentrazioni massime mensili di Nichel nel particolato PM10 [ng/m³]


Figura 10.7: Nichel – Range valori massimi mensili e confrontato con il valore medio nell'anno delle massime mensili

		Ceramiche							
		Cotignola	Randi	Marconi	Rocca	Caorle	Zalamella	SAPIR	
1997 - 2008	2001	5,6	4,7	5,0			7,5	9,6	5,9
	2002	5,3	4,5	7,6			4,1	4,6	5,0
	2003	5,5	3,7	3,5			8,8	4,9	4,3
	2004	2,8	3,0	2,6			2,3	4,2	4,5
	2005	2,0	4,2			2,5	1,6	3,4	2,2
	2006	2,6	2,6		3,9	1,9	2,0	1,4	2,8
	2007		1,9		2,3	2,3	1,8	2,4	4,8
	2008		2,6		5,5	2,1	2,8	5,5	4,5

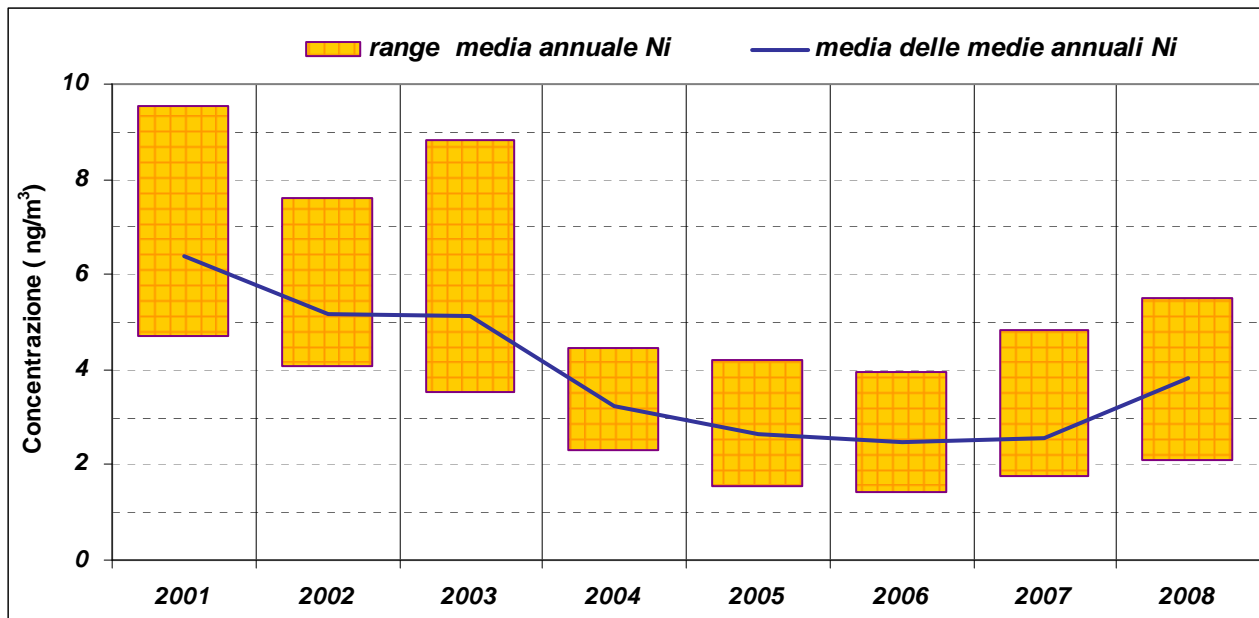
 Tabella 10.10: Concentrazioni medie annuali di Nichel nel particolato PM10 [ng/m³].


Figura 10.8: Nichel – Range valori medi annuali e confronto con il valore medio nell'anno delle medie annuali

Vanadio (V)

		Ceramiche	Cotignola	Randi	Marconi	Rocca	Caorle	Zalamella	SAPIR
1997 - 2008	2001	43,8	7,4	11,1			16,2	31,6	14,7
	2002	7,0	16,5	12,0			35,0	7,6	13,1
	2003	8,1	5,8	10,8			8,9	11,4	12,1
	2004	5,7	4,1	7,0			4,9	4,0	9,6
	2005	5,8	4,0			8,5	5,7	8,6	7,3
	2006	3,7	4,1		3,0	7,0	4,4	4,1	6,7
	2007		3,7		4,0	8,1	5,2	3,1	10,3
	2008		3,6		3,4	3,9	4,1	5,4	10,1

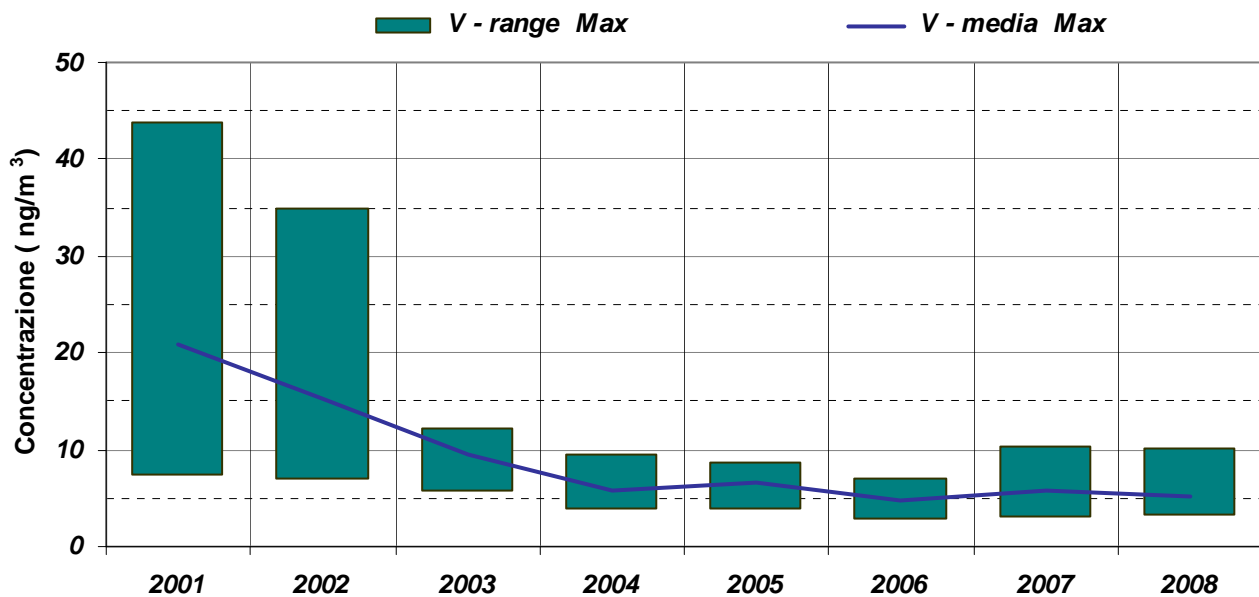
 Tabella 10.11: Concentrazioni massime mensili di Vanadio nel particolato PM10 [ng/m³]


Figura 10.9: Vanadio – Range valori massimi mensili e confrontato con il valore medio nell'anno delle massime mensili

		Ceramiche	Cotignola	Randi	Marconi	Rocca	Caorle	Zalamella	SAPIR
1997 - 2008	2001	9,9	5,2	7,1			8,2	9,5	8,7
	2002	4,3	5,7	7,6			7,5	3,9	7,4
	2003	4,9	4,2	7,1			5,5	4,9	6,6
	2004	3,0	2,4	3,8			2,8	2,3	5,9
	2005	2,7	2,5			3,5	2,7	3,4	4,8
	2006	2,8	2,7		2,8	3,1	3,0	2,4	4,9
	2007		2,2		2,4	2,8	2,5	1,9	6,1
	2008		2,0		2,3	2,7	2,8	3,7	8,1

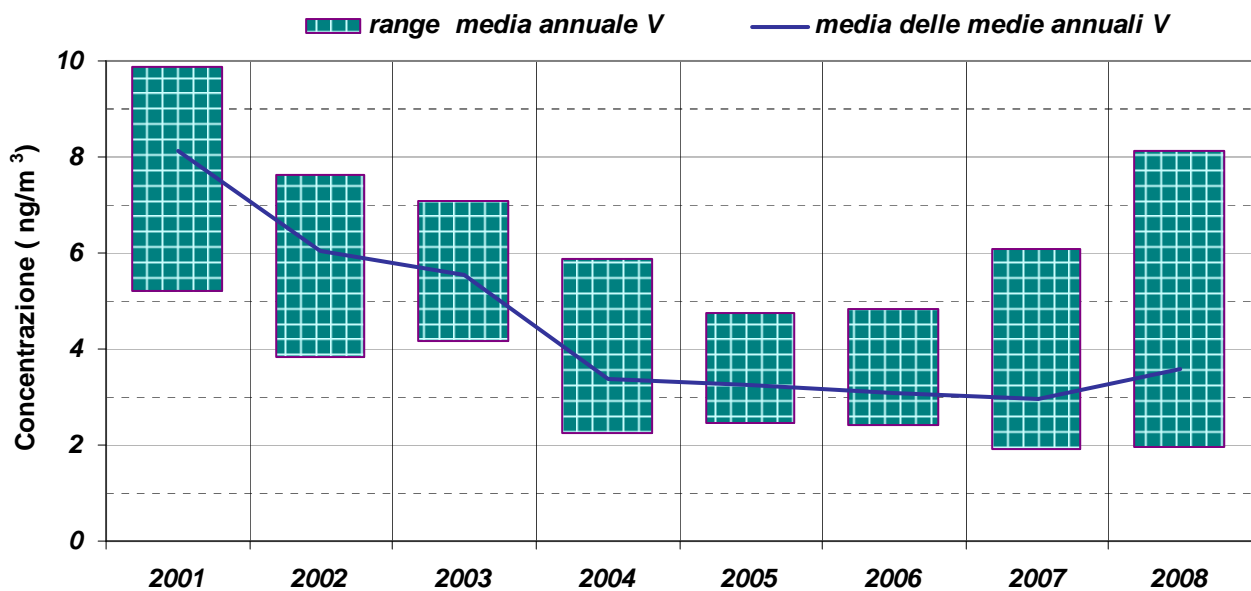
 Tabella 10.12: Concentrazioni medie annuali di Vanadio nel particolato PM10 [ng/m³].


Figura 10.10: Vanadio – Range valori medi annuali e confronto con il valore medio nell'anno delle medie annuali

2009 – 2010 - METALLI IN PM10

Piombo (Pb) PM 10		Marconi	Zalamella	Rocca	Caorle	Giardini	Bucci	Delta Cervia	SAPIR	
		Valore massimo mensile rilevato nell'anno [ng/m³]								
2009-2010	2009	20	23	18	18	20	15	23	27	
	2010	35	43	19	57	37	48	32	49	
		Media annuale [ng/m³]								
2009-2010	2009	11	12	8	8	9	9	10	15	
	2010	9	11	8	12	8	10	9	13	

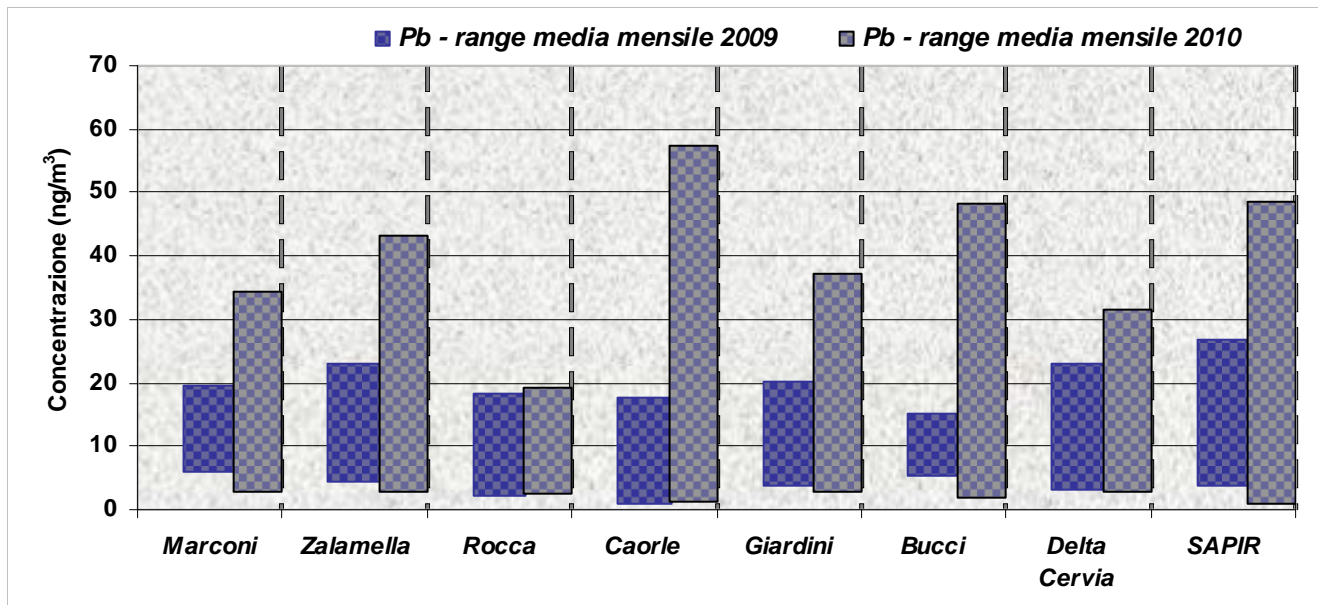
 Tabella 10.13: Concentrazioni massime mensili e medie annuali di Piombo nel particolato PM 10 [ng/m³] – Anni 2009 e 2010


Figura 10.11 : Piombo - Range concentrazioni massime mensili nelle stazioni

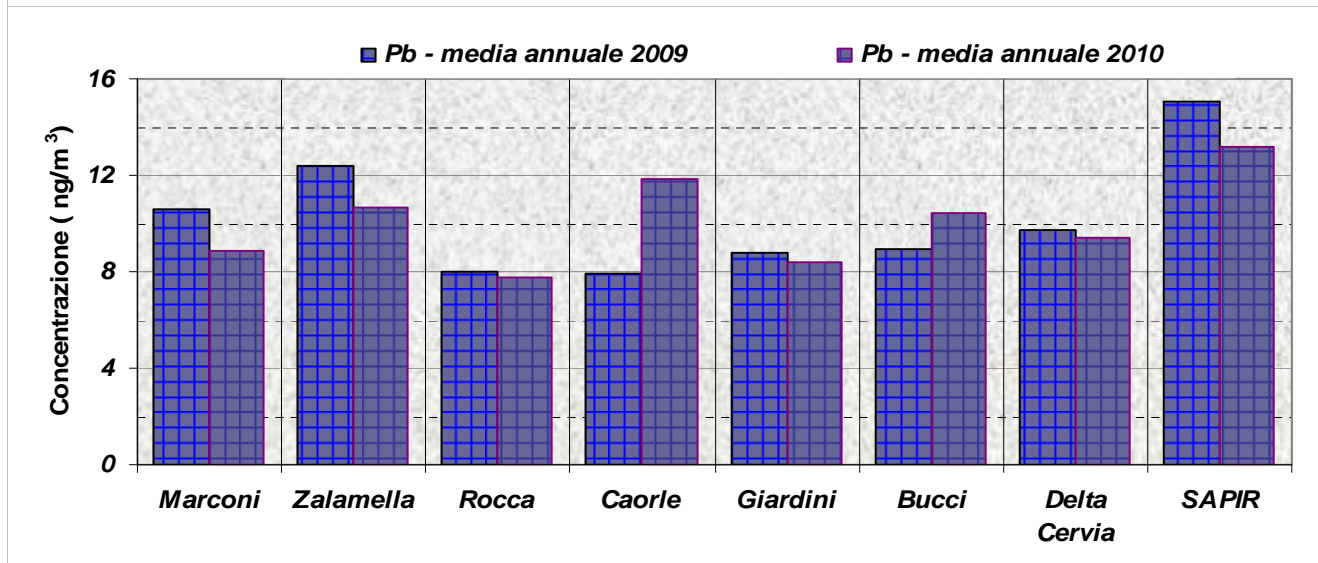


Figura 10.12: Piombo – Concentrazioni medie annuali

Cadmio (Cd) PM 10		Marconi	Zalamella	Rocca	Caorle	Giardini	Bucci	Delta Cervia	SAPIR
		Valore massimo mensile rilevato nell'anno [ng/m³]							
2009-2010	2009	3,4	11,2	7,3	4,0	8,2	6,6	2,3	5,9
	2010	1,5	18,8	10,0	4,8	13,2	4,3	2,2	5,1
		Media annuale [ng/m³]							
2009-2010	2009	1,0	5,8	2,0	1,5	5,6	3,2	0,6	3,1
	2010	0,4	2,4	2,0	1,0	1,8	0,6	0,5	1,4

Tabella 10.14: Concentrazioni massime mensili e medie annuali di Cadmio nel particolato PM 10 [ng/m³] – Anni 2009 e 2010

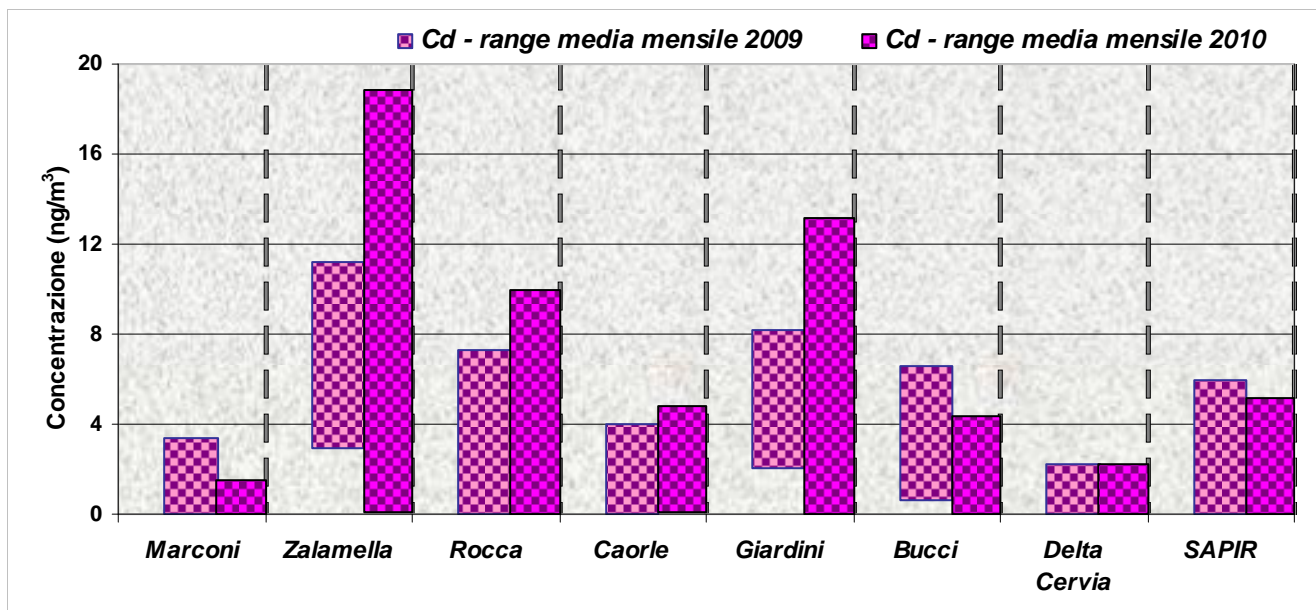


Figura 10.13: Cadmio - Range concentrazioni massime mensili nelle stazioni

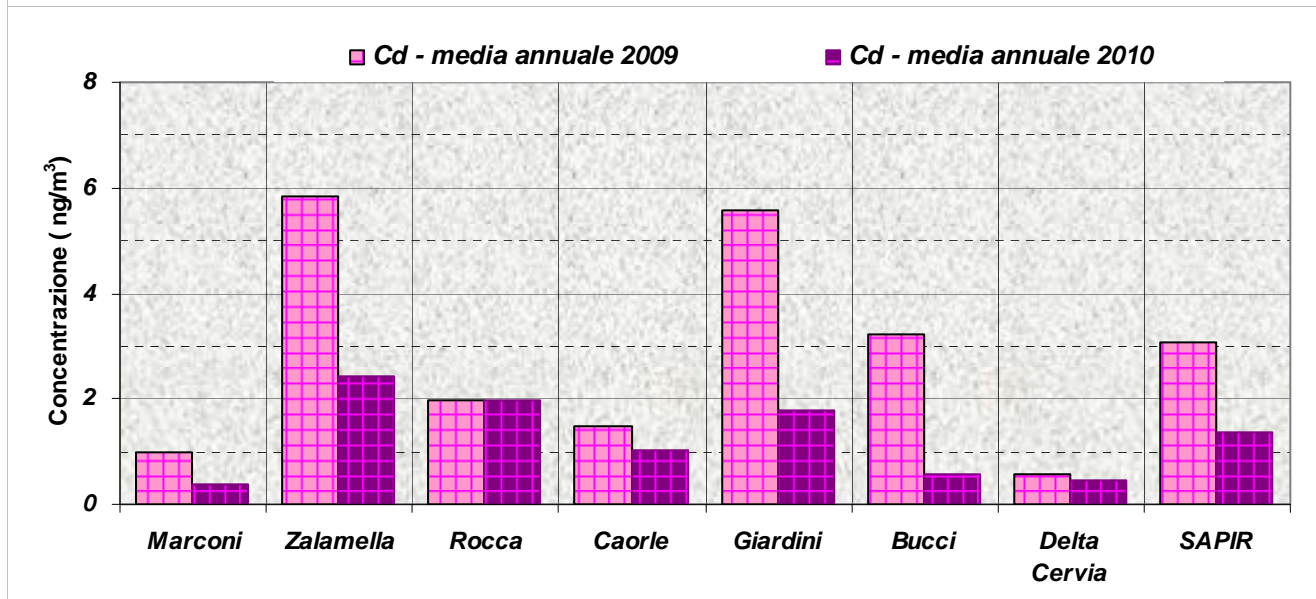


Figura 10.14: Cadmio – Concentrazioni medie annuali

Nichel (Ni) PM 10		Marconi	Zalamella	Rocca	Caorle	Giardini	Bucci	Delta Cervia	SAPIR	
		Valore massimo mensile rilevato nell'anno [ng/m ³]								
2009-2010	2009	15,2	4,8	9,0	5,6	7,6	3,8	7,5	13,7	
	2010	22,5	16,6	10,5	11,3	19,5	15,6	9,1	10,5	
2009-2010		Media annuale [ng/m ³]								
		2009	4,5	3,1	3,6	2,8	2,8	2,5	3,6	8,1
		2010	6,2	4,3	3,6	4,1	4,7	4,6	4,5	5,1

Tabella 10.15: Concentrazioni massime mensili e medie annuali di Nichel nel particolato PM10 [ng/m³] – Anni 2009 e 2010

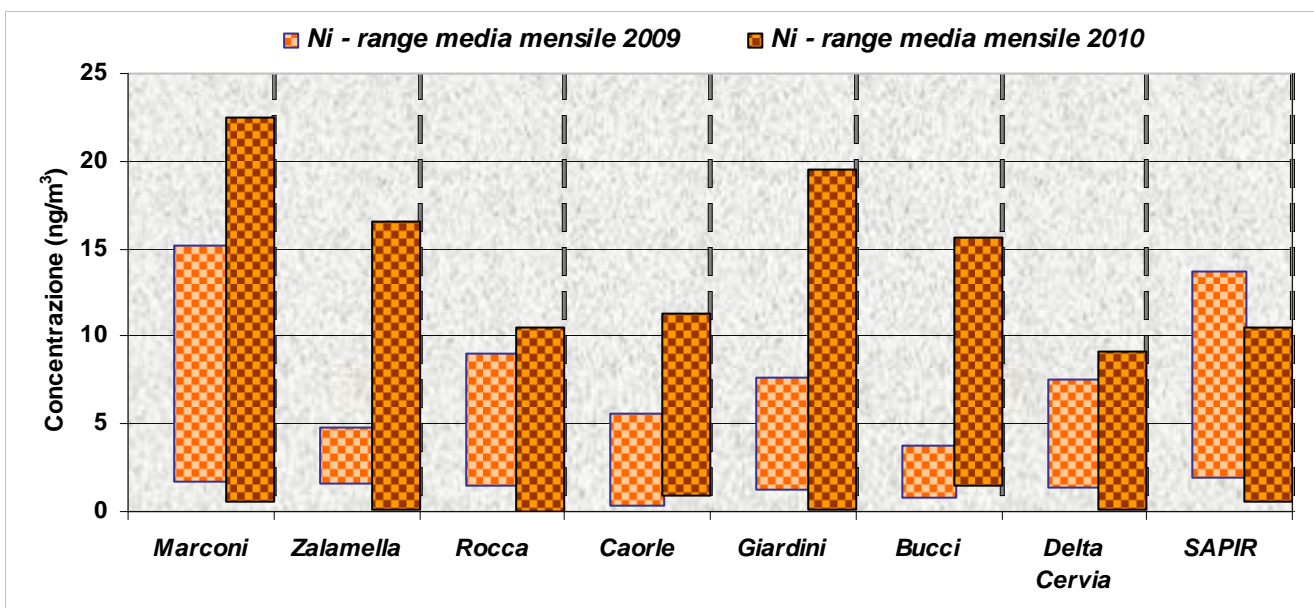


Figura 10.15: Nichel - Range concentrazioni massime mensili nelle stazioni

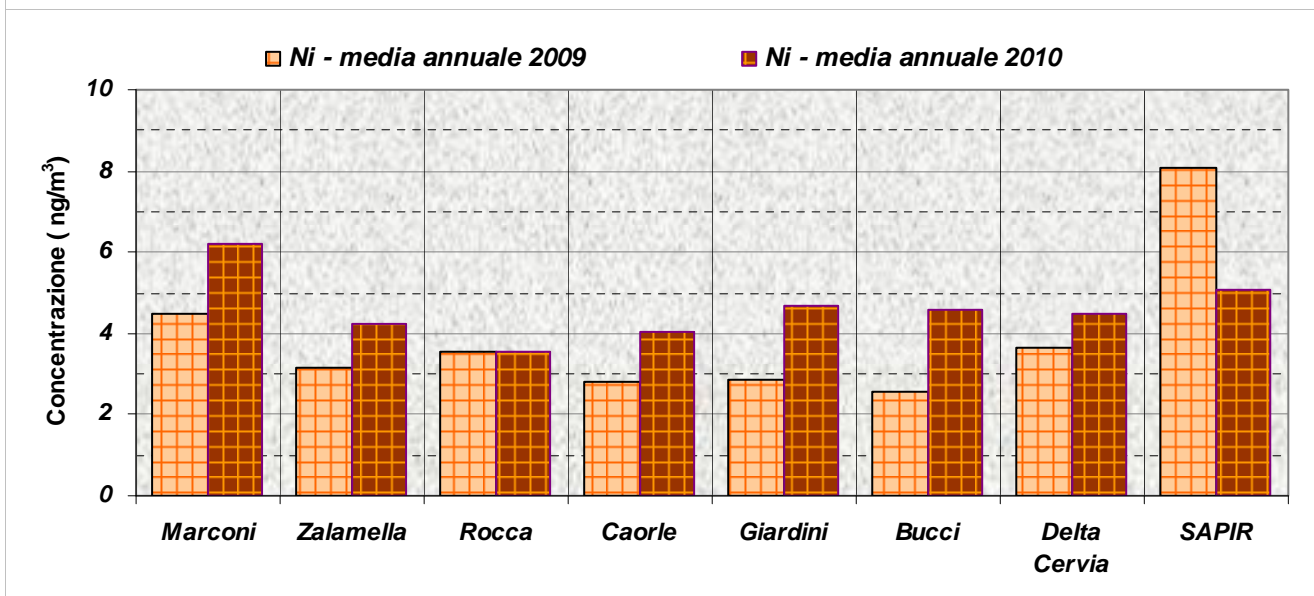


Figura 10.16: Nichel – Concentrazioni medie annuali

Cromo (Cr) PM 10		Marconi	Zalamella	Rocca	Caorle	Giardini	Bucci	Delta Cervia	SAPIR	
		Valore massimo mensile rilevato nell'anno [ng/m³]								
2009-2010	2009	8,2	15,9	7,9	5,3	15,1	9,6	13,8	28,4	
	2010	34,4	19,3	10,6	9,8	13,2	9,4	4,1	12,3	
		Media annuale [ng/m³]								
2009-2010	2009	4,7	4,9	3,8	2,6	1,1	3,2	3,4	12,4	
	2010	6,8	4,5	2,9	2,7	4,9	3,3	3,3	5,3	

Tabella 10.16: Concentrazioni massime mensili e medie annuali di Cromo nel particolato PM 10 [ng/m³] – Anni 2009 e 2010

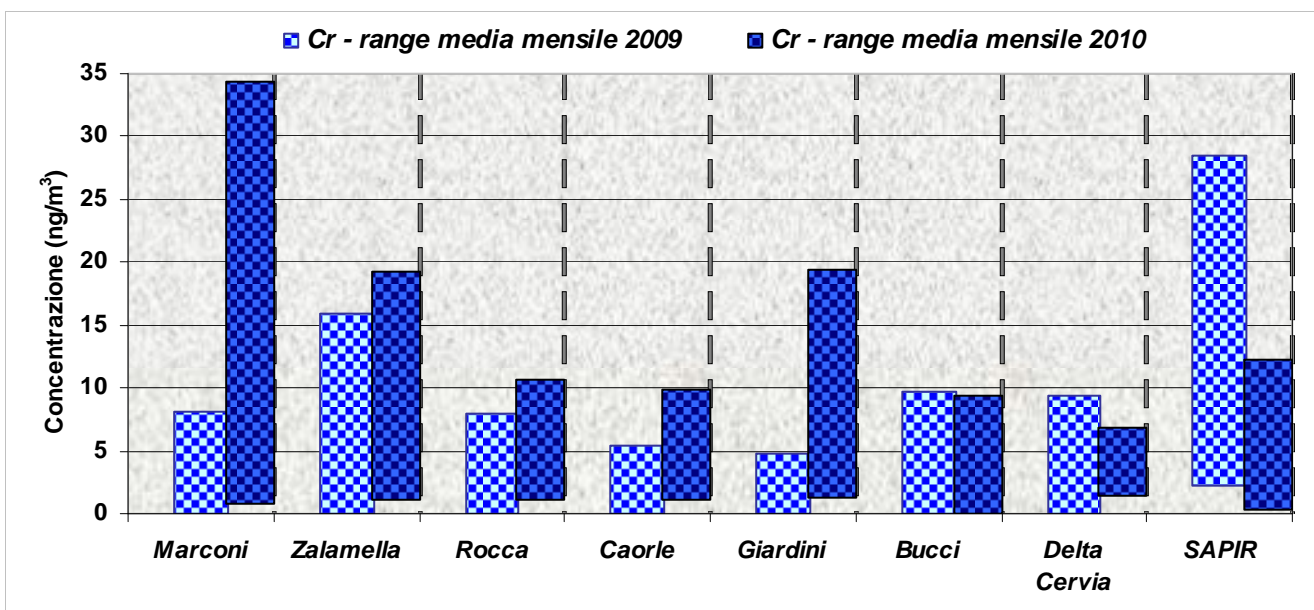


Figura 10.17: Cromo - Range concentrazioni massime mensili nelle stazioni

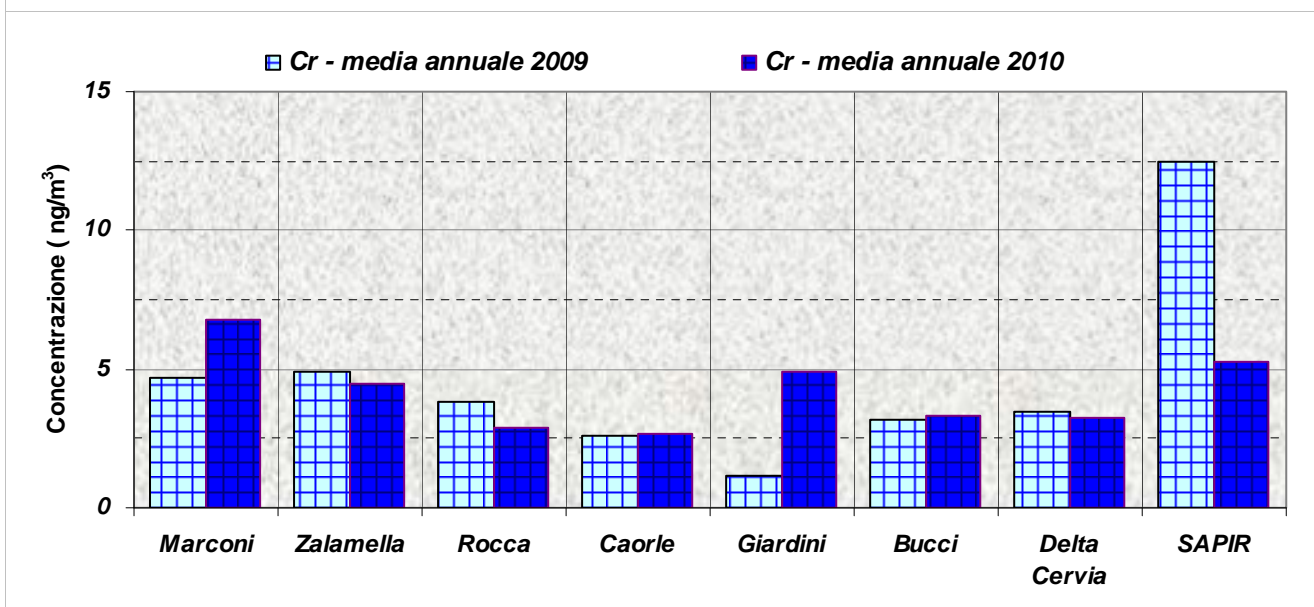


Figura 10.18: Cromo – Concentrazioni medie annuali

Vanadio (V) PM 10		Marconi	Zalamella	Rocca	Caorle	Giardini	Bucci	Delta Cervia	SAPIR	
		Valore massimo mensile rilevato nell'anno [ng/m ³]								
2009-2010	2009	3,8	3,8	4,4	4,1	2,5	2,5	3,2	18,9	
	2010	2,7	3,9	2,9	3,0	3,6	2,4	2,6	8,2	
		Media annuale [ng/m ³]								
2009-2010	2009	2,2	2,2	2,5	2,3	0,8	1,1	2,2	9,4	
	2010	1,5	2,0	1,8	1,7	1,9	1,5	1,7	4,1	

Tabella 10.17: Concentrazioni massime mensili e medie annuali di Vanadio nel particolato PM 10 [ng/m³] – Anni 2009 e 2010

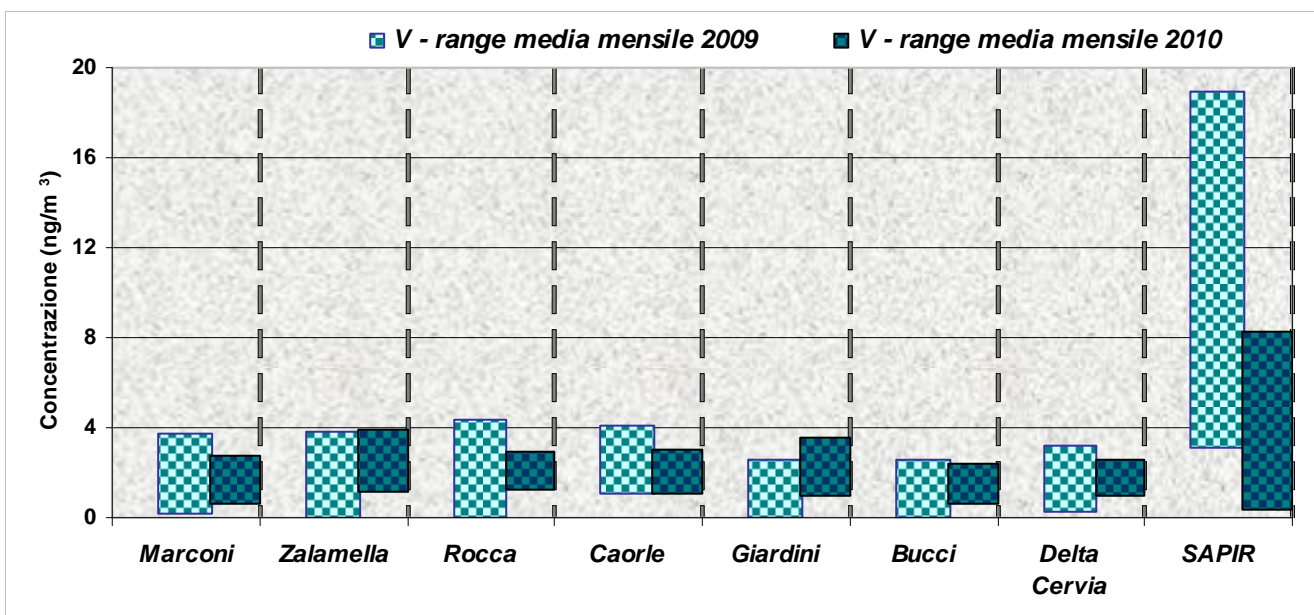


Figura 10.19: Vanadio - Range concentrazioni massime mensili nelle stazioni

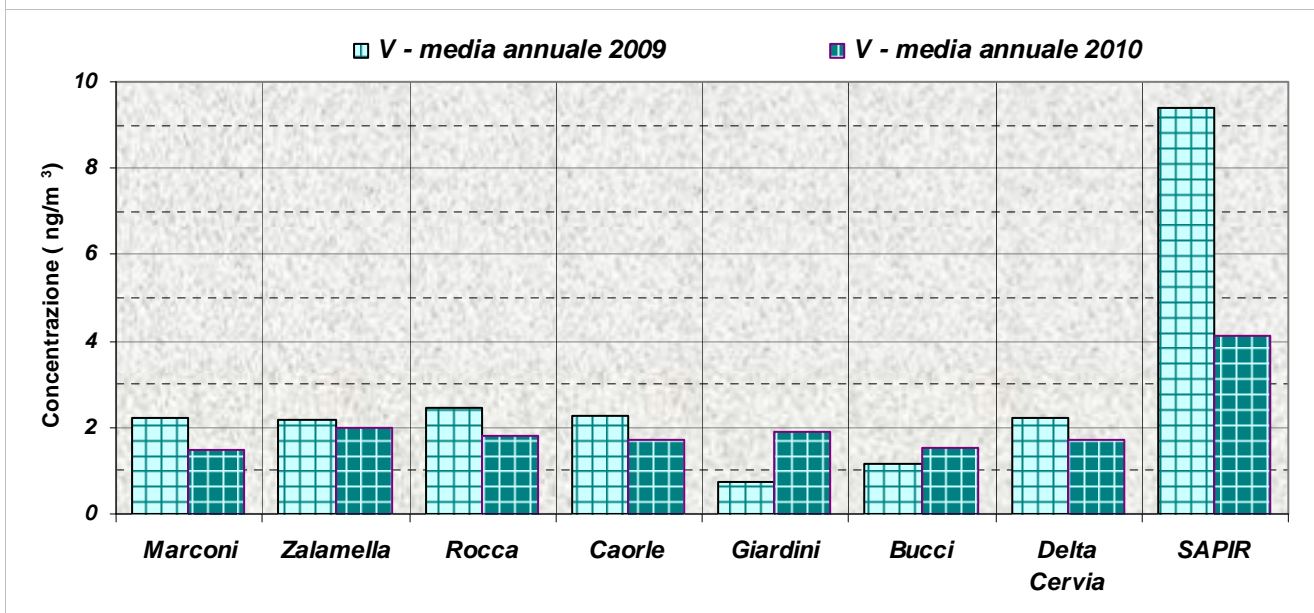


Figura 10.20: Vanadio - Concentrazioni medie annuali

Argento (Ag) PM 10		Marconi	Zalamella	Rocca	Caorle	Giardini	Bucci	Delta Cervia	SAPIR	
		Valore massimo mensile rilevato nell'anno [ng/m ³]								
2009-2010	2009	8,5	1,3	18,4	7,0	3,6	5,5	8,6	4,2	
	2010	1,4	1,2	1,4	3,1	1,5	1,0	2,4	1,3	
		Media annuale [ng/m ³]								
2009-2010	2009	2,8	0,2	3,2	1,1	1,2	1,6	2,8	0,5	
	2010	0,3	0,2	0,2	0,6	0,2	0,2	0,4	0,3	

Tabella 10.18: Concentrazioni massime mensili e medie annuali di Argento nel particolato PM10 [ng/m³] – Anni 2009 e 2010

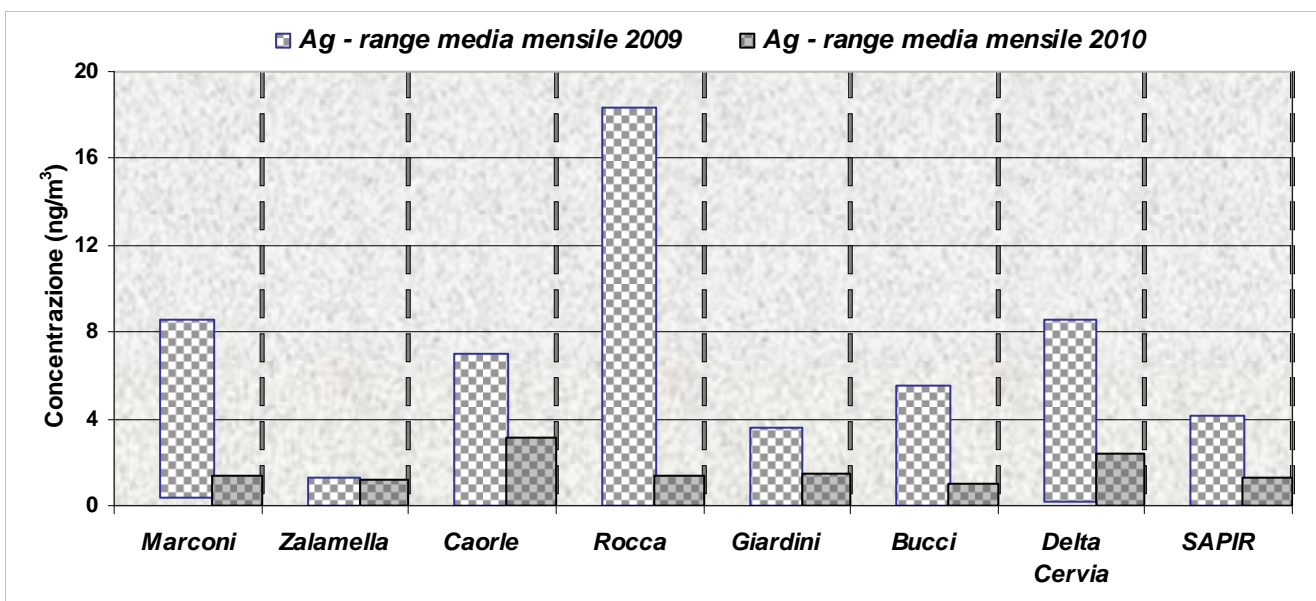


Figura 10.21: Argento - Range concentrazioni massime mensili nelle stazioni

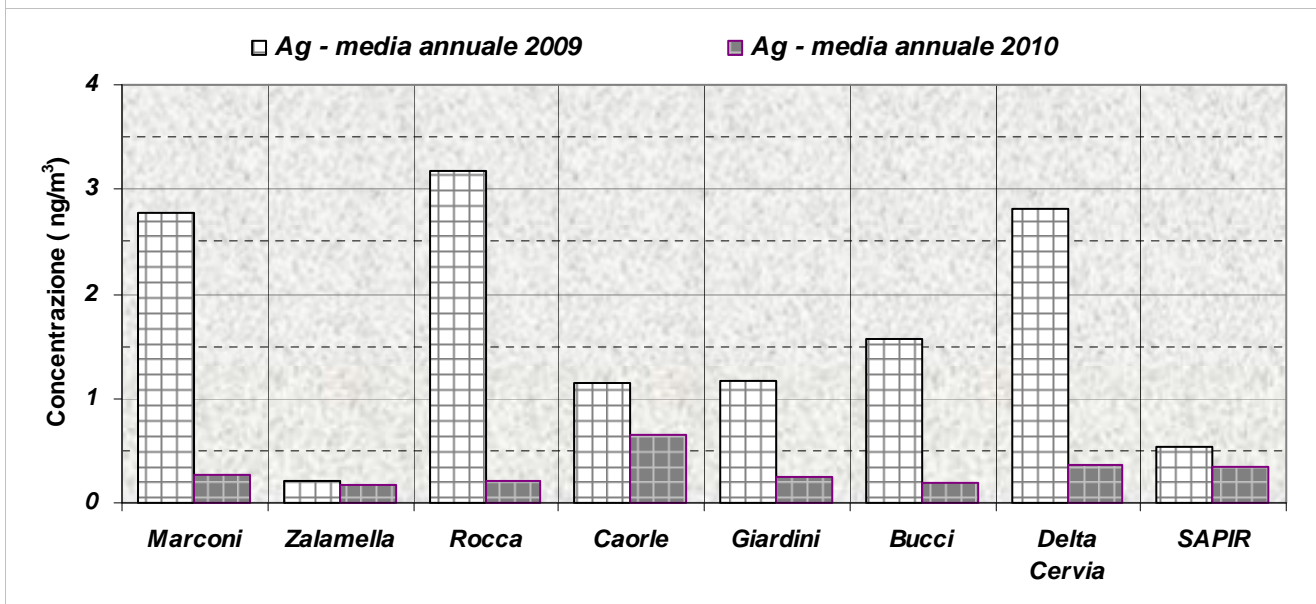


Figura 10.22: Argento – Concentrazioni medie annuali

Arsenico (As) PM 10		Marconi	Zalamella	Rocca	Caorle	Giardini	Bucci	Delta Cervia	SAPIR	
		Valore massimo mensile rilevato nell'anno [ng/m ³]								
2009-2010	2009	6,2	23,9	13,0	15,7	< 0,1	< 0,1	3,9	15,1	
	2010	5,4	5,6	7,1	3,0	13,3	11,1	13,0	8,7	
		Media annuale [ng/m ³]								
2009-2010	2009	1,7	3,4	2,4	1,9	< 0,1	< 0,1	1,7	1,4	
	2010	0,8	0,9	1,1	0,6	1,5	1,2	1,4	3,4	

Tabella 10.19: Concentrazioni massime mensili e medie annuali di Arsenico nel particolato PM 10 [ng/m³] – Anni 2009 e 2010

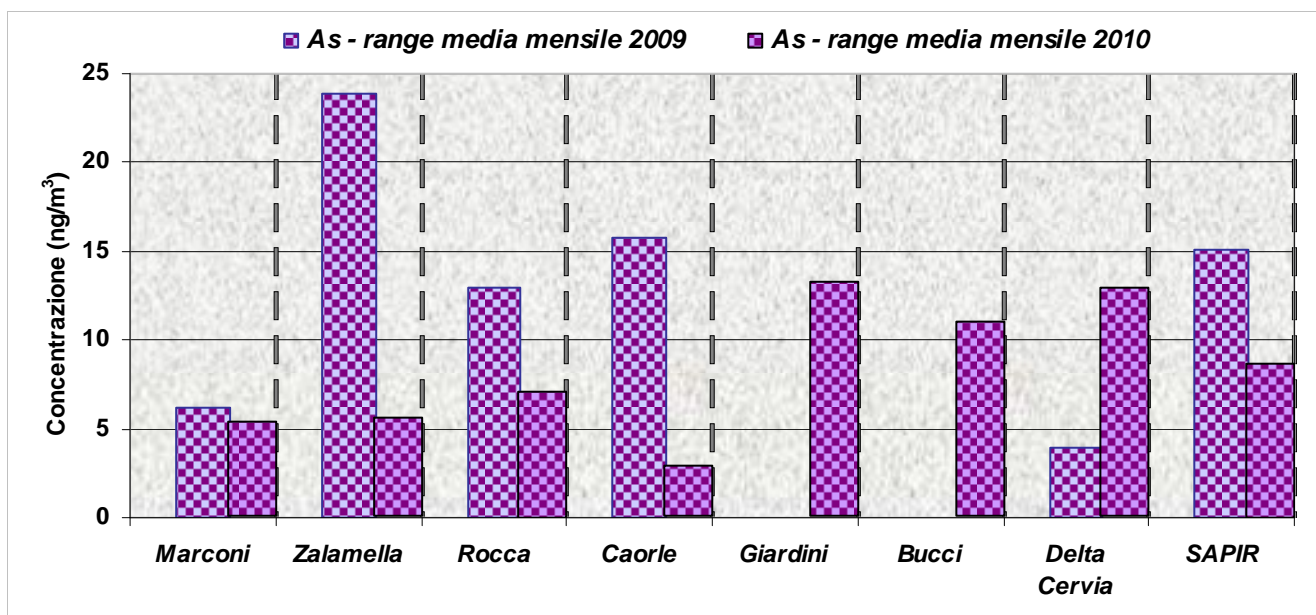


Figura 10.23: Arsenico - Range concentrazioni massime mensili nelle stazioni

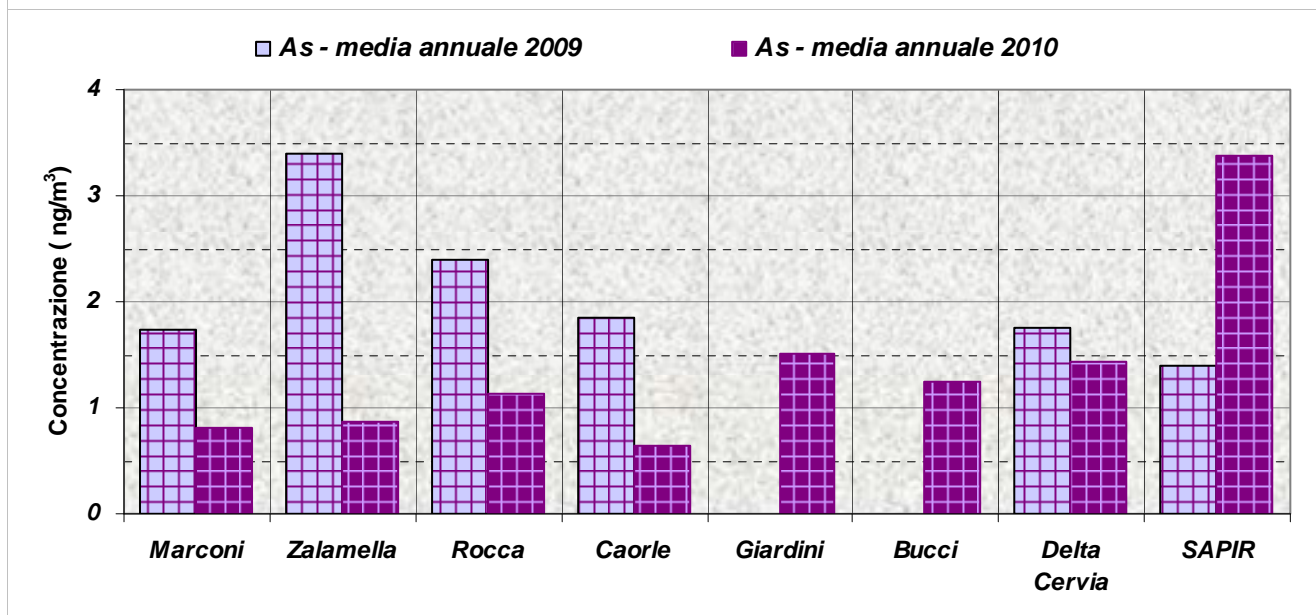


Figura 10.24: Arsenico – Concentrazioni medie annuali

2009 – 2010 - METALLI IN PM 10 E PM 2.5

Piombo (Pb) PM 2.5 e PM 10		Giardini PM 10	Bucci PM 10	Giardini PM 2.5	Bucci PM 2.5	Ballirana PM 2.5
Valore massimo mensile rilevato nell'anno [ng/m³]						
2009-2010	2009	20	15	15	9	14
	2010	37	48	24	25	27
Media annuale [ng/m³]						
2009-2010	2009	9	9	8	6	6
	2010	8	10	11	7	9

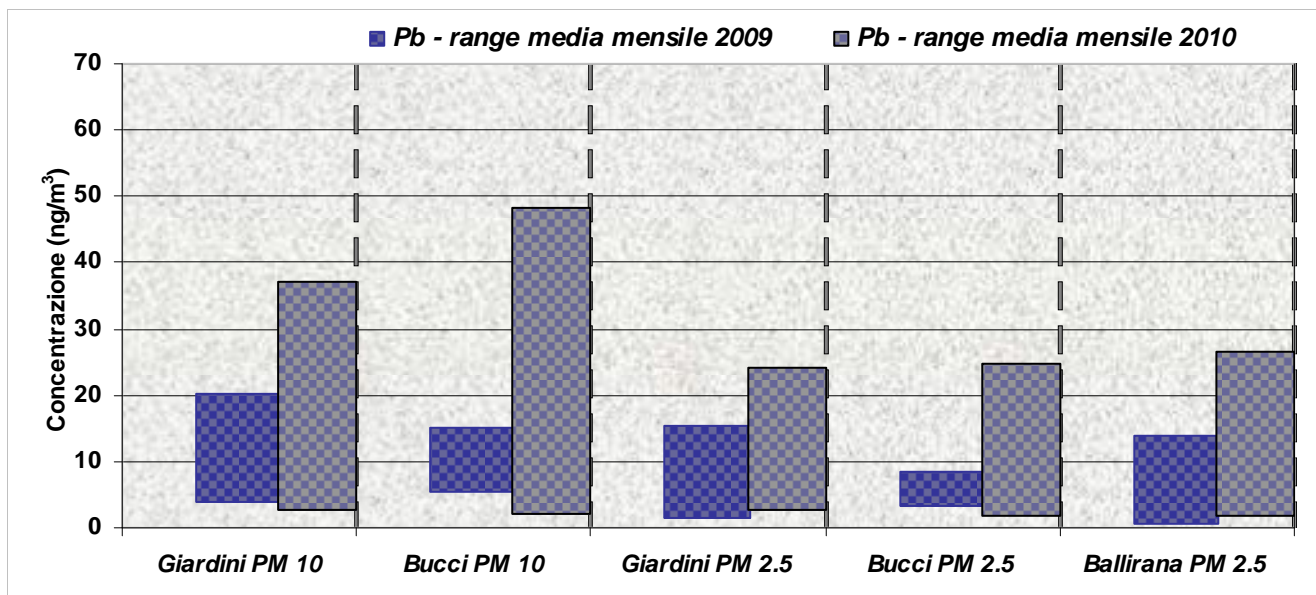
 Tabella 10.20: Concentrazioni massime mensili e medie annuali di Piombo nel particolato PM 10 e PM 2.5 [ng/m³] – Anni 2009 e 2010


Figura 10.25: Piombo - Range concentrazioni massime mensili nelle stazioni

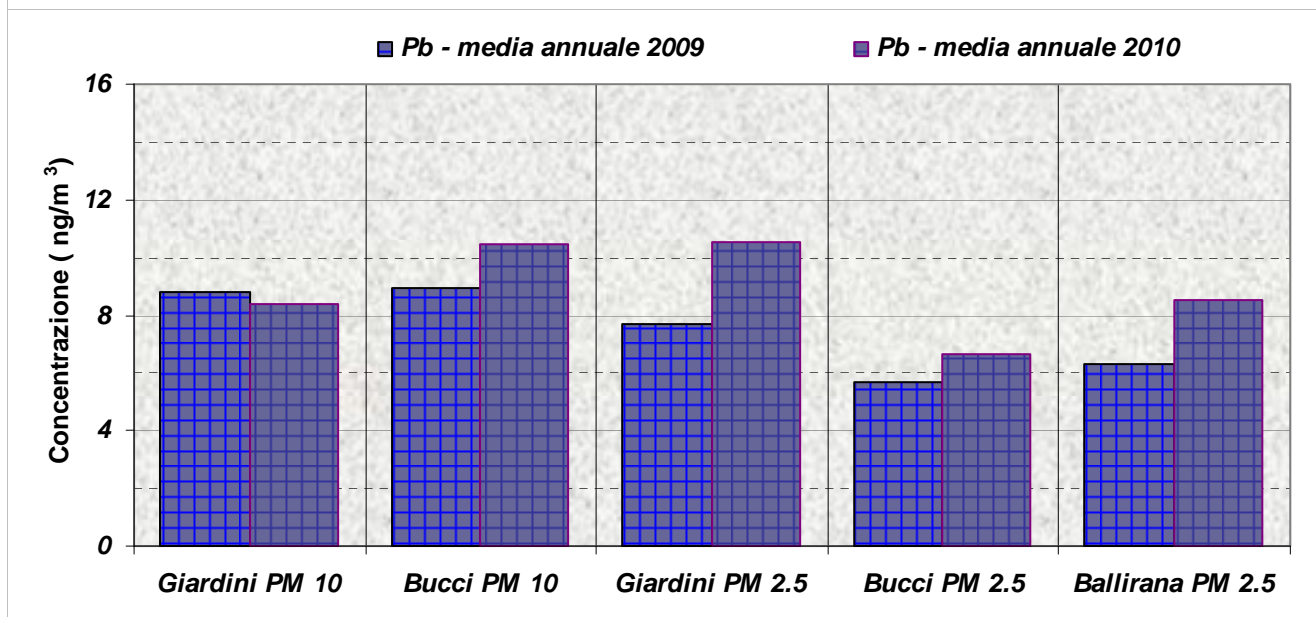


Figura 10.26: Piombo – Concentrazioni medie annuali

Cadmio (Cd) PM 2.5 e PM 10		Giardini PM 10	Bucci PM 10	Giardini PM 2.5	Bucci PM 2.5	Ballirana PM 2.5
Valore massimo mensile rilevato nell'anno [ng/m³]						
2009-2010	2009	8,2	6,6	7,1	6,8	4,1
	2010	13,2	4,3	10,8	0,9	3,8
Media annuale [ng/m³]						
2009-2010	2009	5,6	3,2	4,9	2,8	2,4
	2010	1,8	0,6	1,6	0,3	0,9

Tabella 10.21 Concentrazioni massime mensili e medie annuali di Cadmio nel particolato PM 10 e PM 2.5 [ng/m³] – Anni 2009 e 2010

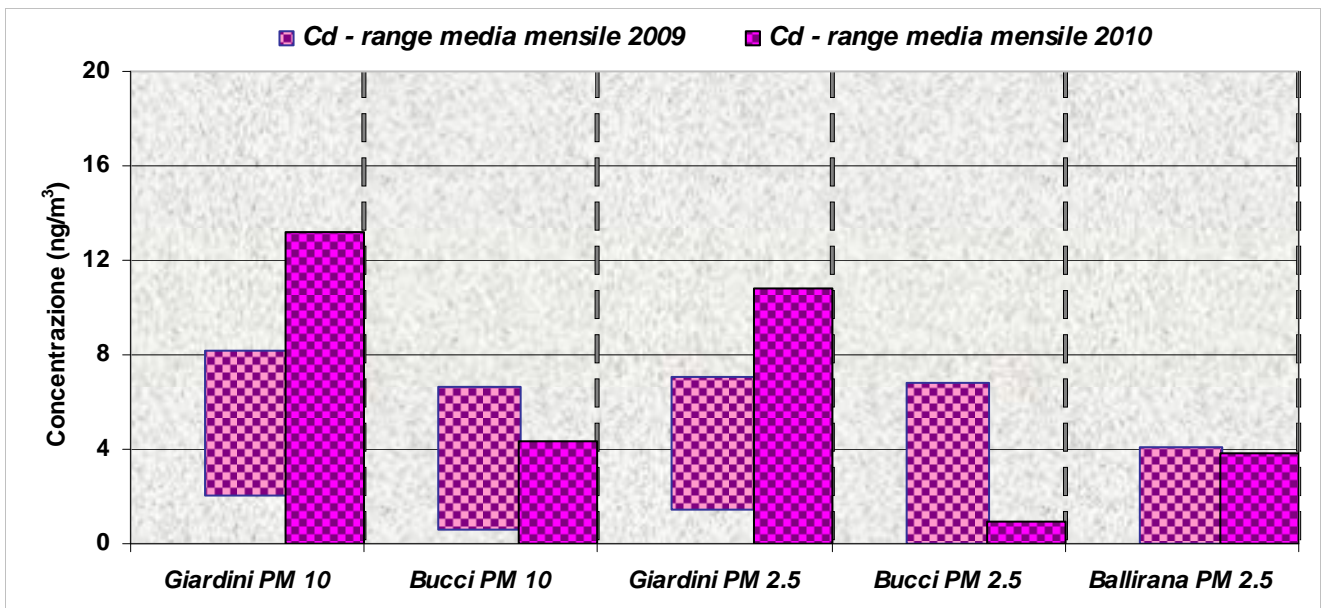


Figura 10.27: Cadmio - Range concentrazioni massime mensili nelle stazioni

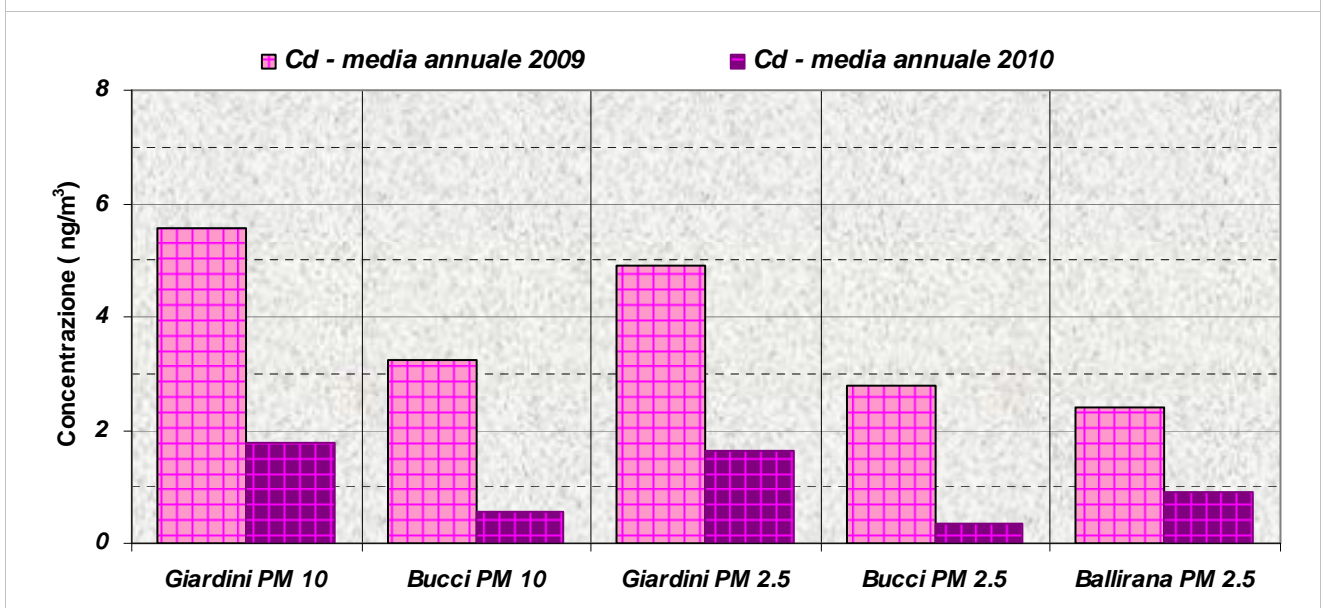


Figura 10.28: Cadmio – Concentrazioni medie annuali

Nichel (Ni) PM 2.5 e PM 10		Giardini PM 10	Bucci PM 10	Giardini PM 2.5	Bucci PM 2.5	Ballirana PM 2.5
		Valore massimo mensile rilevato nell'anno [ng/m³]				
2009-2010	2009	7,6	3,8	6,1	3,8	17,1
	2010	19,5	15,6	17,4	8,5	9,4
		Media annuale [ng/m³]				
2009-2010	2009	2,8	2,5	2,1	2,1	3,3
	2010	4,7	4,6	3,8	4,1	2,6

Tabella 10.22: Concentrazioni massime mensili e medie annuali di Nichel nel particolato PM 10 e PM 2.5 [ng/m³] – Anni 2009 e 2010

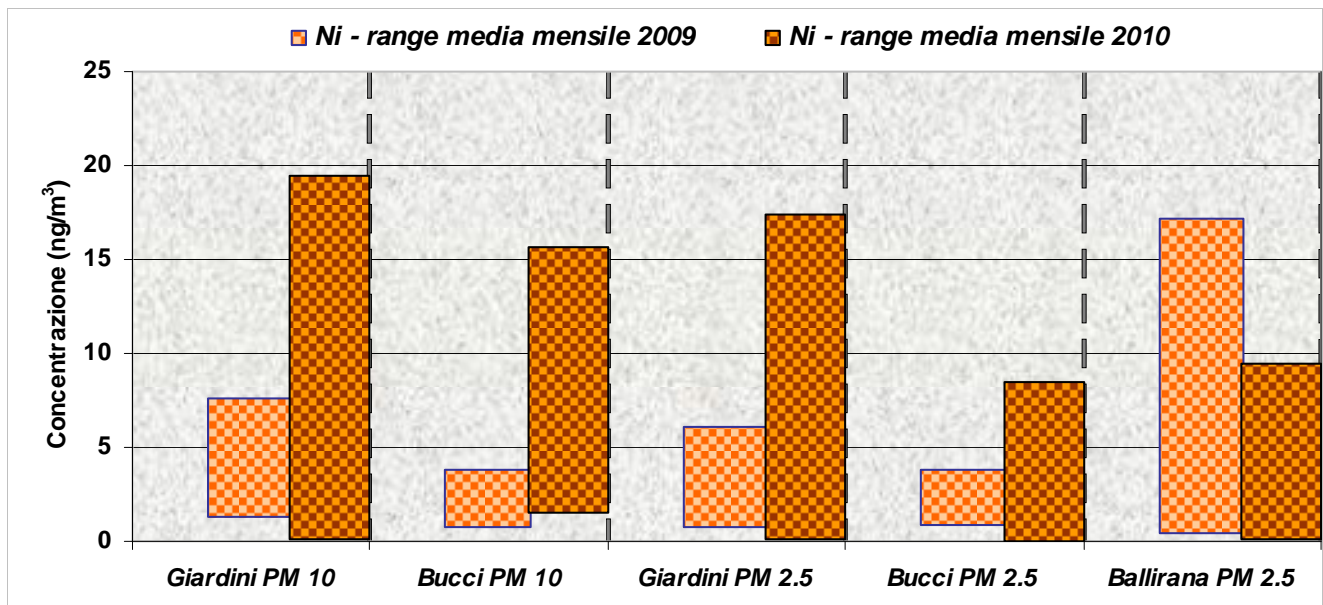


Figura 10.29: Nichel - Range concentrazioni massime mensili nelle stazioni

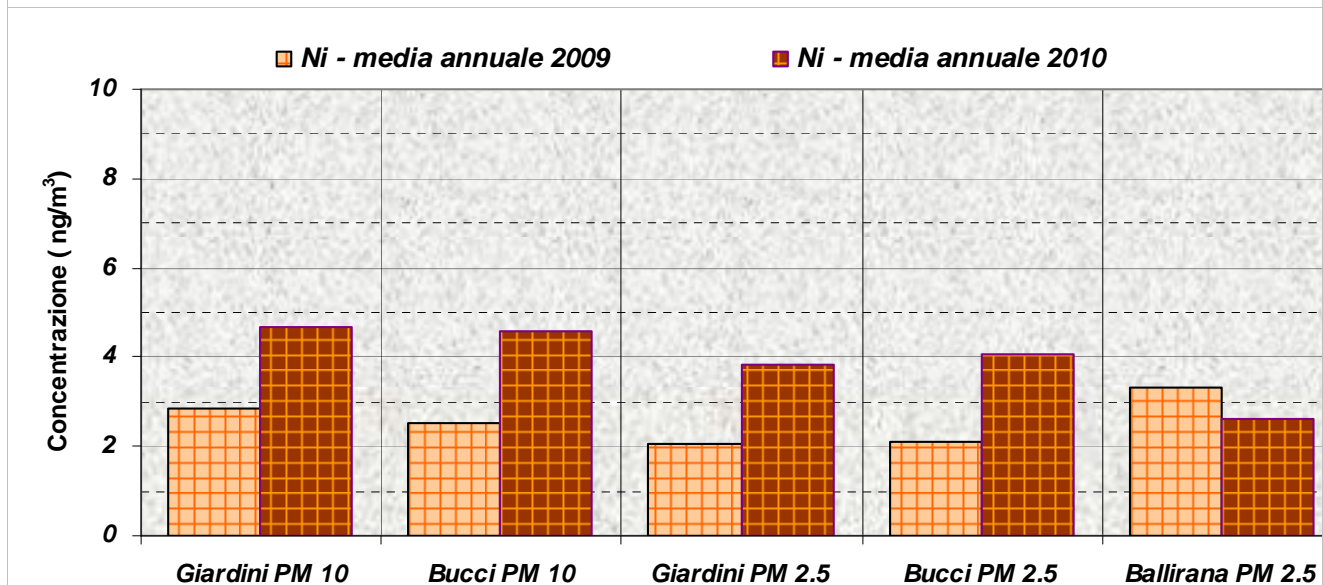


Figura 10.30: Nichel – Concentrazioni medie annuali

Cromo (Cr) PM 2.5 e PM 10		Giardini PM 10	Bucci PM 10	Giardini PM 2.5	Bucci PM 2.5	Ballirana PM 2.5
Valore massimo mensile rilevato nell'anno [ng/m³]						
2009-2010	2009	4,7	9,6	5,5	3,5	7,4
	2010	19,4	9,4	8,2	16,9	7,3
Media annuale [ng/m³]						
2009-2010	2009	1,1	3,2	2,3	1,5	1,9
	2010	4,9	3,3	2,3	4,1	2,1

Tabella 10.23: Concentrazioni massime mensili e medie annuali di Cromo nel particolato PM 10 e PM 2.5 [ng/m³] – Anni 2009 e 2010

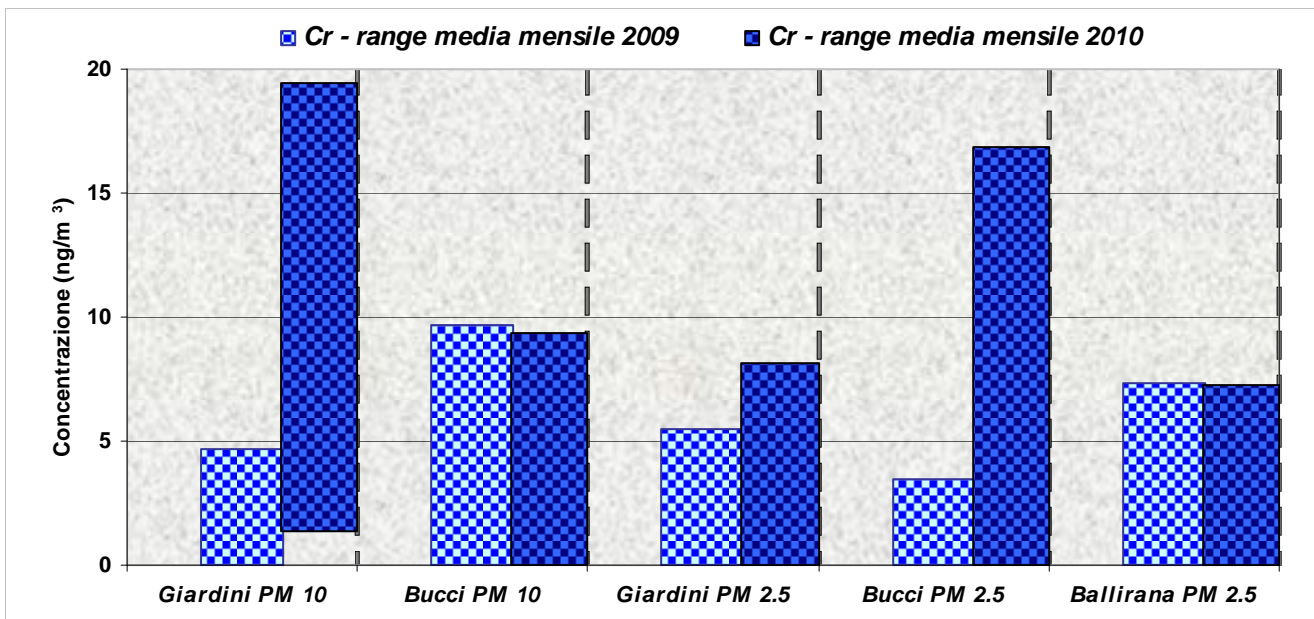


Figura 10.31: Cromo - Range concentrazioni massime mensili nelle stazioni

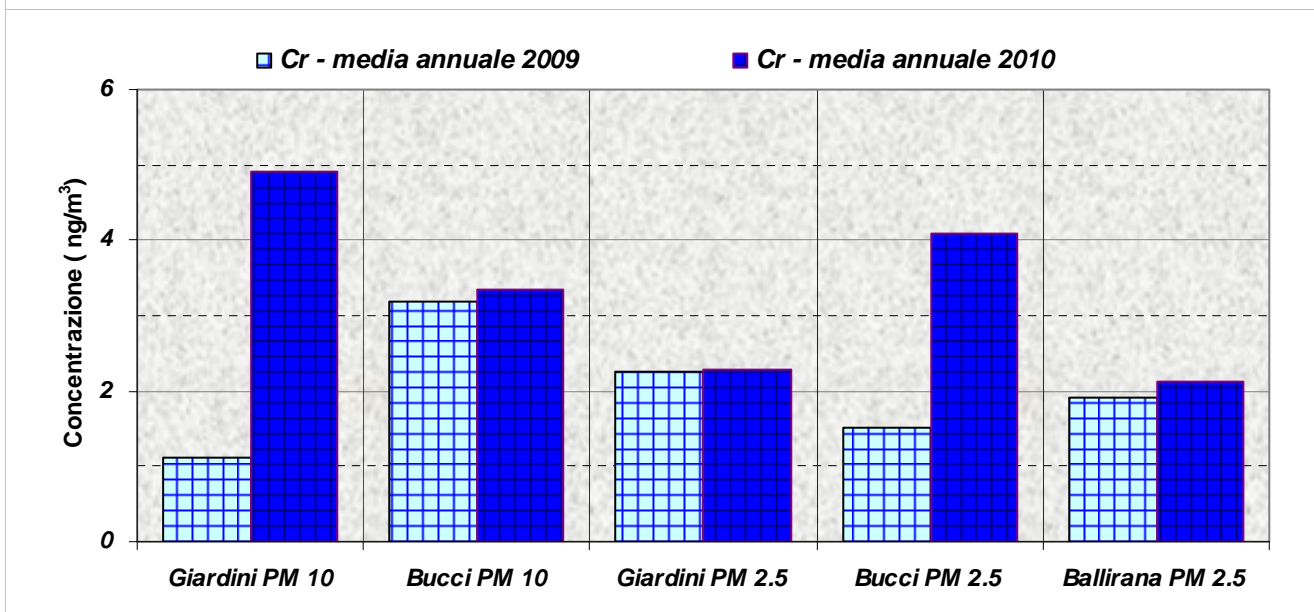


Figura 10.32: Cromo – Concentrazioni medie annuali

Vanadio (V) PM 2.5 e PM 10		Giardini PM 10	Bucci PM 10	Giardini PM 2.5	Bucci PM 2.5	Ballirana PM 2.5
		Valore massimo mensile rilevato nell'anno [ng/m³]				
2009-2010	2009	2,5	2,5	2,7	2,0	3,1
	2010	3,6	2,4	2,2	2,1	2,3
		Media annuale [ng/m³]				
2009-2010	2009	0,8	1,1	0,8	0,3	1,5
	2010	1,9	1,5	1,5	1,4	1,3

Tabella 10.24: Concentrazioni massime mensili e medie annuali di Vanadio nel particolato PM 10 e PM 2.5 [ng/m³] – Anni 2009 e 2010

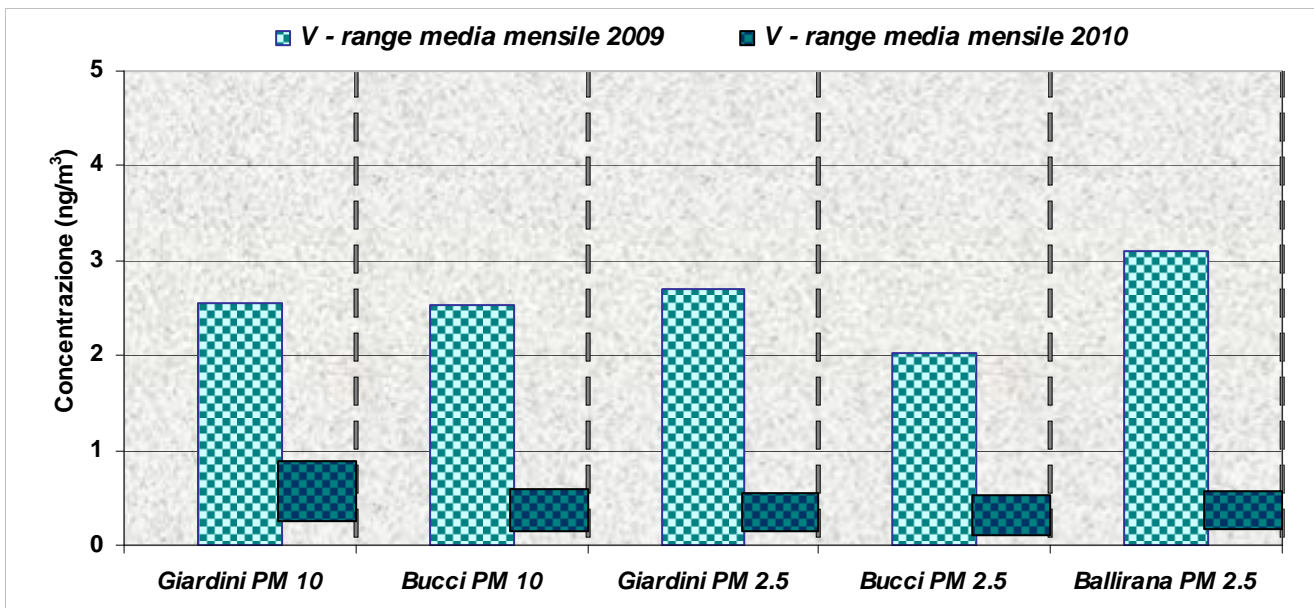


Figura 10.33: Vanadio - Range concentrazioni massime mensili nelle stazioni

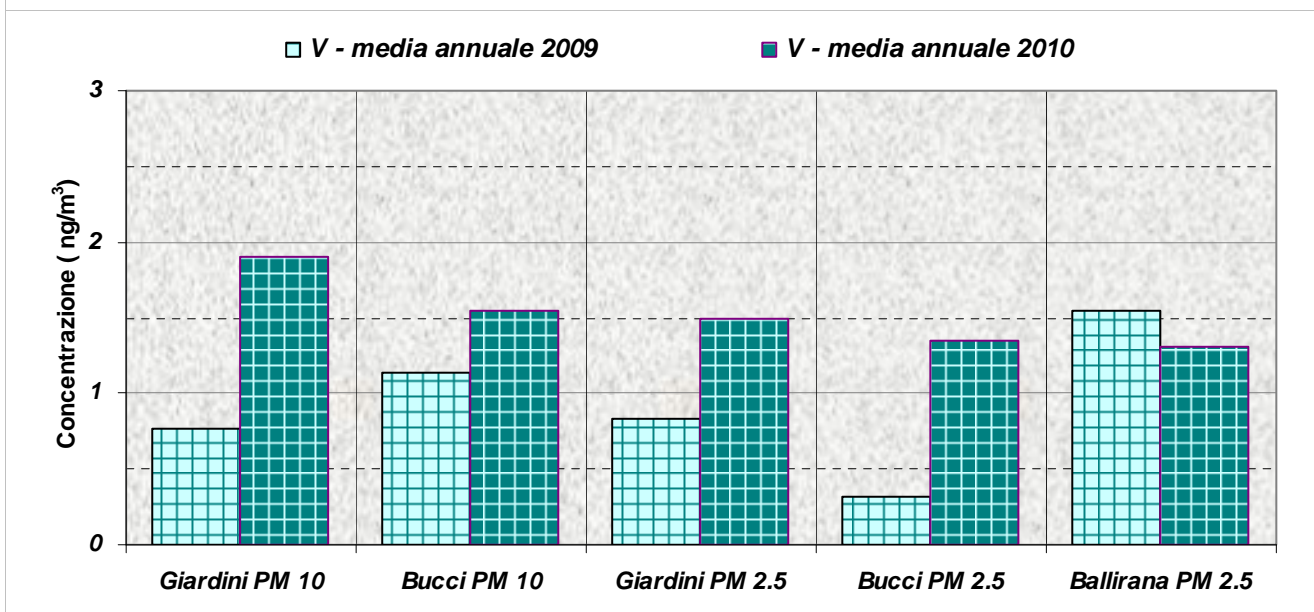


Figura 10.34: Vanadio – Concentrazioni medie annuali

Argento (Ag) PM 2.5 e PM 10		Giardini PM 10	Bucci PM 10	Giardini PM 2.5	Bucci PM 2.5	Ballirana PM 2.5
Valore massimo mensile rilevato nell'anno [ng/m³]						
2009-2010	2009	3,6	5,5	11,9	6,4	11,2
	2010	1,5	1,0	1,1	0,3	2,0
Media annuale [ng/m³]						
2009-2010	2009	1,2	1,6	2,6	1,5	2,7
	2010	0,2	0,2	0,2	0,1	0,3

Tabella 10.25: Concentrazioni massime mensili e medie annuali di Argento nel particolato PM 10 e PM 2.5 [ng/m³] – Anni 2009 e 2010

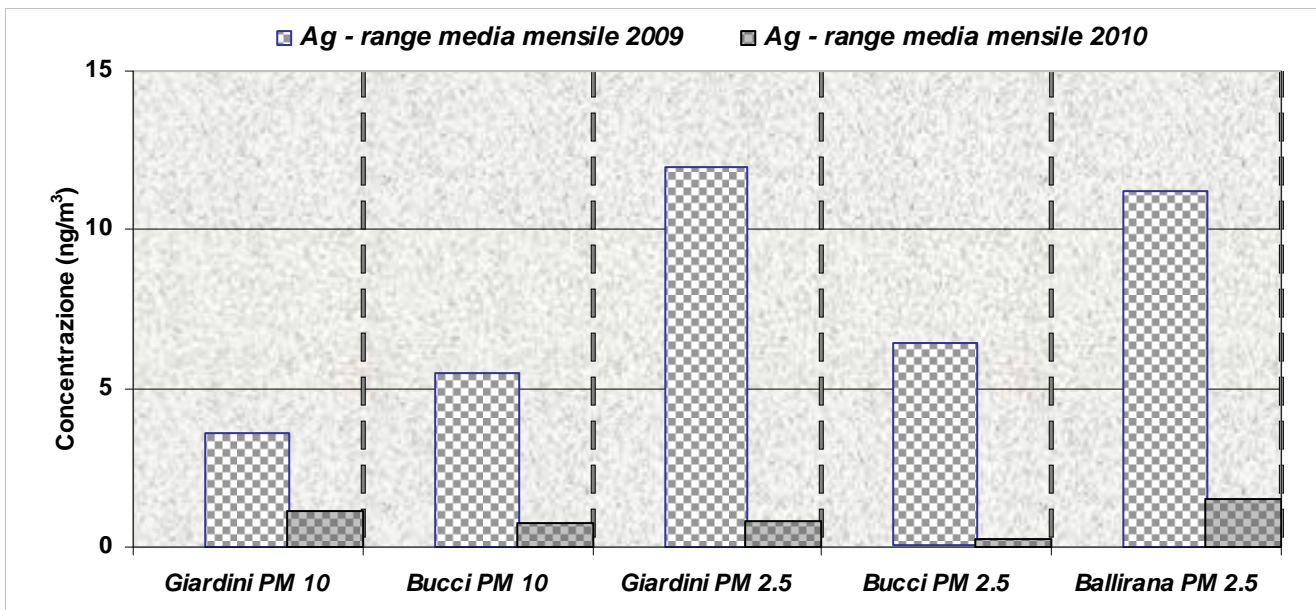


Figura 10.35: Argento - Range concentrazioni massime mensili nelle stazioni

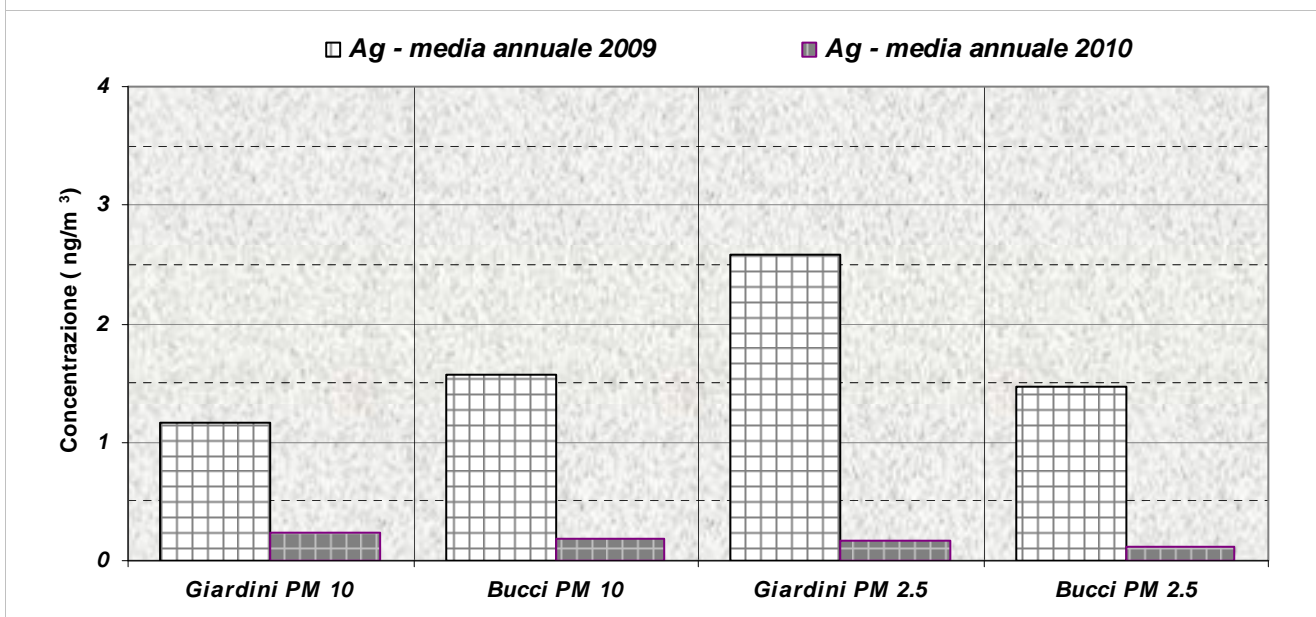


Figura 10.36: Argento – Concentrazioni medie annuali

Arsenico (As) PM 2.5 e PM 10		Giardini PM 10	Bucci PM 10	Giardini PM 2.5	Bucci PM 2.5	Ballirana PM 2.5
Valore massimo mensile rilevato nell'anno [ng/m³]						
2009-2010	2009	0,0	0,0	0,0	0,0	24,7
	2010	13,3	11,1	12,1	4,8	9,0
Media annuale [ng/m³]						
2009-2010	2009	0,0	0,0	0,0	0,0	4,7
	2010	1,5	1,2	1,3	0,7	1,7

Tabella 10.26: Concentrazioni massime mensili e medie annuali di Arsenico nel particolato PM 10 e PM 2.5 [ng/m³] – Anni 2009 e 2010

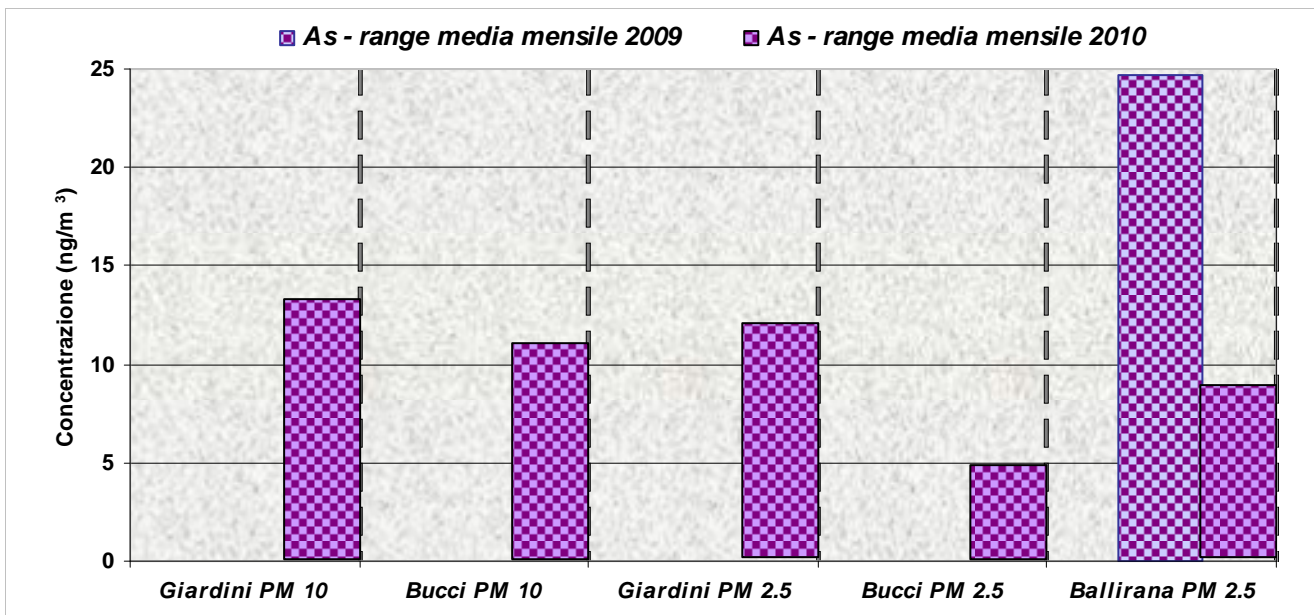


Figura 10.36: Arsenico - Range concentrazioni massime mensili nelle stazioni

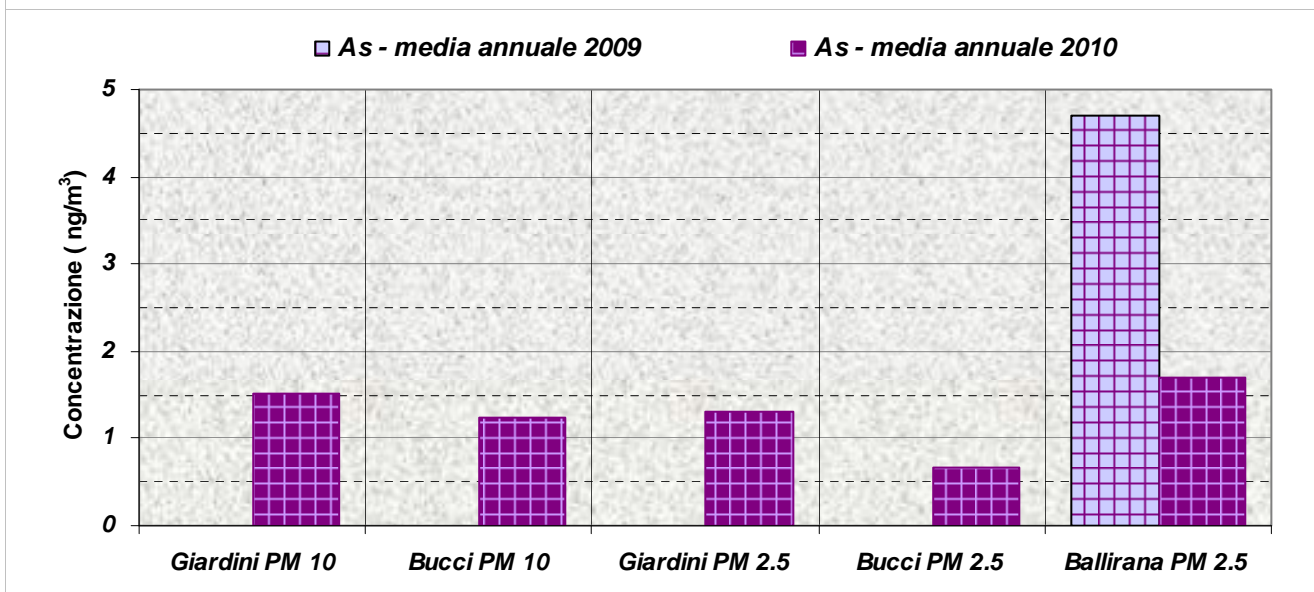


Figura 10.37: Arsenico – Concentrazioni medie annuali

COMMENTO AI DATI

I metalli pesanti vengono misurati sul particolato PM10 dal 2001 in sei postazioni e, a partire dal 2009, anche nel PM2.5 [nella stazione di fondo rurale (Ballirana) e nelle stazioni di fondo urbano (Giardini e Bucci). In queste due ultime postazioni contestualmente al PM10].

I dati relativi al Piombo mostrano un trend in miglioramento: le concentrazioni massime mensili passano da un valore medio di 80 ng/m³ nel 2001 a 20 ng/m³ nel 2008 (Tabella 10.3 e Figura 10.1), con valori mediamente più elevati presso la SAPIR (in area portuale/industriale) e nelle stazioni di traffico urbano. Lo stesso andamento si riscontra analizzando le medie annuali, con concentrazioni al di sotto di 20 ng/m³ (0.02 µg/m³) già a partire dal 2002 in tutte le stazioni (Figura 10.2) e quindi abbondantemente inferiore al limite del DLvo 155/10 (5 µg/m³).

Il decremento significativo (in alcuni casi superiore al 50%) riscontrato fra il 2001 e 2002 è dovuto al divieto, a partire dal 1 gennaio 2002, di immettere sul mercato benzina contenete piombo (DPCM n.434/2000).

Nel 2010 i valori medi annuali misurati nel PM 10 restano contenuti e complessivamente stabili, a parte Caorle dove si riscontra – pur in presenza di valori assoluti molto contenuti – un incremento del 50%. A Giardini e Bucci gli strumenti per la raccolta del particolato sono stati installati nel 2009 e l'efficienza relativa a questo anno non è sufficiente per fare valutazioni di trend; nel 2010 le medie annuali sono in linea con quelle delle altre postazioni e circa 50 volte inferiori al limite.

Analoga situazione per il PM 2.5. A Giardini la concentrazione di piombo risulta percentualmente più elevata sulla frazione PM 2.5 (0.06%), mentre nelle altre postazioni il rapporto piombo/concentrazione particolato si attesta intorno al 0.03% – 0.04% sia per PM10 sia per PM2.5.

Le concentrazioni di Cadmio risultano, contrariamente al Piombo, in aumento nell'ultimo decennio, in particolare a partire dal 2004. Tale trend è riscontrabile sia per i valori massimi mensili sia per le medie annuali. I valori sono comunque sempre al di sotto dei valori di riferimento (Figure 10.3 e 10.4). Non si rilevano particolari differenze nell'adsorbimento del metallo sulle due frazioni del particolato (figure 10.27 e 10.28), mentre si sono registrate concentrazioni minori nel 2010 rispetto all'anno precedente.

Le concentrazioni di Cromo hanno subito dal 2001 al 2005 una generale diminuzione, per poi stabilizzarsi su valori ben al di sotto di quelli di riferimento (Figure 10.5 e 10.6), con medie annuali comprese fra 2 e 8 ng/m³. Valori significativamente più elevati sono stati rilevati presso la centralina di Zalamella nel 2001, come concentrazione massima mensile e come media annuale. Da sottolineare che la misura riportata si riferisce al cromo totale e non al cromo nel suo stato di ossidazione più pericoloso (cromo esavalente, Cr (VI)). in bibliografia viene stimato che il cromo esavalente costituisca il 3 – 8% del Cr totale aerodisperso (Government of Canada, 1994). In tale ipotesi le concentrazioni di cromo esavalente rilevate a Ravenna si attesterebbero, nel 2010 intorno a 0.4 ng/m³.

Anche il Nichel mostra un trend in diminuzione dal 2004, con valori sempre molto contenuti (medie annuali generalmente inferiori a 5 ng/m³). In Figura 10.7 – che riporta il range delle concentrazioni massime mensili - i due “picchi” nel 2003 e nel 2005 sono dovuti a concentrazioni più alte misurate a Caorle (2003 – mese di settembre) e a Cotignola (2005 mese di dicembre). Non sembrano esserci differenze significative e ripetibili nelle concentrazioni di Nichel sul particolato PM10 rispetto al PM2.5 (Figure 10.29 e 10.30).

Le concentrazioni di Vanadio presentano in generale valori molto contenuti, che sembrano essersi stabilizzati attorno ai 3 ng/m³ a partire dal 2005, come osservabile dalle figure 10.9 e 10.10, e con poche difformità fra il particolato PM10 e il particolato PM2.5 (Figure 10.33 e 10.34).

Dal 2009 vengono rilevati, sia sulle polveri PM10 che sulle polveri PM2.5, e in accordo con quanto previsto dal DL.vo 155/2010, Argento e Arsenico. I dati del biennio mostrano concentrazioni tendenzialmente basse, in particolar modo per l'Arsenico, anche se il numero di campioni non è ancora sufficiente per fare ulteriori valutazioni.

SCHEDA INDICATORE 11:
Benzo(a)Pirene ed altri idrocarburi policiclici aromatici (IPA) presenti nella frazione PM 10 e PM 2.5 del materiale particolato

NOME DELL'INDICATORE	<i>Tenore totale di ciascun IPA presente nella frazione del materiale particolato</i>	DPSIR	S
UNITA'DIMISURA	<i>nanogrammi/metrocubo (ng/m³)</i>	FONTE	<i>Arpa-Sezione di Ravenna</i>
COPERTURA SPAZIALE DATI	<i>Provincia</i>	COPERTURA TEMPORALE DATI	<i>2001-2010</i>
AGGIORNAMENTO DATI	<i>Annuale</i>		
RIFERIMENTI NORMATIVI	<i>DLg.155/2010 - OMS</i>		
METODI DI ELABORAZIONE DATI	<i>Medie mensili, medie annuali</i>		

DESCRIZIONE DELL'INDICATORE

L'indicatore evidenzia la concentrazione in aria di benzo(a)pirene ed altri IPA di rilevanza tossicologica (in particolare benzo(a)antracene, benzo(b)fluorantene, benzo(j)fluorantene, benzo(k)fluorantene, indeno(1,2,3-cd)pirene e dibenzo(a,h)antracene) adsorbiti sul particolato (PM₁₀ / PM_{2.5}).

benzo(a)pirene	B(a)P
benzo(k)fluorantene + benzo(j)fluorantene	B(k+j)F
benzo(a)antracene	B(a)A
indeno(1,2,3-cd)pirene	I(1,2,3-cd)P
benzo(b)fluorantene	B(b)F
dibenzo(a,h)antracene	DB(a,h)A

SCOPO DELL'INDICATORE

Valutare i livelli di concentrazione del benzo(a)pirene e di alcuni IPA adsorbiti sul particolato considerando l'andamento medio annuale ed eventuali situazioni limite derivanti dai massimi rilevati su base mensile.

IPA E B(a)P - GENERALITÀ ED EFFETTI SULL'AMBIENTE E SULL'UOMO

Generalità

Per Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA) si intende un'ampia gamma (circa 500) di composti organici con due o più anelli benzenici condensati. A causa della loro minore volatilità non sono considerati VOC, tranne alcune eccezioni (naftalene), e vengono classificati come composti organici semi-volatili. Gli IPA costituiti da tre a cinque anelli possono essere presenti in atmosfera sia in forma gassosa che adsorbiti al particolato, mentre quelli caratterizzati da cinque o più anelli tendono a presentarsi per lo più in forma solida. Si caratterizzano per il loro basso grado di solubilità in acqua, l'elevata capacità di aderire a materiale organico e la buona solubilità nei lipidi e in molti solventi organici.

Sono presenti ovunque in atmosfera; vengono prodotti dalla combustione incompleta di materiale organico e derivano dall'uso di olio combustibile, gas, carbone e legno nella produzione di energia. La fonte più importante di origine antropica è rappresentata dalle emissioni veicolari seguita dagli impianti termici, dalle centrali termoelettriche e dagli inceneritori. Altre sorgenti temporanee sono gli incendi di foreste e di campi agricoli.

Spesso le concentrazioni indoor di molti IPA sono maggiori di quelle in ambiente esterno; in ambienti con fumatori si può arrivare ad un valore di concentrazione tre o quattro volte superiore.

Reazioni caratteristiche a livello atmosferico

Gli idrocarburi policiclici aromatici sono molto spesso associati alle polveri sospese, a causa della loro capacità di depositarsi sul particolato. In questo caso la dimensione delle particelle del particolato aerodisperso rappresenta il parametro principale che condiziona l'ingresso e la deposizione nell'apparato respiratorio e quindi la relativa tossicità.

Presenti nell'aerosol urbano, sono generalmente associati alle particelle con diametro aerodinamico minore di 2 micron e quindi in grado di raggiungere facilmente la regione alveolare del polmone e da qui il sangue e quindi i tessuti.

Effetti sull'ambiente e sull'uomo

Solitamente nell'aria si ritrovano come miscele dove sono presenti molte decine di IPA diversi e in proporzioni che in alcuni casi possono anche variare molto.

Il fatto che l'esposizione avvenga ad una miscela di composti, di composizione non costante, rende difficile l'attribuzione delle conseguenze sulla salute alla presenza di uno specifico idrocarburo policiclico aromatico.

In generale, le proprietà tossicologiche variano in funzione della disposizione spaziale e del numero di anelli condensati nella molecola dello specifico IPA. Il benzo[a]pirene (BaP) è quello maggiormente studiato e le informazioni sulla tossicità e l'abbondanza degli IPA sono spesso riferite a questo composto. Il benzo(a)pirene ha una struttura con cinque anelli aromatici condensati ed è una delle prime sostanze per le quali è stata accertata la cancerogenicità.

Poiché si evidenzia una relazione tra BaP e gli altri IPA (detta "profilo IPA") relativamente stabile nell'aria delle diverse città, la concentrazione di BaP viene utilizzata come indice del potenziale cancerogeno degli IPA totali e come indicatore dell'intera classe di composti policiclici aromatici (gli IPA sono stati inseriti nel gruppo 1 della classificazione IARC).

LIVELLI FISSATI DAL DLVO 155/2010 E VALORI GUIDA OMS

Per quanto riguarda gli IPA, il DLvo 155/2010 prevede un valore obiettivo (cioè un livello fissato al fine di evitare, prevenire o ridurre effetti nocivi per la salute umana o per l'ambiente nel suo complesso, da conseguire, ove possibile, entro una data prestabilita (31/12/2012) per il Benzo(a)pirene.

Il decreto, pur individuando nel Benzo(a)pirene il composto per la valutazione dell'inquinamento da IPA ed indicando un valore obiettivo solo in riferimento a questo composto, prevede la determinazione anche di un set di altri IPA di rilevanza tossicologica per verificare la costanza dei rapporti nel tempo e nello spazio tra il benzo(a)pirene e gli altri idrocarburi policiclici aromatici.

Il set di IPA è composto da: benzo(a)antracene, benzo(b)fluorantene, benzo(j)fluorantene, benzo(k)fluorantene, indeno(1,2,3-cd)pirene e dibenzo(a,h)antracene.

Inquinante	Periodo di mediazione	Valore limite
Benzo(a)pirene [B(a)P]	Il valore obiettivo è riferito al tenore totale di ciascun inquinante presente nella frazione PM10 del materiale particolato, calcolato come media su un anno civile	1.0 ng/m ³

I VALORI GUIDA PREVISTI DALL'OMS

Inquinante	Concentrazione media in aria (µg/m ³)	Indice di rischio unitario ⁽¹⁾
IPA	$(1 - 10) * 10^{-3}$	$8.7 * 10^{-2}$
B(a)P	-	$8.7 * 10^{-2}$

(1) Indice di rischio = rischio di insorgenza di cancro per l'esposizione di una intera vita ad una concentrazione di 1 µg/m³ dell'inquinante considerato.
In particolare l'indice di rischio riportato indica che 9 persone su 100.000 esposte ad una concentrazione di 1 ng/m³ di benzo(a)pirene per tutta la durata della loro vita sono a rischio di contrarre il cancro

Sempre l'Organizzazione Mondiale della Sanità (Guidelines for Air Quality, WHO, Genere, 2000) fornisce, per alcuni idrocarburi policiclici aromatici, una stima di indice di rischio unitario. In particolare:

Composto	Range (min – max) della potenza relativa al BaP	Indice di rischio unitario
Benzo[a]Pirene	1	$8.7 * 10^{-2}$
Benzo[a]Antracene	0.014 ÷ 0.145	$1.2 ÷ 13 * 10^{-4}$
Benzo[b]Fluorantene	0.1 ÷ 0.141	$0.87 ÷ 1.2 * 10^{-2}$
Benzo[k]Fluorantene	0.01 ÷ 0.1	$8.7 ÷ 87 * 10^{-4}$
Indeno[1,2,3,c,d]Pirene	0.067 ÷ 0.232	$5.8 ÷ 20.2 * 10^{-3}$
Dibenzo[a,h]Antracene	0.89 ÷ 5	$7.7 ÷ 43.5 * 10^{-2}$
Benzo[j]Fluorantene	0.045 ÷ 0.1	$0.4 ÷ 0.87 * 10^{-2}$
Fluorantene	0.001 ÷ 0.01	$8.7 ÷ 87 * 10^{-5}$
Crisene	0.001 ÷ 0.1	$8.7 ÷ 870 * 10^{-5}$
Dibenzo[a,h]pyrene	100	$8.7 * 10^{-0}$

MONITORAGGIO DELL'INQUINANTE IN PROVINCIA DI RAVENNA

Il benzo(a)pirene e gli IPA di rilevanza tossicologica vengono ricercati sul particolato raccolto dagli strumenti della rete di rilevamento della qualità dell'aria in modo sistematico a partire dal 2001.

Per valutare il tenore di benzo(a)pirene e di ciascun IPA ricercato nella frazione del particolato il riferimento è il DLvo 155/2010 e le linee guida dell'OMS.

STAZIONE E TIPOLOGIA

STAZIONE	PM MISURATO		TIPOLOGIA	
Ballirana	PM2.5	--	Fondo rurale	<i>FRu</i>
Caorle	--	PM10	Fondo Urbano Residenziale	<i>FU_Res</i>
Ceramiche	--	PM10	Traffico Urbano	<i>TU</i>
Cotignola	--	PM10	Industriale / Sub Urbano	<i>Ind_SubU</i>
Delta Cervia	--	PM10	Fondo subUrbano	<i>F_SubU</i>
Giardini	PM2.5	PM10	Fondo Urbano	<i>FU</i>
Marconi	--	PM10	Traffico Urbano	<i>TU</i>
Parco Bucci	PM2.5	PM10	Fondo Urbano	<i>FU</i>
Rocca Brancaleone	--	PM10	Traffico / Fondo Urbano Residenziale	<i>T_FU_Res</i>
SAPIR	--	PM10	Industriale	<i>Ind</i>
Zalamella	--	PM10	Traffico Urbano	<i>TU</i>

Tabella 11.1: Stazioni della RRQA in cui è stato determinato il tenore di IPA e frazione di particolato a cui è riferito

PERIODO DI MONITORAGGIO NELLE DIVERSE POSTAZIONI

		Ceramiche	Cotignola	Randi	Marconi	Rocca	Caorle	Zalamella	SAPIR	Giardini	Bucci	Cervia	Giardini PM 2.5	Bucci PM 2.5	Ballirana PM 2.5
1997 - 2008	2001	X	X	X			X	X	X						
	2002	X	X	X			X	X	X						
	2003	X	X	X			X	X	X						
	2004	X	X	X			X	X	X						
	2005	X	X			X	X	X	X						
	2006	X	X			X	X	X	X						
	2007		X		X	X	X	X	X						
2009 - 2010	2008		X		X	X	X	X	X						
	2009				X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	2010				X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

Legenda:

X	efficienza % campionamento particolato > 75%	X	efficienza % campionamento particolato < 75%		Campionamento particolato non effettuato
----------	--	----------	--	--	--

Tabella 11.2: – IPA - Periodo in cui è stato determinato il tenore di Benzo(a)pirene ed IPA sul particolato nelle diverse postazioni

GRAFICI E TABELLE

1997 - 2008

Benzo(a)Pirene [B(a)P]

<u>B(a)P</u> in PM 10		Ceramiche	Cotignola	Randi	Marconi	Rocca	Caorle	Zalamella	SAPIR
2001	4,7	4,7	4,7	3,6		2,3	2,6	2,4	1,9
2002	2,1	2,1	2,0	2,3		1,4	1,0	1,2	0,5
2003	1,4	1,4	1,0	0,8		1,8	0,7	1,2	0,6
2004	1,3	1,3	2,0	1,5		1,7	1,3	1,3	1,0
2005	1,2	1,2	2,2			1,9	1,5	1,6	0,9
2006	1,3	1,3	2,9			1,3	2,0	1,5	2,0
2007			2,2		2,0	1,0	1,5	1,1	1,2
2008			0,3		1,8	0,7	0,7	3,8	0,5

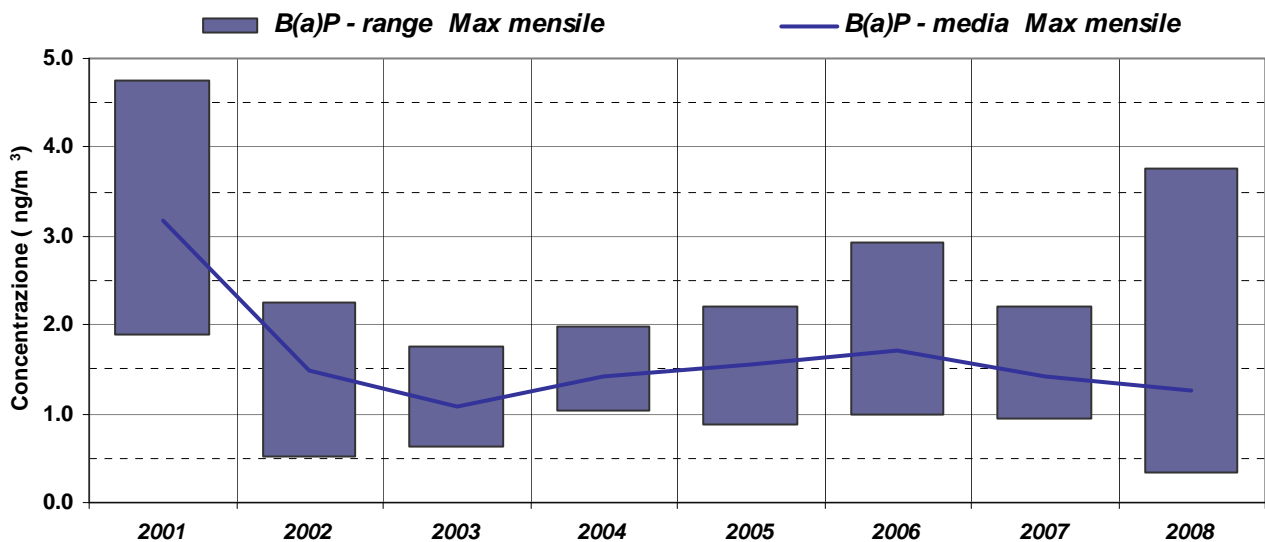
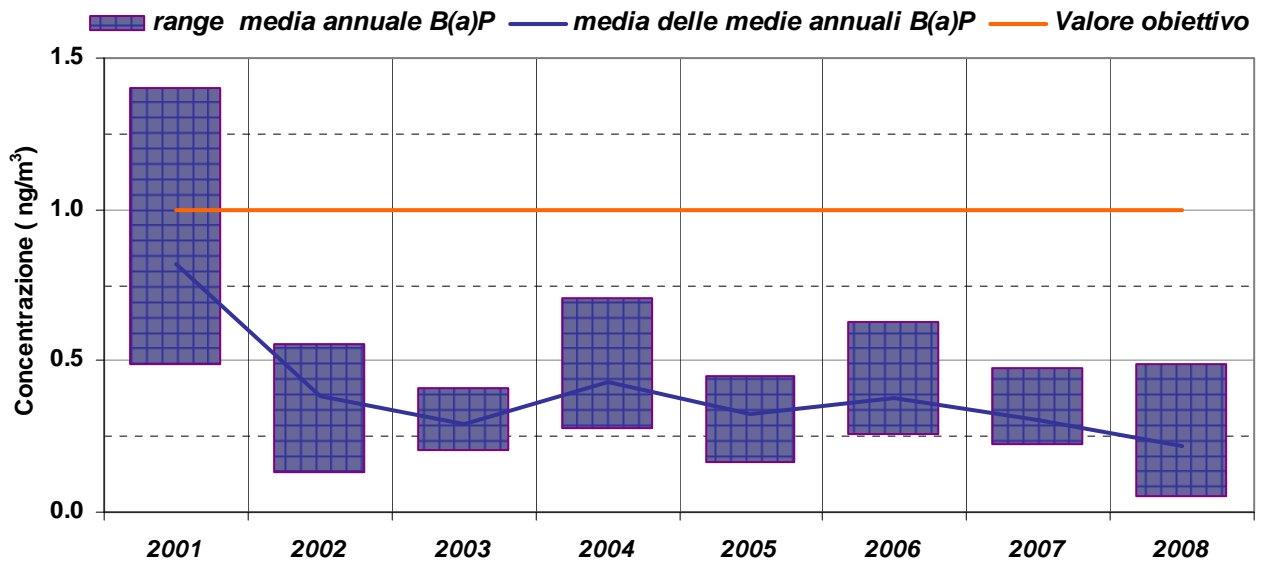
 Tabella 11.3: Concentrazioni massime mensili di Benzo(a)Pirene nel particolato PM10 [ng/m³]


Figura 11.1: Benzo(a)Pirene [B(a)P] – Range valori massimi mensili ed andamento del valore medio delle massime mensili nell'anno

B(a)P in PM 10		Ceramiche	Cotignola	Randi	Marconi	Rocca	Caorle	Zalamella	SAPIR
			1997 - 2008	2001	1,3	1,4	0,6		0,6
	2002	0,6	0,5	0,5		0,4	0,3	0,3	0,1
	2003	0,4	0,3	0,2		0,4	0,2	0,3	0,2
	2004	0,4	0,7	0,4		0,6	0,3	0,4	0,3
	2005	0,4	0,5			0,3	0,3	0,4	0,2
	2006	0,3	0,6			0,4	0,4	0,3	0,4
	2007		0,5		0,4	0,2	0,3	0,3	0,3
	2008		0,1		0,3	0,1	0,2	0,5	0,1

 Tabella 11.4: Concentrazioni medie annuali di Benzo(a)Pirene nel particolato PM10 [ng/m³].

 Figura 11.2: Benzo(a)Pirene [B(a)P] – Range valori medi annuali (valore obiettivo 1 ng/m³) ed andamento delle medie annuali

Benzo(k)fluorantene e Benzo(j)fluorantene [B(k+j)F]

<u>B(k+j)F</u> in PM 10		Ceramiche	Cotignola	Randi	Marconi	Rocca	Caorle	Zalamella	SAPIR
1997 - 2008	2001	4,0	4,8	3,1		3,1	2,6	2,6	2,8
	2002	2,3	1,9	2,4		2,4	1,4	1,6	1,3
	2003	4,0	4,8	3,1		3,1	2,6	2,6	2,8
	2004	0,7	0,1	0,6		2,0	0,7	0,7	0,6
	2005	1,0	1,4			0,9	0,8	1,2	0,7
	2006	0,6	1,0			1,0	0,8	0,6	1,2
	2007		0,9		0,8	0,7	0,7	0,5	0,7
	2008		0,3		1,0	0,5	0,6	2,1	0,5

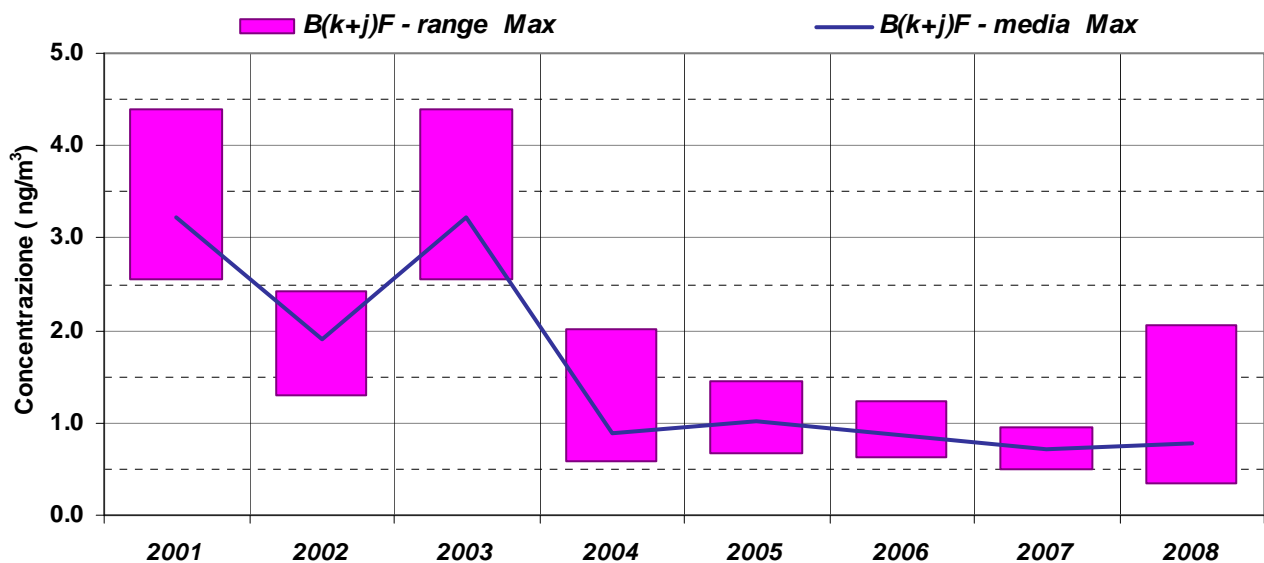
 Tabella 11.5: Concentrazioni massime mensili di Benzo(k+j)fluorantene nel particolato PM10 [ng/m³]


Figura 11.3: Benzo(k+j)fluorantene [B(k+j)F] - Range valori massimi mensili ed andamento del valore medio delle massime mensili nell'anno

<i>B(k+j)F</i> in PM 10		Ceramiche	Cotignola	Randi	Marconi	Rocca	Caorle	Zalamella	SAPIR
			1997 - 2008	2001	1,1	1,32	0,5		0,8
	2002	0,7	0,7	0,5		0,7	0,5	0,5	0,3
	2003	1,1	1,3	0,5		0,8	0,8	0,8	0,8
	2004	0,3	0,4	0,2		0,6	0,2	0,2	0,2
	2005	0,3	0,4			0,2	0,2	0,3	0,2
	2006	0,2	0,4			0,3	0,2	0,2	0,2
	2007		0,3		0,2	0,2	0,2	0,1	0,2
	2008		0,1		0,2	0,1	0,1	0,3	0,1

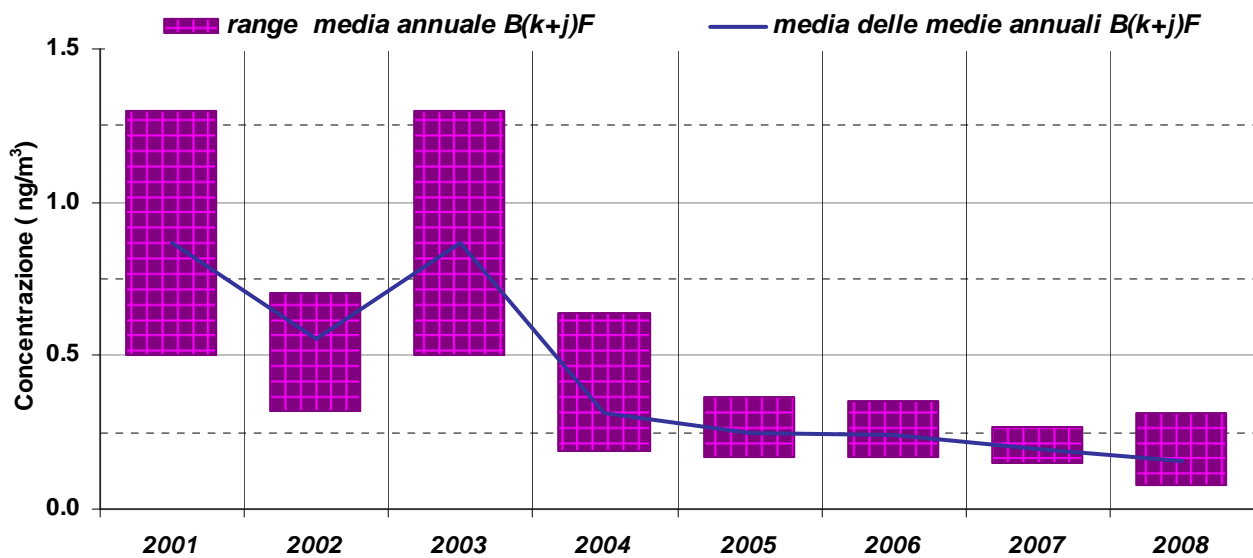
 Tabella 11.6: Concentrazioni medie annuali di Benzo(k)fluorantene nel particolato PM10 [ng/m³].


Figura 11.4: Benzo(k+j)fluorantene [B(k+j)F] – Range valori medi annuali ed andamento della media annuale

Benzo(a)antracene [B(a)A]

B(a)A in PM 10		Ceramiche	Cotignola	Randi	Marconi	Rocca	Caorle	Zalamella	SAPIR
1997 - 2008	2001	3,0	4,1	3,3		2,5	1,2	2,6	1,0
	2002	2,1	3,1	2,7		1,9	0,7	2,7	0,4
	2003	0,7	1,0	0,6		1,7	0,3	1,0	0,5
	2004	0,7	1,5	0,7		1,4	0,8	1,4	0,6
	2005	1,0	1,7			1,5	0,8	1,7	0,6
	2006	1,3	1,2			0,3	0,4	1,4	1,6
	2007		1,6		0,7	0,2	0,7	1,1	1,2
	2008		0,2		0,6	0,1	0,3	3,0	0,2

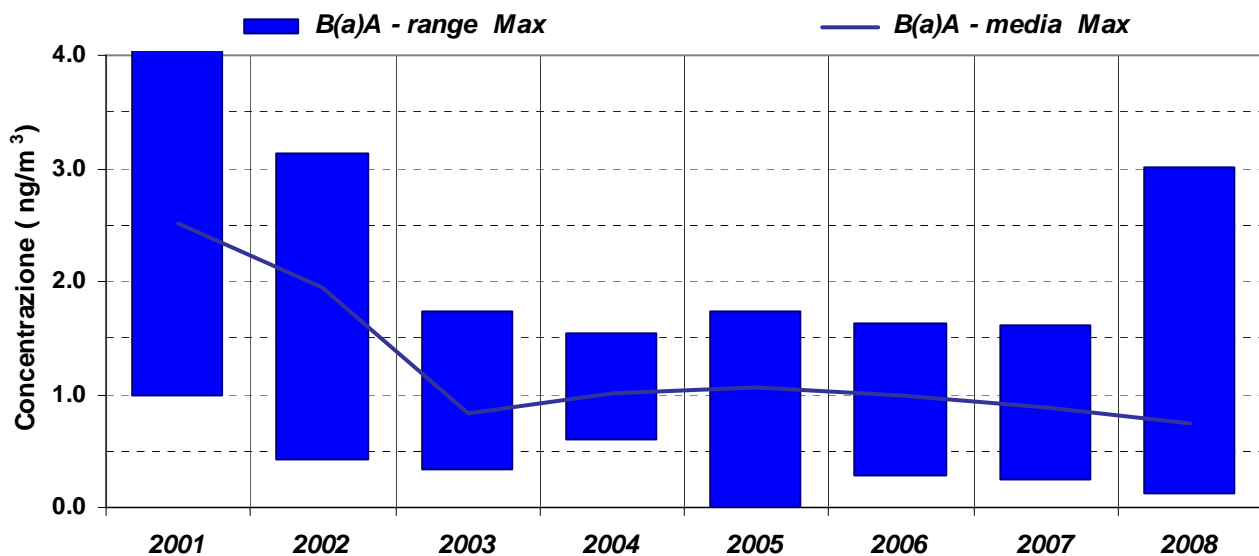
 Tabella 11.7: Concentrazioni massime mensili di Benzo(a)antracene nel particolato PM10 [ng/m³]


Figura 11.5: Benzo(a)antracene [B(a)A] – Range valori massimi mensili ed andamento del valore medio delle massime mensili nell'anno

B(a)A in PM 10		Ceramiche	Cotignola	Randi	Marconi	Rocca	Caorle	Zalamella	SAPIR
1997 - 2008	2001	0,7	1,0	0,5		0,5	0,3	0,7	0,3
	2002	0,3	0,4	0,4		0,3	0,1	0,4	0,1
	2003	0,2	0,2	0,2		0,4	0,1	0,3	0,1
	2004	0,2	0,5	0,2		0,5	0,2	0,4	0,2
	2005	0,3	0,4			0,2	0,2	0,5	0,1
	2006	0,2	0,3			0,1	0,1	0,3	0,3
	2007		0,3		0,2	0,1	0,1	0,3	0,2
	2008		0,0		0,1	0,0	0,1	0,5	0,1

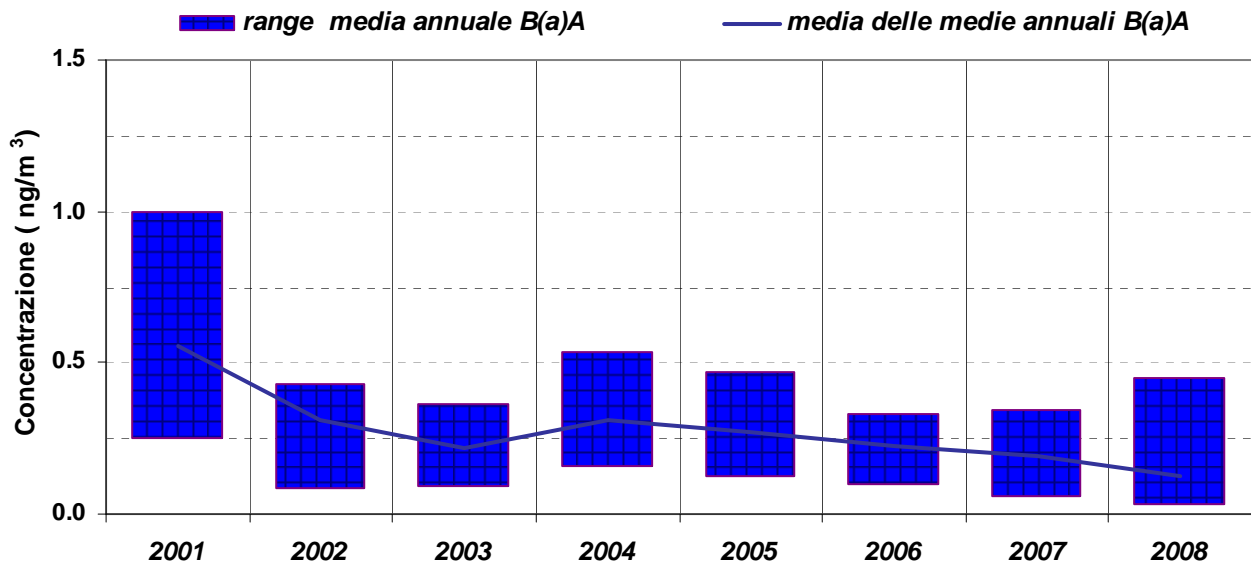
 Tabella 11.8: Concentrazioni medie annuali di Benzo(a)antracene nel particolato PM10 [ng/m³].


Figura 11.6: Benzo(a)antracene [B(a)A] – Range valori medi annuali ed andamento della media annuale

Indeno(1,2,3-cd)pirene [I(1,2,3-cd)P]

<u>I(1,2,3-cd)P</u> in PM 10		Ceramiche	Cotignola	Randi	Marconi	Rocca	Caorle	Zalamella	SAPIR
1997 - 2008	2001	4,1	3,8	2,6		3,0	2,5	2,5	2,6
	2002	1,8	1,7	1,8		2,2	1,2	1,7	0,9
	2003	2,1	1,2	0,8		4,6	1,3	1,8	1,0
	2004	1,6	2,6	2,1		2,3	1,6	1,2	1,7
	2005	2,3	3,9			2,0	3,0	2,5	1,3
	2006	1,6	3,4			2,6	2,5	1,9	2,2
	2007		2,2		2,3	1,9	1,9	1,3	1,7
	2008		0,5		1,6	0,8	0,9	3,4	0,8

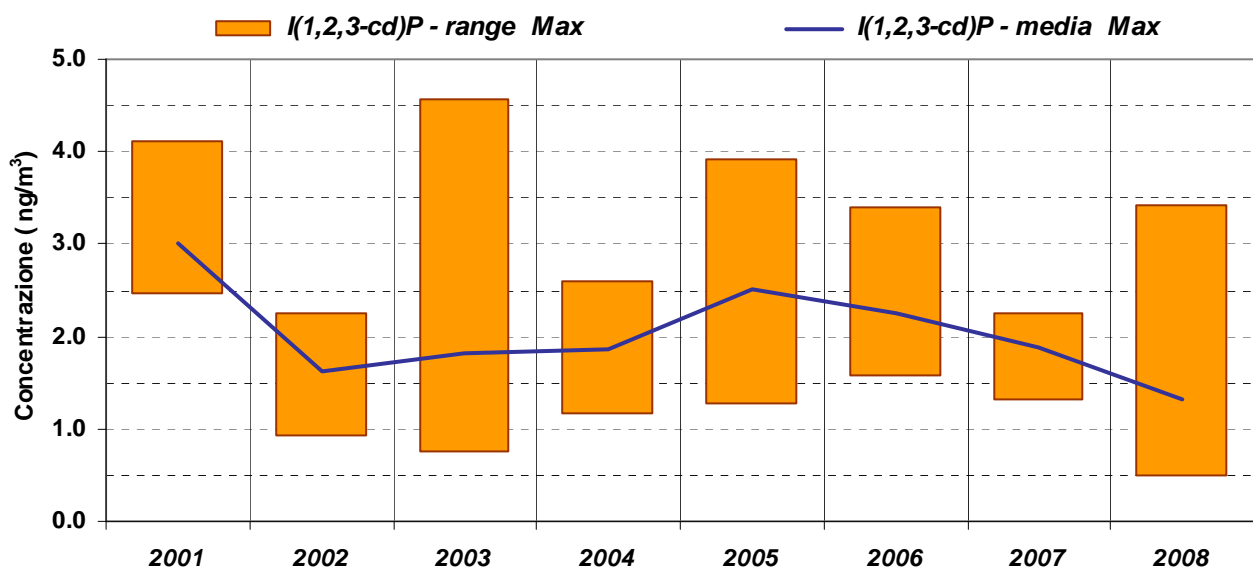
 Tabella 11.9: Concentrazioni massime mensili di Indeno(1,2,3-cd)pirene nel particolato PM10 [ng/m³]


Figura 11.7: Indeno(1,2,3-cd)pirene [I(1,2,3-cd)P] – Range valori massimi mensili ed andamento del valore medio delle massime mensili nell'anno

<i>I(1,2,3-cd)P</i> <i>in PM 10</i>		Ceramiche	Cotignola	Randi	Marconi	Rocca	Caorle	Zalamella	SAPIR
1997 - 2008	2001	1,2	1,2	0,5		0,8	0,8	0,9	0,7
	2002	0,6	0,5	0,4		0,6	0,4	0,4	0,2
	2003	0,5	0,4	0,2		1,1	0,3	0,4	0,3
	2004	0,5	0,9	0,5		0,8	0,5	0,4	0,4
	2005	0,6	0,8			0,4	0,5	0,5	0,3
	2006	0,3	0,7			0,5	0,5	0,4	0,5
	2007		0,5		0,4	0,3	0,3	0,3	0,3
	2008		0,1		0,3	0,2	0,2	0,5	0,2

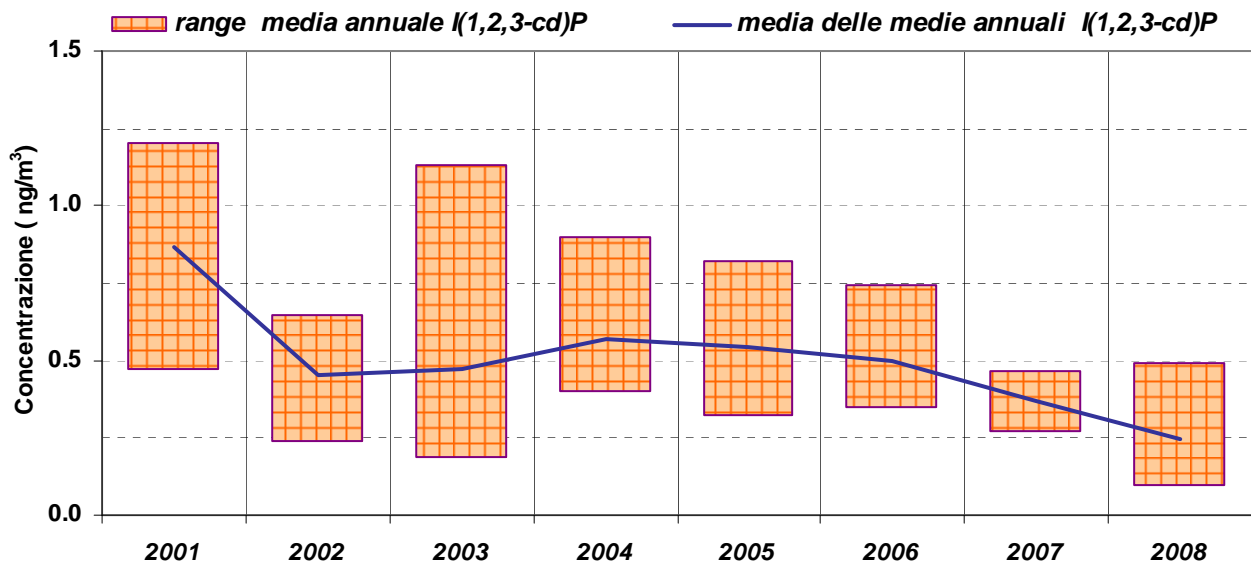
 Tabella 11.10: Concentrazioni medie annuali di Indeno(1,2,3-cd)pirene nel particolato PM 10 [ng/m³].


Figura 11.8: Indeno(1,2,3-cd)pirene [I(1,2,3-cd)P] – Range valori medi annuali ed andamento della media annuale

Benzo(b)fluorantene [B(b)F]

<u>B(b)F</u> in PM 10		Ceramiche	Cotignola	Randi	Marconi	Rocca	Caorle	Zalamella	SAPIR
1997 - 2008	2001	6,2	6,7	4,6		4,3	4,3	4,3	4,9
	2002	3,6	4,1	2,3		2,9	2,8	3,9	1,0
	2003	2,6	2,2	1,0		4,4	2,0	1,8	1,8
	2004	2,5	3,5	2,3		3,7	2,4	2,3	2,2
	2005	2,6	4,1			3,3	3,0	3,0	2,4
	2006	2,9	5,5			4,1	4,1	3,3	3,9
	2007		4,0		3,6	3,2	3,1	2,3	2,9
	2008		1,9		3,3	1,5	1,9	7,3	1,8

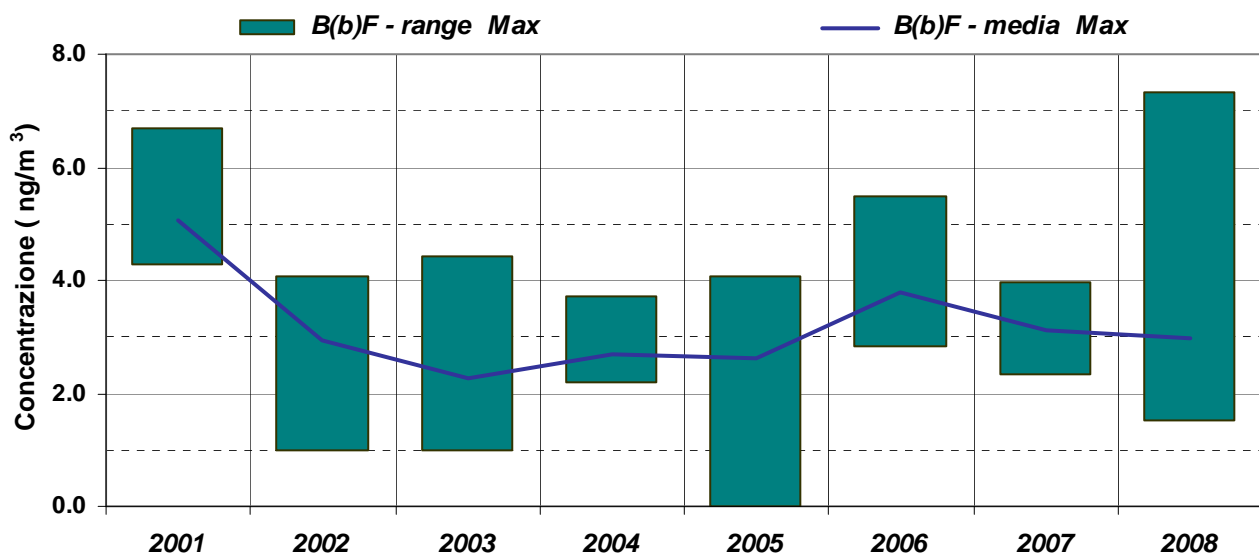
 Tabella 11.11: Concentrazioni massime mensili di Benzo(b)fluorantene nel particolato PM 10 [ng/m³]


Figura 11.9: Benzo(b)fluorantene [B(b)F] – Range valori massimi mensili ed andamento del valore medio delle massime mensili nell'anno

<i>B(b)F</i> <i>in PM 10</i>		Ceramiche	Cotignola	Randi	Marconi	Rocca	Caorle	Zalamella	SAPIR
			1997 - 2008	2001	1,4	2,0	0,8		1,0
	2002	0,9	1,0	0,5		1,0	0,6	0,7	0,3
	2003	0,7	0,6	0,3		1,2	0,4	0,6	0,5
	2004	0,9	1,5	0,7		1,3	0,8	0,8	0,7
	2005	0,8	1,2			0,7	0,7	0,9	0,6
	2006	0,7	1,4			1,2	1,0	0,8	0,9
	2007		1,1		0,8	0,6	0,7	0,6	0,8
	2008		0,4		0,8	0,4	0,5	1,2	0,5

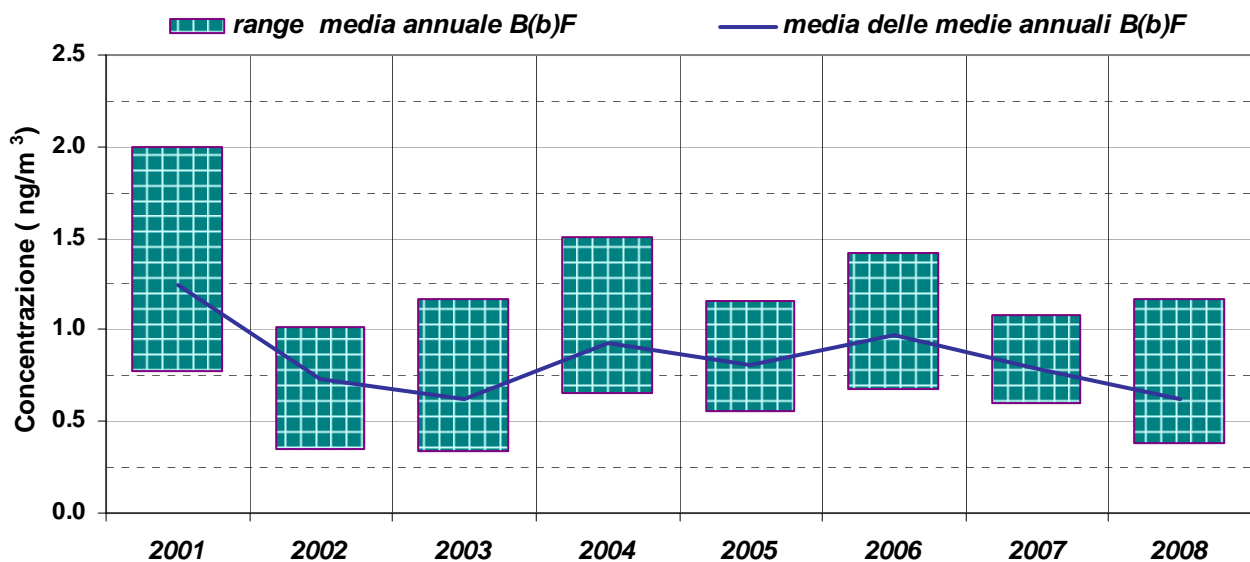
 Tabella 11.12: Concentrazioni medie annuali di Benzo(b)fluorantene nel particolato PM 10 [ng/m³].


Figura 11.10: Benzo(b)fluorantene [B(b)F] – Range valori medi annuali ed andamento della media annuale

Dibenzo(a,h)antracene [DB(a,h)A]

<u>DB(a,h)A</u> in PM 10		Ceramiche	Cotignola	Randi	Marconi	Rocca	Caorle	Zalamella	SAPIR
1997 - 2008	2001	0,7	0,8	0,5		0,5	0,4	0,4	0,4
	2002	0,3	0,4	0,2		0,6	0,2	0,3	0,1
	2003	0,3	0,2	0,1		0,6	0,2	0,2	0,2
	2004	0,2	0,4	0,3		0,2	0,2	0,1	0,2
	2005	0,1	0,2			0,2	0,1	0,1	0,1
	2006	0,2	0,3			1,5	0,2	0,2	0,2
	2007		0,2		0,2	0,1	0,1	0,1	0,1
	2008		0,0		0,3	0,1	0,2	0,6	0,1

Tabella 11.13: Concentrazioni massime mensili di Dibenzo(a,h)antracene nel particolato PM 10 [ng/m³]

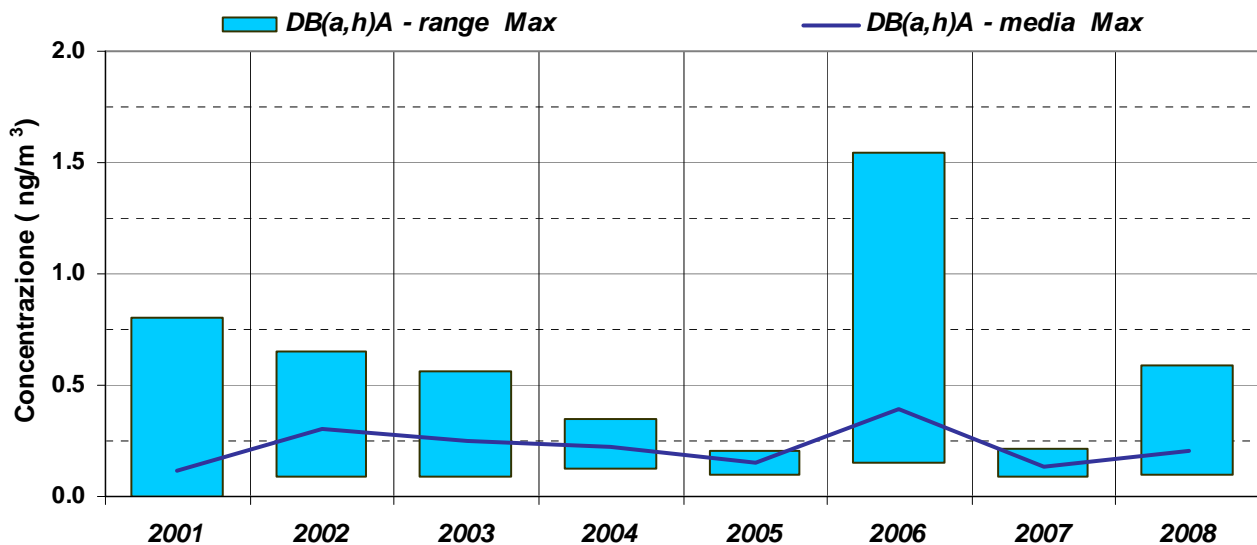


Figura 11.11: Dibenzo(a,h)antracene [DB(a,h)A] – Range valori massimi mensili ed andamento del valore medio delle massime mensili nell'anno

<i>DB(a,h)A</i> <i>in PM 10</i>		Ceramiche	Cotignola	Randi	Marconi	Rocca	Caorle	Zalamella	SAPIR
1997 - 2008	2001	0,00	0,22	0,00		0,00	0,00	0,00	0,00
	2002	0,07	0,07	0,04		0,12	0,05	0,05	0,03
	2003	0,06	0,05	0,02		0,13	0,04	0,04	0,04
	2004	0,05	0,10	0,05		0,07	0,05	0,04	0,05
	2005	0,04	0,06			0,04	0,03	0,03	0,03
	2006	0,03	0,08			0,18	0,04	0,04	0,05
	2007		0,04		0,03	0,02	0,02	0,02	0,03
	2008		0,01		0,05	0,02	0,02	0,07	0,02

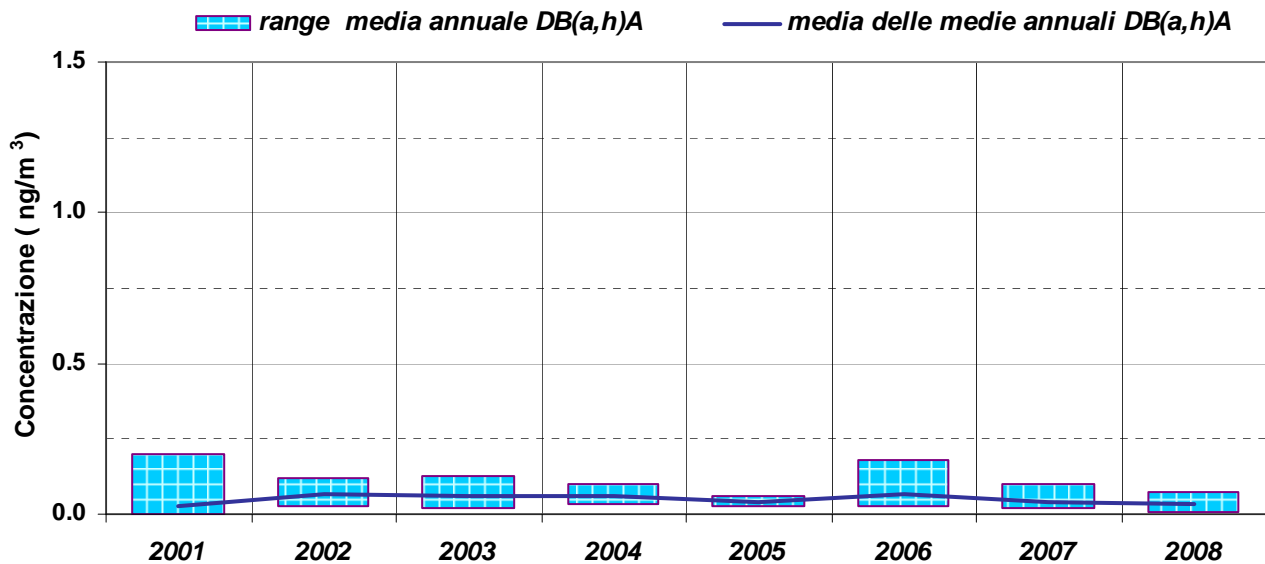
 Tabella 11.14: Concentrazioni medie annuali di Dibenzo(a,h)antracene nel particolato PM 10 [ng/m³].


Figura 11.12: Dibenzo(a,h)antracene [DB(a,h)A] – Range valori medi annuali ed andamento della media annuale

2009 – 2010

Benzo(a)Pirene [B(a)P]

<u>B(a)P nel PM 10</u>		Marconi	Zalamella	Rocca	Caorle	Giardini	Bucci	Delta Cervia	SAPIR
		Valore massimo mensile rilevato nell'anno [ng/m³]							
2009-2010	2009	0,77	0,49	0,50	0,50	0,30	0,77	0,56	0,69
	2010	0,97	1,03	1,06	1,00	1,03	0,90	0,64	0,88
		Media annuale [ng/m³]							
2009-2010	2009	0,25	0,19	0,16	0,18	0,08	0,14	0,12	0,16
	2010	0,24	0,25	0,23	0,27	0,20	0,16	0,18	0,19

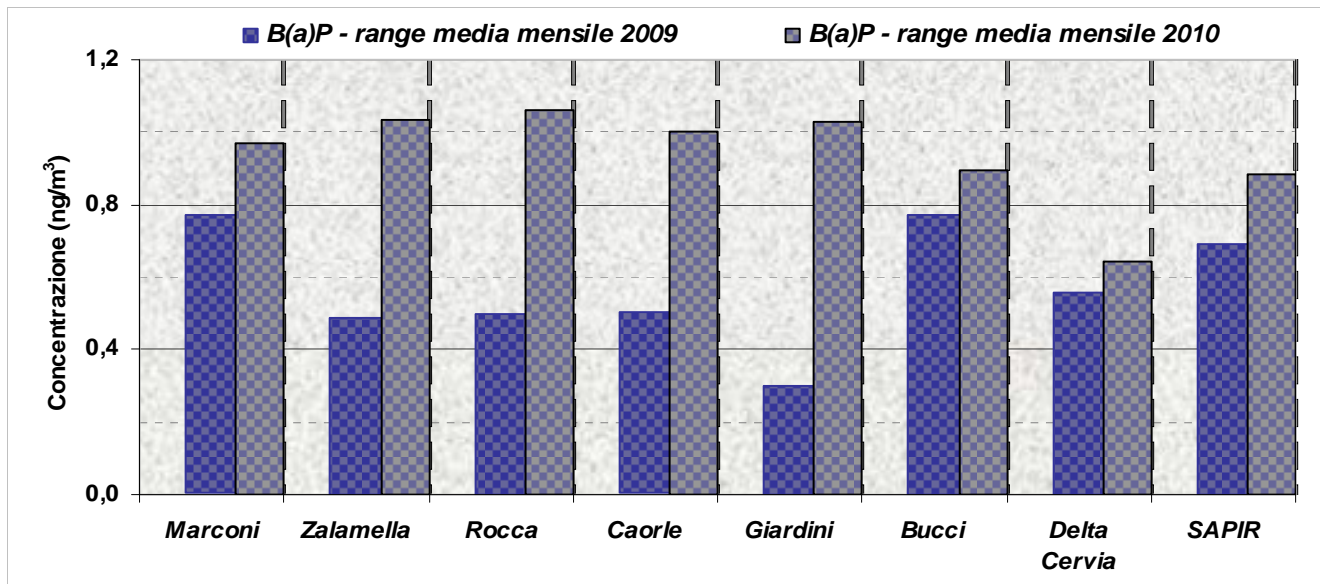
 Tabella 11.15: Concentrazioni massime mensili e medie annuali di Benzo(a)pirene nel particolato PM 10 [ng/m³] – Anni 2009 e 2010


Figura 11.13 : Benzo(a)pirene [B(a)P] - Concentrazioni massime mensili

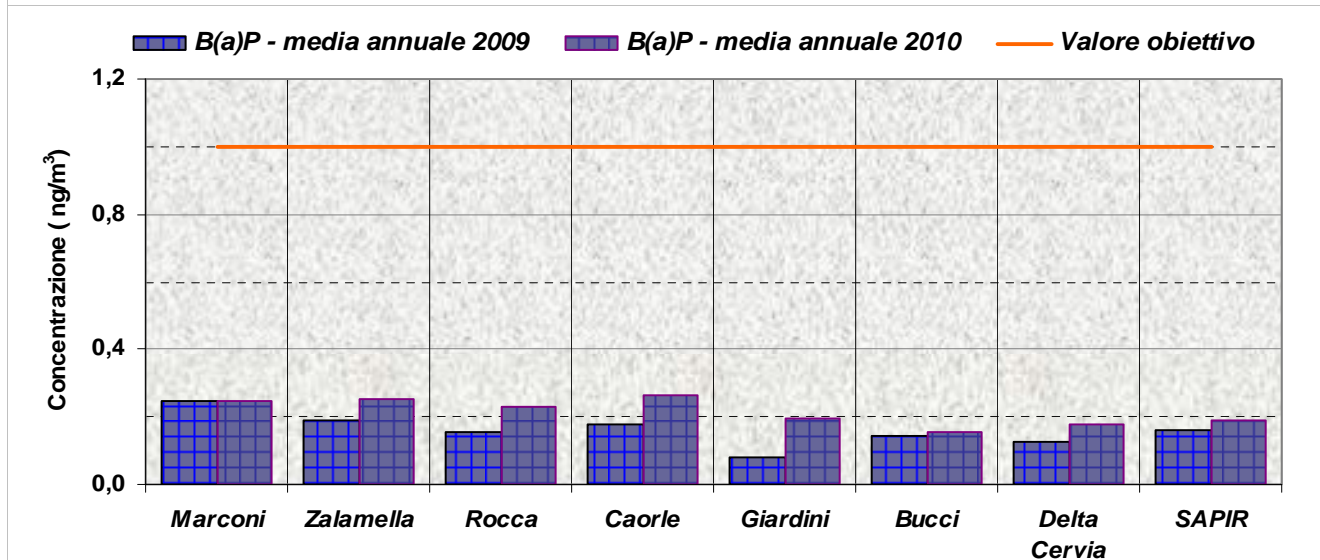


Figura 11.14: Benzo(a)pirene [B(a)P] - Concentrazioni medie annuali

Benzo(k+j)fluorantene [B(k)F]

<u>B(k+j)F nel PM 10</u>		Marconi	Zalamella	Rocca	Caorle	Giardini	Bucci	Delta Cervia	SAPIR
		Valore massimo mensile rilevato nell'anno [ng/m³]							
2009-2010	2009	0,43	0,29	0,31	0,32	0,30	0,77	0,77	0,43
	2010	0,50	0,59	0,60	0,58	1,03	0,90	0,90	0,48
		Media annuale [ng/m³]							
2009-2010	2009	0,14	0,12	0,10	0,11	0,08	0,14	0,13	0,12
	2010	0,15	0,17	0,15	0,15	0,20	0,16	0,16	0,15

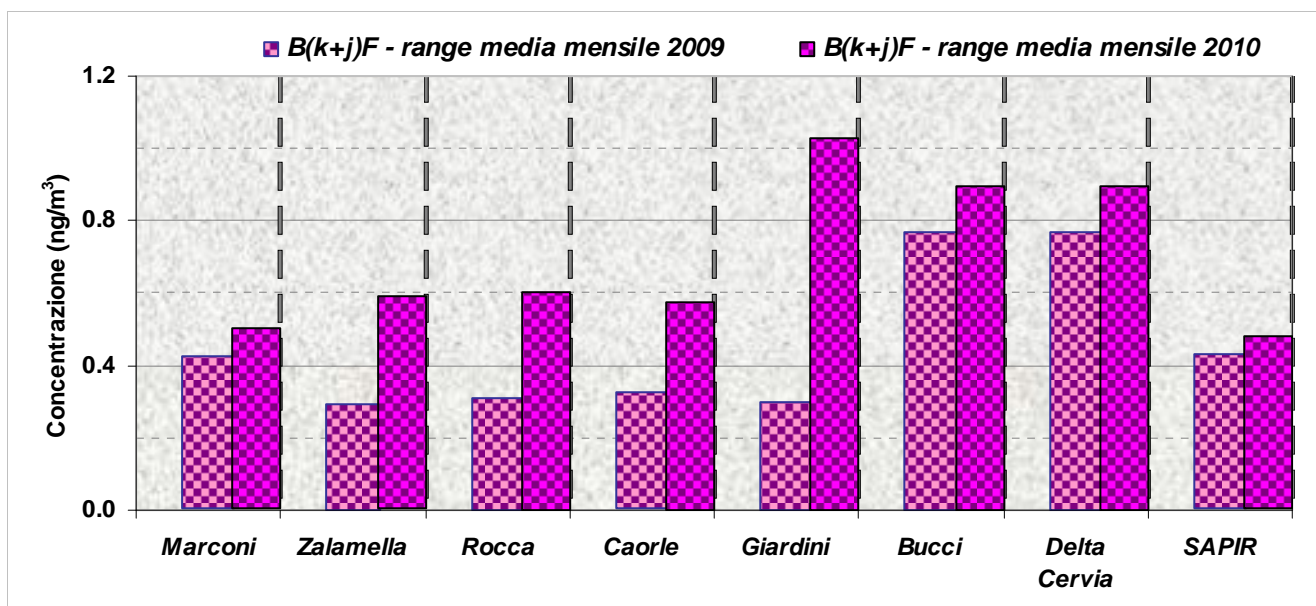
 Tabella 11.16: Concentrazioni massime mensili e medie annuali di Benzo(k+j)fluorantene nel particolato PM 10 [ng/m³] – Anni 2009 e 2010


Figura 11.15: Benzo(k+j)fluorantene [B(k+j)F] - Range concentrazioni massime mensili nelle stazioni

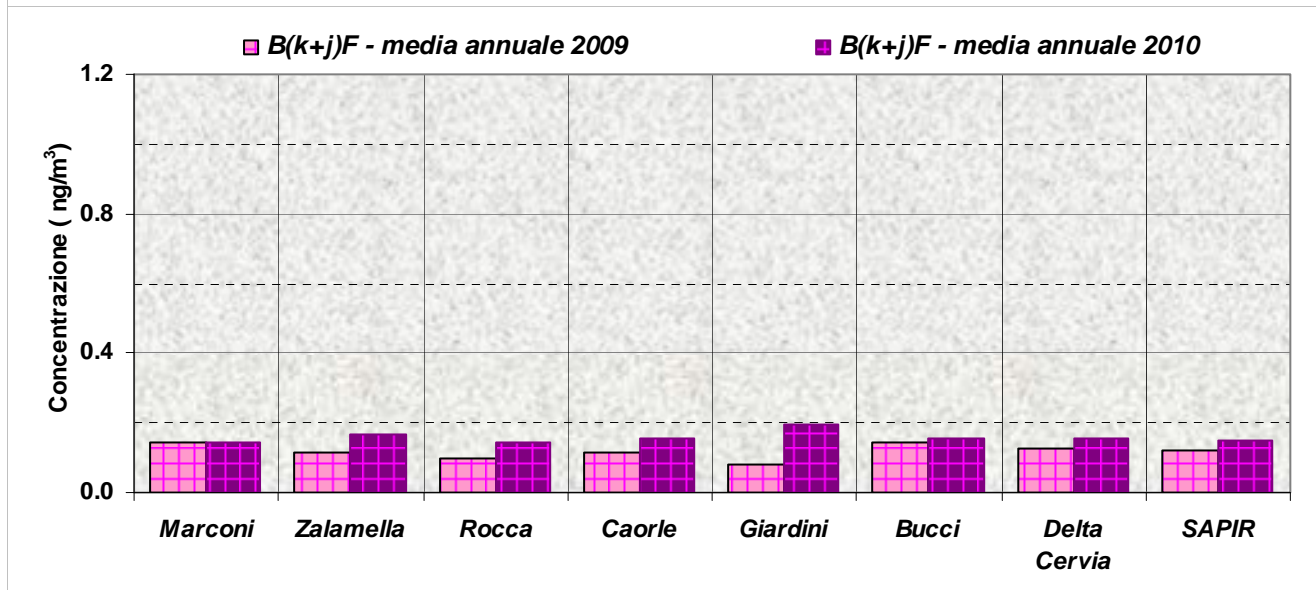
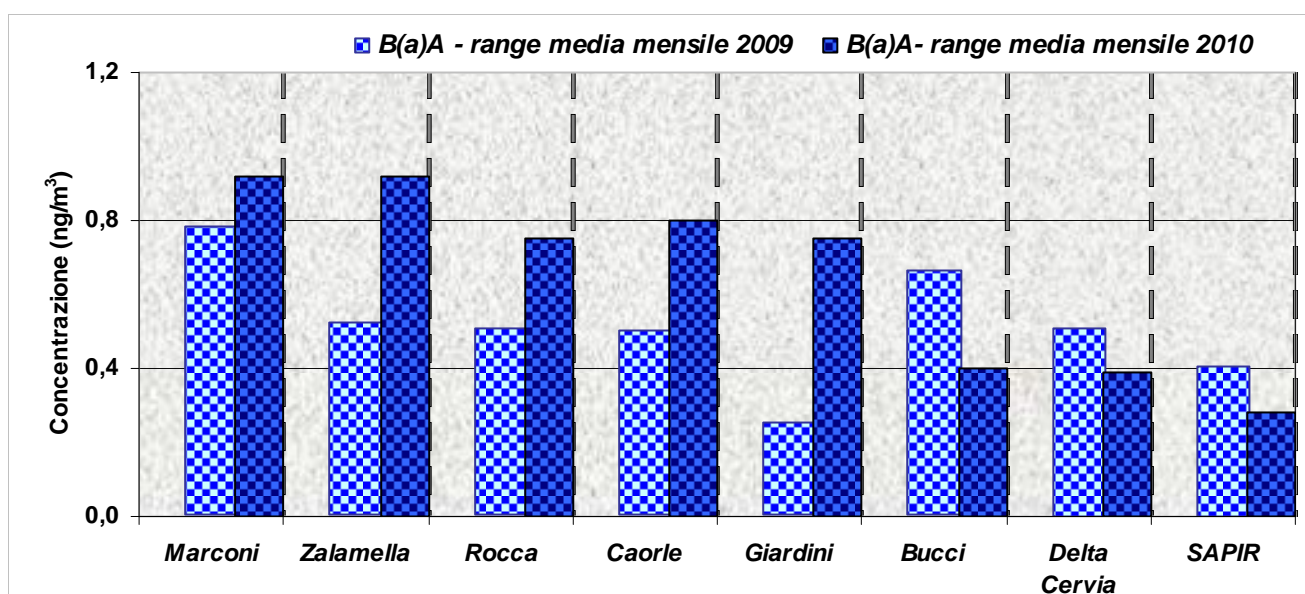
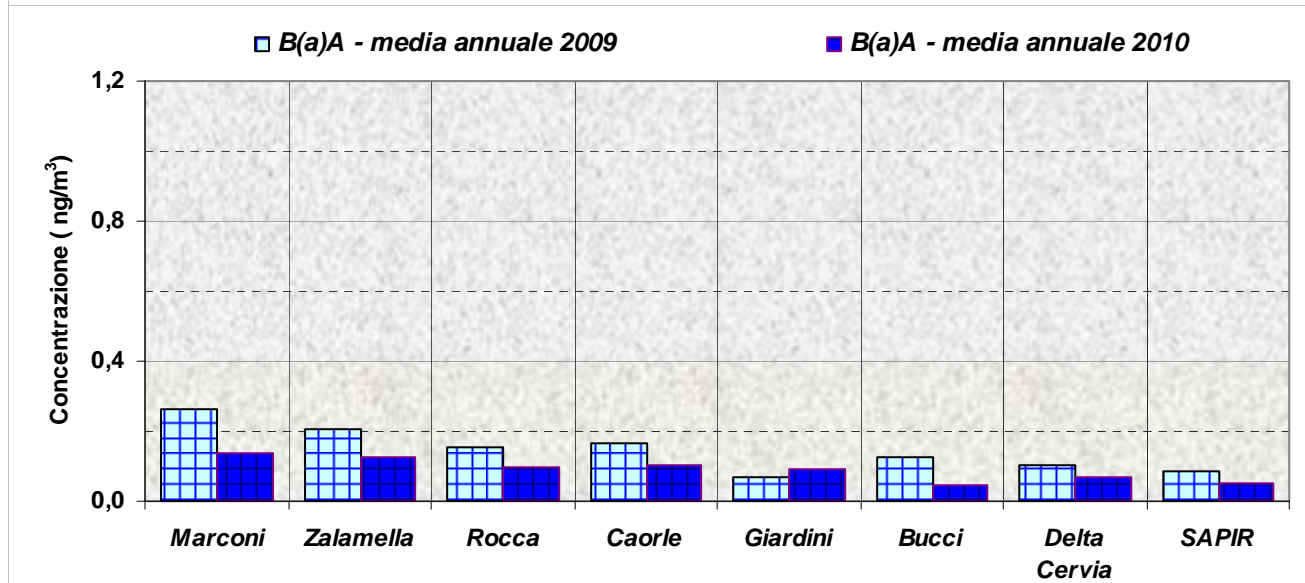


Figura 11.16: Benzo(k+j)fluorantene [B(k+j)F] – Concentrazioni medie annuali

Benzo(a)antracene [B(a)A]

B(a)A nel PM 10		Marconi	Zalamella	Rocca	Caorle	Giardini	Bucci	Delta Cervia	SAPIR
		Valore massimo mensile rilevato nell'anno [ng/m³]							
2009-2010	2009	0,79	0,52	0,51	0,50	0,26	0,66	0,47	0,41
	2010	0,92	0,92	0,75	0,80	0,81	0,40	0,39	0,28
		Media annuale [ng/m³]							
2009-2010	2009	0,26	0,20	0,15	0,17	0,07	0,12	0,10	0,09
	2010	0,14	0,12	0,10	0,10	0,09	0,04	0,07	0,05

Tabella 11.17: Concentrazioni massime mensili e medie annuali di Benzo(a)antracene nel particolato PM 10 [ng/m³] – Anni 2009 e 2010

Figura 11.17: Benzo(a)antracene [B(a)A]- Range concentrazioni massime mensili nelle stazioni

Figura 11.18: Benzo(a)antracene [B(a)A] – Concentrazioni medie annuali

Indeno(1,2,3-cd)pirene [I(1,2,3-cd)P]

I(1,2,3-cd)P nel PM 10		Marconi	Zalamella	Rocca	Caorle	Giardini	Bucci	Delta Cervia	SAPIR
		Valore massimo mensile rilevato nell'anno [ng/m³]							
2009-2010	2009	0,75	0,44	0,45	0,45	0,26	0,66	0,66	0,69
	2010	0,81	0,82	0,92	0,92	0,81	0,52	0,52	0,92
		Media annuale [ng/m³]							
2009-2010	2009	0,22	0,17	0,15	0,17	0,07	0,12	0,11	0,18
	2010	0,20	0,20	0,22	0,24	0,13	0,+	0,10	0,22

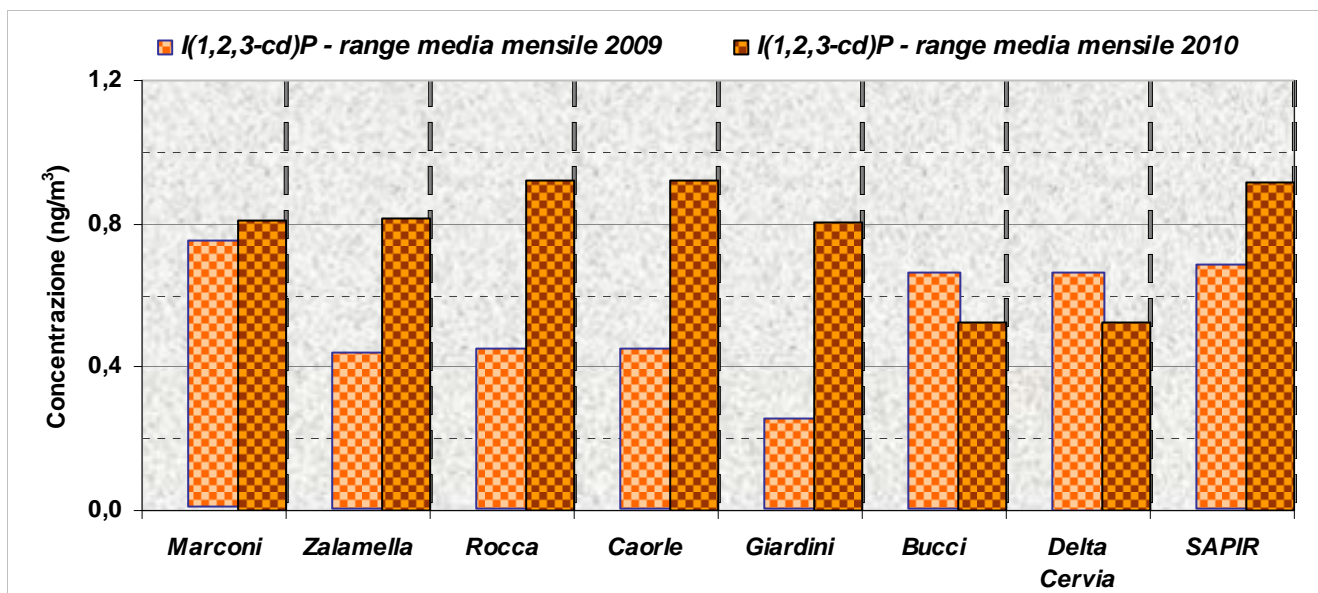
 Tabella 11.18: Concentrazioni massime mensili e medie annuali di Indeno(1,2,3-cd)pirene nel particolato PM 10 [ng/m³] – Anni 2009 e 2010


Figura 11.19: Indeno(1,2,3-cd)pirene [I(1,2,3-cd)P]- Range concentrazioni massime mensili

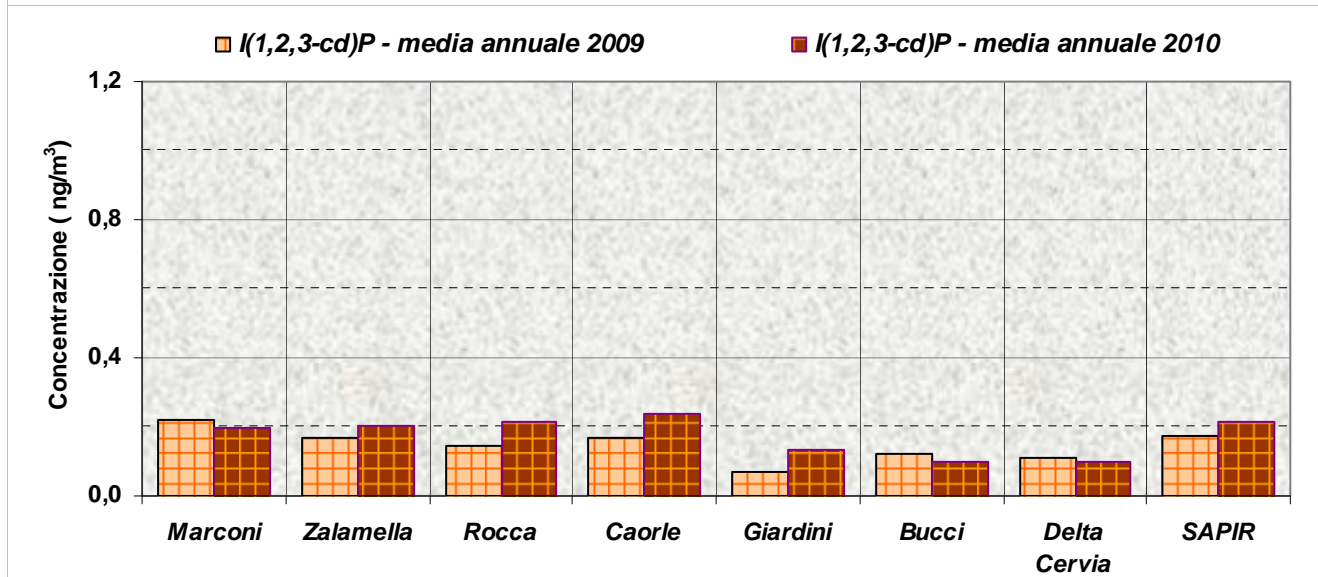
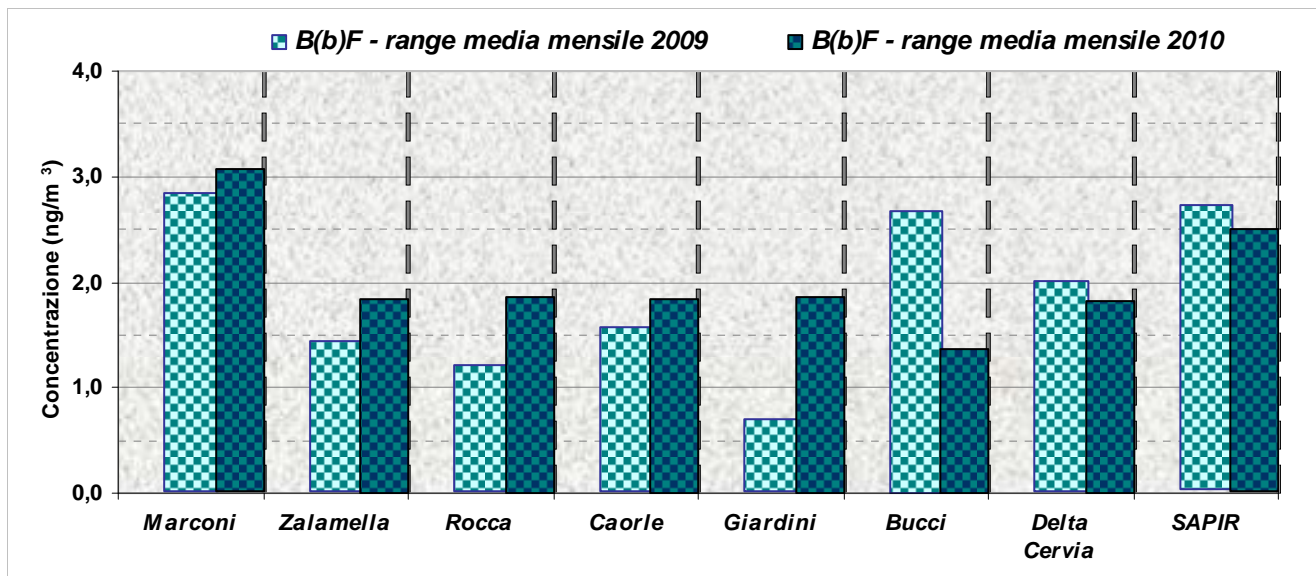
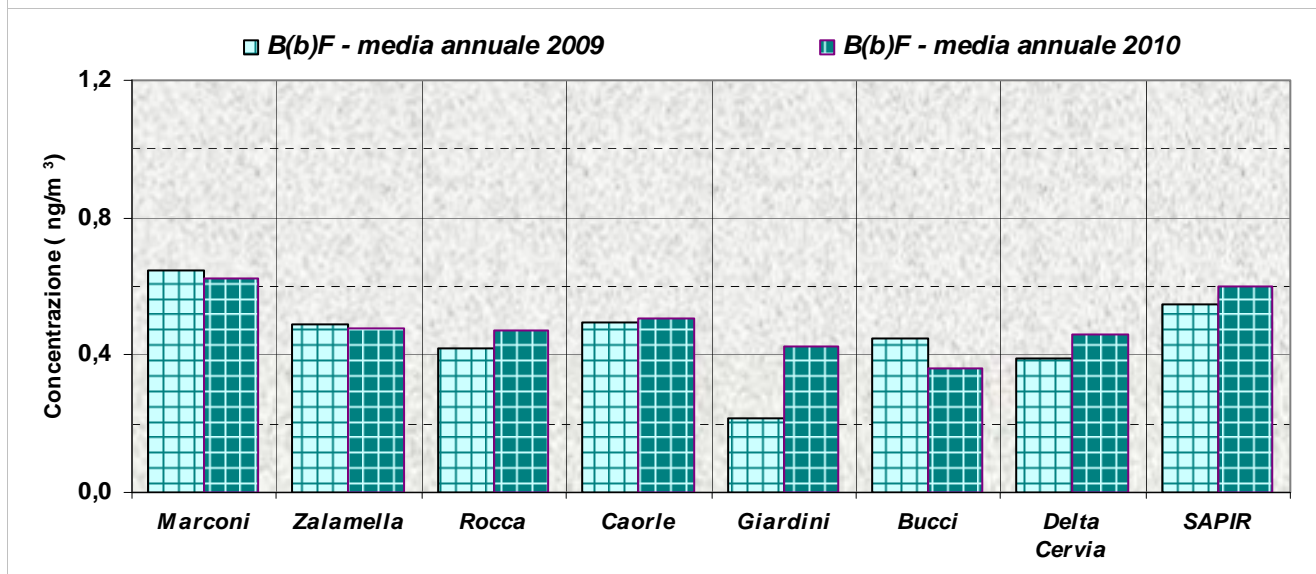


Figura 11.20: Indeno(1,2,3-cd)pirene [I(1,2,3-cd)P] – Concentrazioni medie annuali

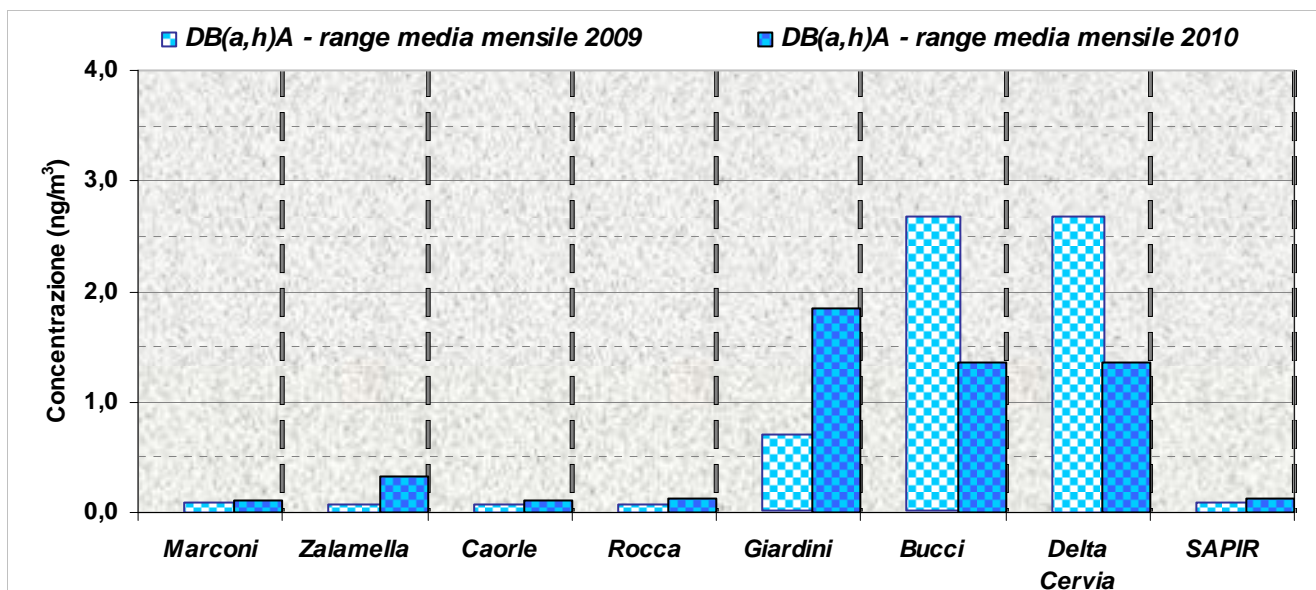
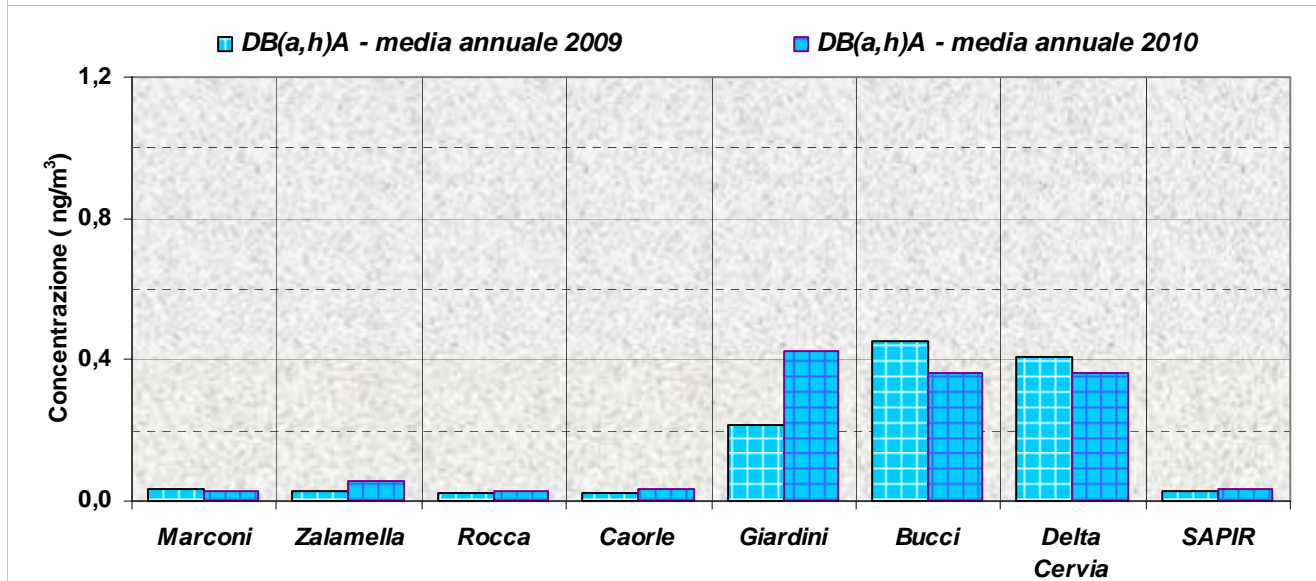
Benzo(b)fluorantene [B(b)F]

<u>B(b)F nel PM 10</u>		Marconi	Zalamella	Rocca	Caorle	Giardini	Bucci	Delta Cervia	SAPIR
		Valore massimo mensile rilevato nell'anno [ng/m³]							
2009-2010	2009	2,85	1,44	1,22	1,57	0,71	2,68	2,02	2,73
	2010	3,07	1,84	1,85	1,83	1,85	1,36	1,81	2,50
		Media annuale [ng/m³]							
2009-2010	2009	0,64	0,49	0,42	0,49	0,22	0,45	0,39	0,55
	2010	0,62	0,48	0,47	0,51	0,43	0,36	0,46	0,60

Tabella 11.19: Concentrazioni massime mensili e medie annuali di Benzo(b)fluorantene nel particolato PM 10 [ng/m³] – Anni 2009 e 2010

Figura 11.21: Benzo(b)fluorantene [B(b)F]- Range concentrazioni massime mensili nelle stazioni

Figura 11.22: Benzo(b)fluorantene [B(b)F] – Concentrazioni medie annuali

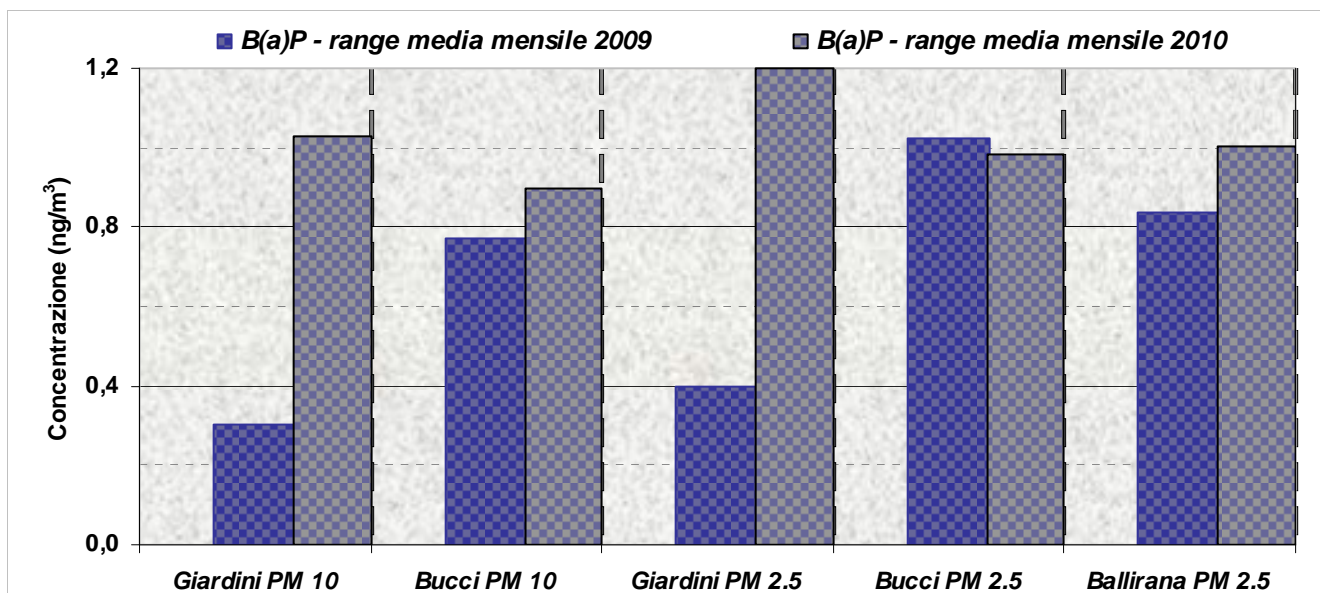
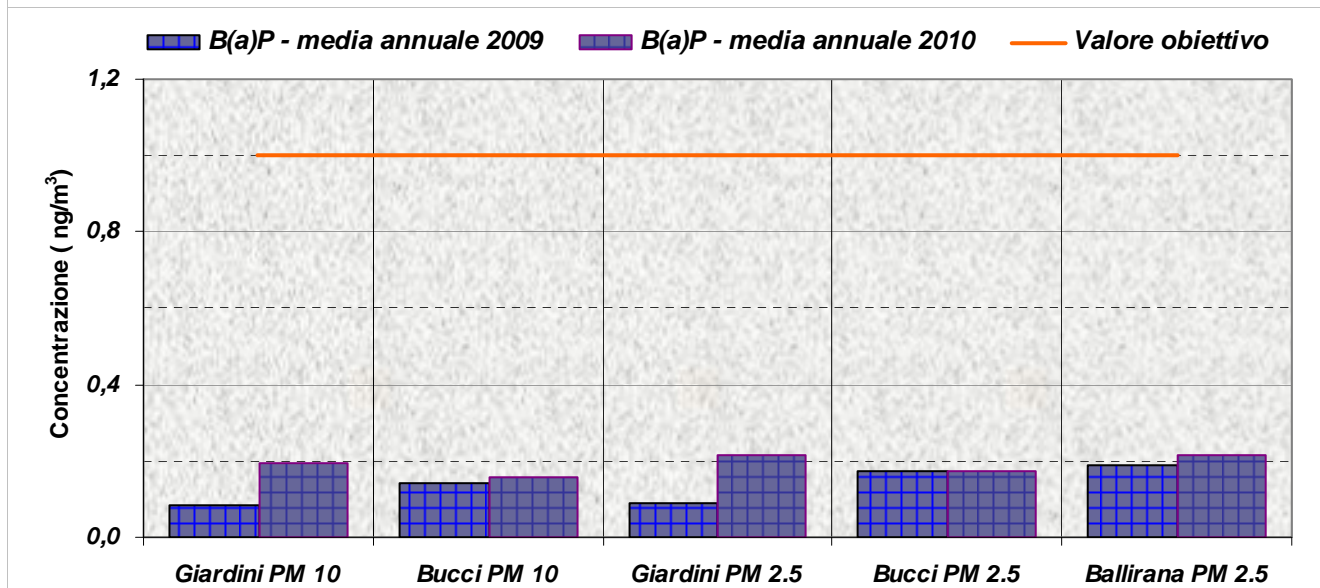
Dibenzo(a,h)antracene [DB(a,h)A]

<u>DB(a,h)A nel PM 10</u>		Marconi	Zalamella	Rocca	Caorle	Giardini	Bucci	Delta Cervia	SAPIR
		Valore massimo mensile rilevato nell'anno [ng/m³]							
2009-2010	2009	0,09	0,08	0,07	0,07	0,71	2,68	2,68	0,09
	2010	0,11	0,32	0,11	0,12	1,85	1,36	1,36	0,13
		Media annuale [ng/m³]							
2009-2010	2009	0,03	0,03	0,02	0,03	0,22	0,45	0,41	0,03
	2010	0,03	0,06	0,03	0,03	0,43	0,36	0,36	0,03

Tabella 11.20: Concentrazioni massime mensili e medie annuali di Dibenzo(a,h)antracene nel particolato PM 10 [ng/m³] – Anni 2009 e 2010

Figura 11.23: Dibenzo(a,h)antracene [DB(a,h)A] - Range concentrazioni massime mensili

Figura 11.24: Dibenzo(a,h)antracene [DB(a,h)A] – Concentrazioni medie annuali

2009 – 2010 - BENZO(A)PIRENE E IPA IN PM 10 E PM 2.5
Benzo(a)Pirene [B(a)P]

B(a)P		Giardini	Bucci	Giardini	Bucci	Ballirana
PM 2.5 e PM 10		PM 10	PM 10	PM 2.5	PM 2.5	PM 2.5
Valore massimo mensile rilevato nell'anno [ng/m³]						
2009-2010	2009	0,30	0,77	0,40	1,02	0,84
	2010	1,03	0,90	1,20	0,98	1,01
Media annuale [ng/m³]						
2009-2010	2009	0,08	0,14	0,09	0,17	0,19
	2010	0,20	0,16	0,21	0,17	0,21

Tabella 11.21: Concentrazioni massime mensili e medie annuali di Benzo(a)pirene nel particolato PM 10 [ng/m³] – Anni 2009 e 2010

Figura 11.25 : Benzo(a)pirene [B(a)P] - Concentrazioni massime mensili nelle stazioni

Figura 11.26: Benzo(a)pirene [B(a)P] - Concentrazioni medie annuali

Benzo(k)fluorantene [B(k)F]

B(k)F PM 2.5 e PM 10		Giardini PM 10	Bucci PM 10	Giardini PM 2.5	Bucci PM 2.5	Ballirana PM 2.5
		Valore massimo mensile rilevato nell'anno [ng/m³]				
2009-2010	2009	0,30	0,77	0,22	0,52	0,45
	2010	1,03	0,90	0,69	0,41	0,57
		Media annuale [ng/m³]				
2009-2010	2009	0,08	0,14	0,06	0,10	0,12
	2010	0,20	0,16	0,14	0,12	0,13

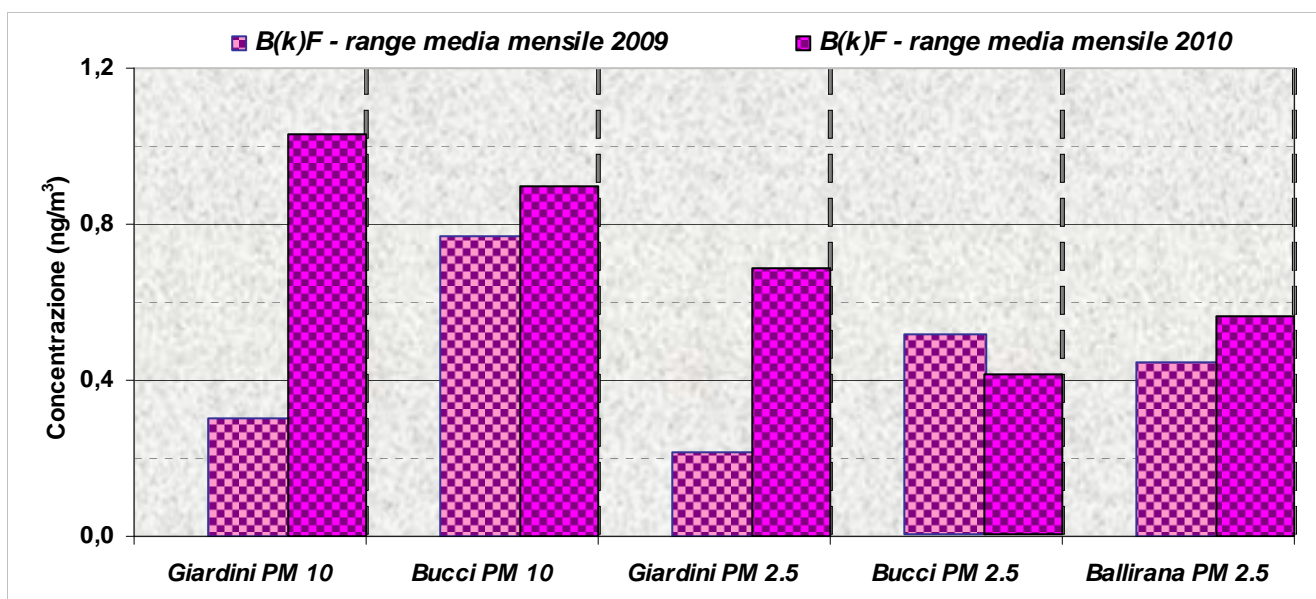
 Tabella 11.22: Concentrazioni massime mensili e medie annuali di Benzo(k)fluorantene nel particolato PM 10 [ng/m³] – Anni 2009 e 2010


Figura 11.27: Benzo(k)fluorantene [B(k)F] - Range concentrazioni massime mensili nelle stazioni

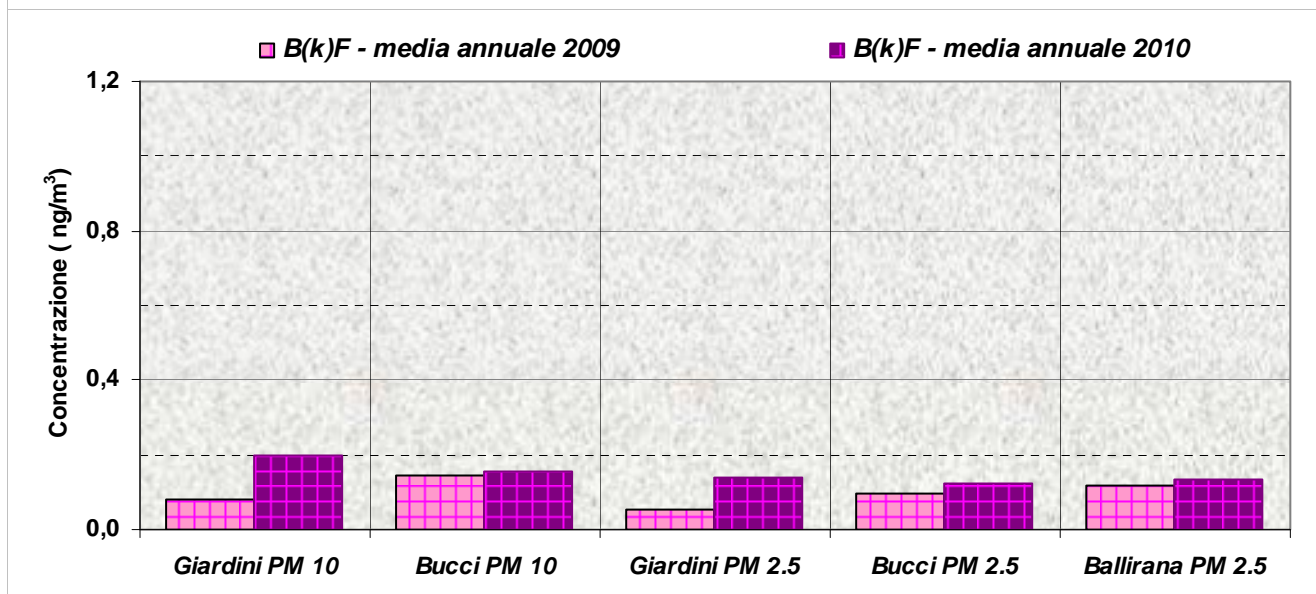


Figura 11.28: Benzo(k)fluorantene [B(k)F] – Concentrazioni medie annuali

Benzo(a)antracene [B(a)A]

B(a)A PM 2.5 e PM 10		Giardini PM 10	Bucci PM 10	Giardini PM 2.5	Bucci PM 2.5	Ballirana PM 2.5
		Valore massimo mensile rilevato nell'anno [ng/m³]				
2009-2010	2009	0,26	0,66	0,35	0,97	0,74
	2010	0,81	0,40	0,90	0,41	0,70
		Media annuale [ng/m³]				
2009-2010	2009	0,07	0,12	0,08	0,16	0,17
	2010	0,09	0,04	0,10	0,05	0,09

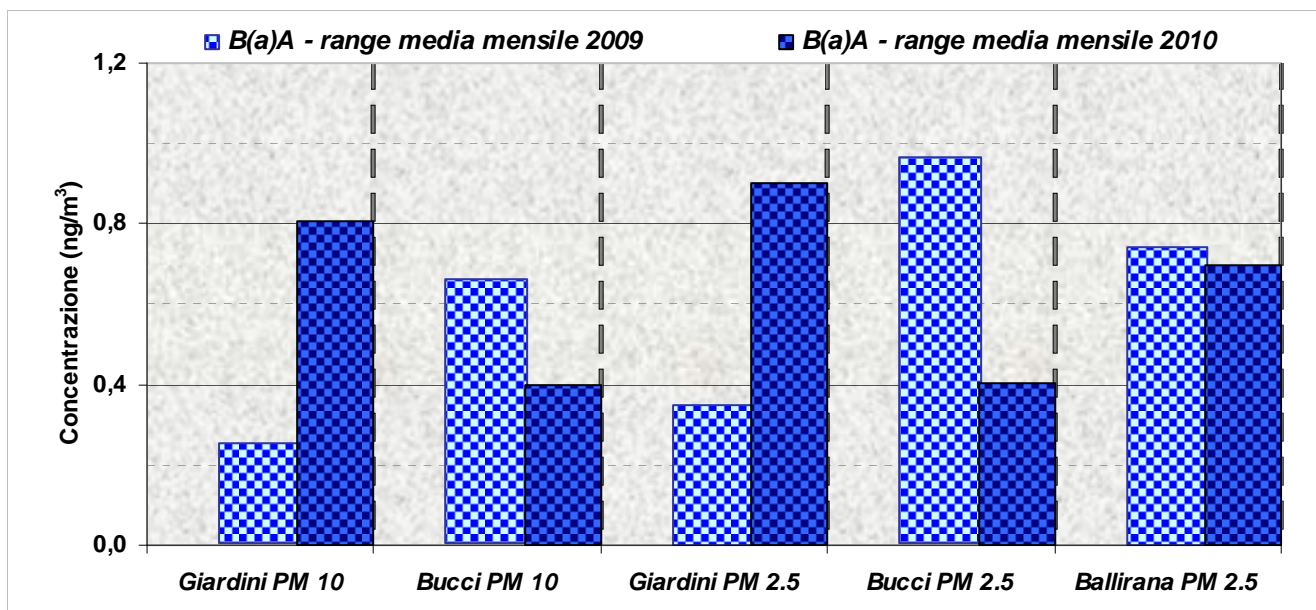
 Tabella 11.23: Concentrazioni massime mensili e medie annuali di Benzo(a)antracene nel particolato PM 10 [ng/m³] – Anni 2009 e 2010


Figura 11.29: Benzo(a)antracene [B(a)A]- Range concentrazioni massime mensili nelle stazioni

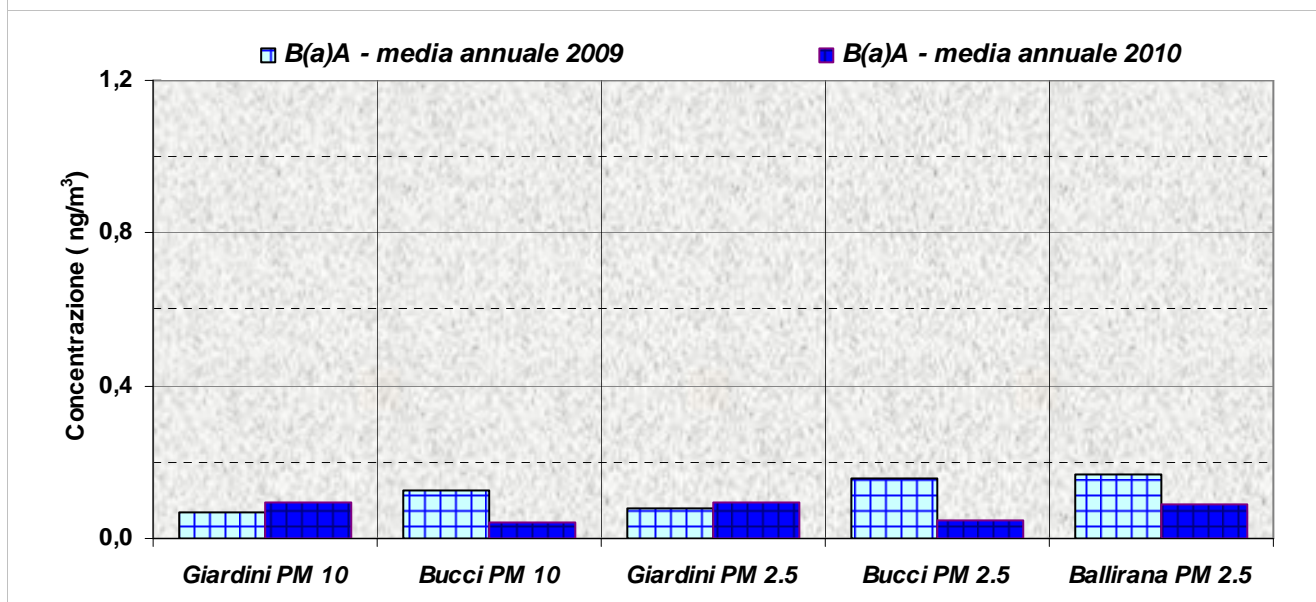


Figura 11.30: Benzo(a)antracene [B(a)A] – Concentrazioni medie annuali

Indeno(1,2,3-cd)pirene [I(1,2,3-cd)P]

I(1,2,3-cd)P PM 2.5 e PM 10		Giardini PM 10	Bucci PM 10	Giardini PM 2.5	Bucci PM 2.5	Ballirana PM 2.5
		Valore massimo mensile rilevato nell'anno [ng/m³]				
2009-2010	2009	0,26	0,66	0,36	0,85	0,75
	2010	0,81	0,52	1,08	0,73	1,06
		Media annuale [ng/m³]				
2009-2010	2009	0,07	0,12	0,09	0,16	0,18
	2010	0,13	0,10	0,19	0,15	0,22

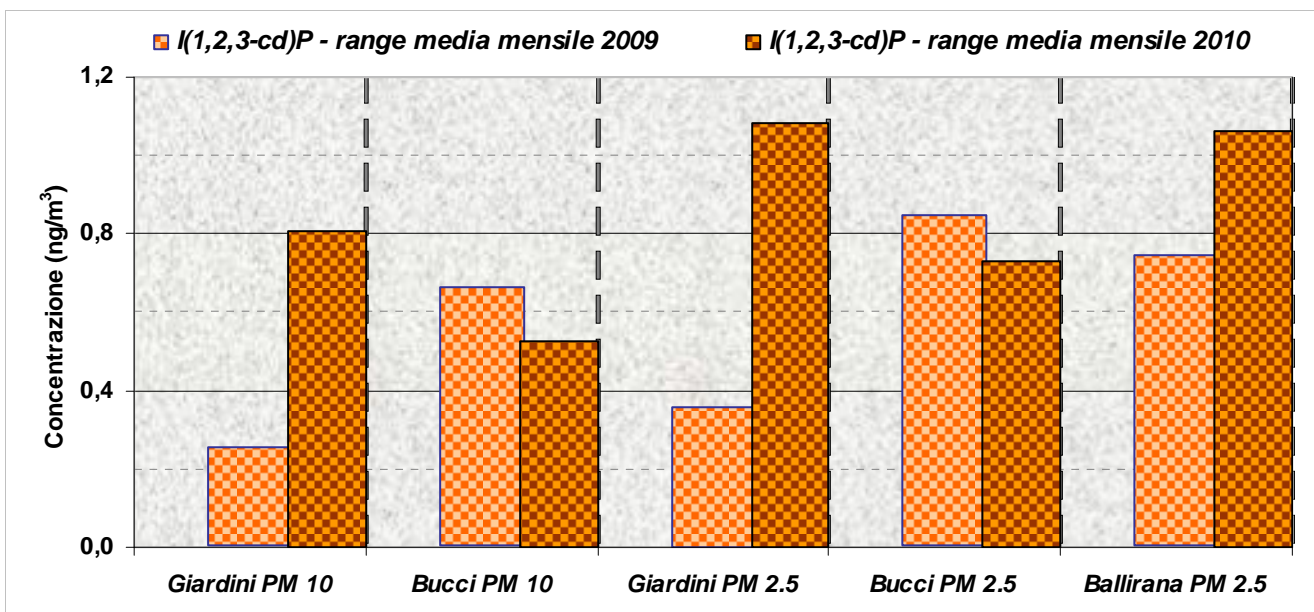
 Tabella 11.24: Concentrazioni massime mensili e medie annuali di Indeno(1,2,3-cd)pirene nel particolato PM 10 [ng/m³] – Anni 2009 e 2010


Figura 11.31: Indeno(1,2,3-cd)pirene [I(1,2,3-cd)P] - Range concentrazioni massime mensili

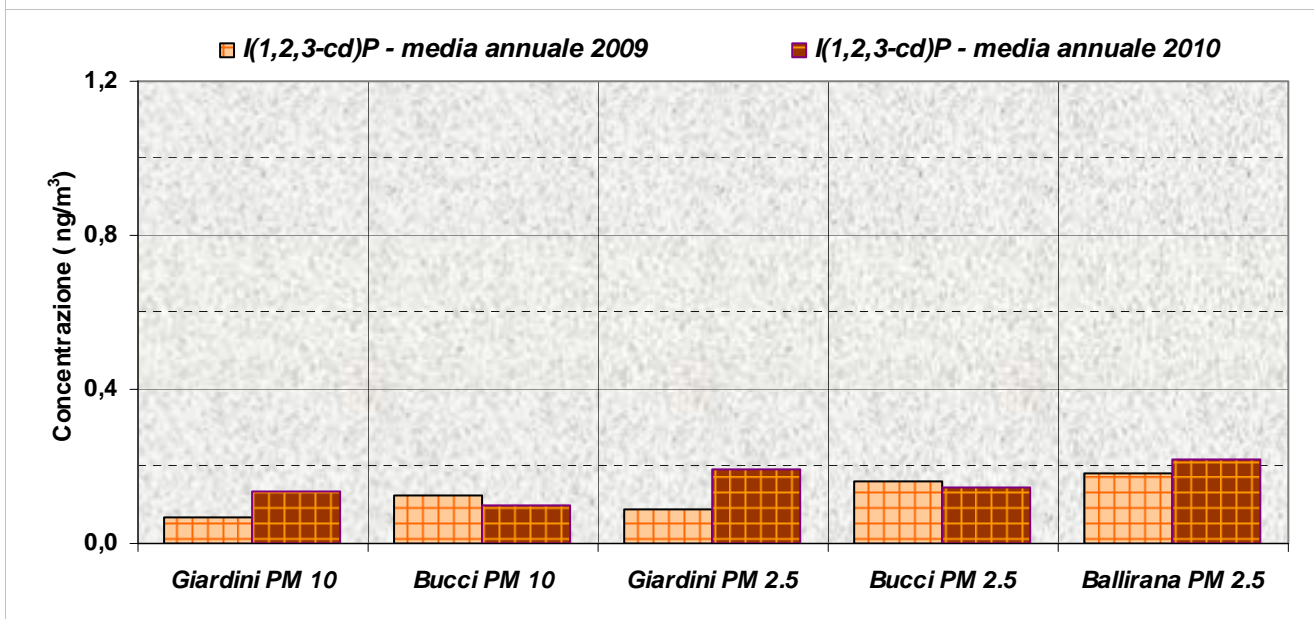


Figura 11.32: Indeno(1,2,3-cd)pirene [I(1,2,3-cd)P] – Concentrazioni medie annuali

Benzo(b)fluorantene [B(b)F]

B(b)F PM 2.5 e PM 10		Giardini PM 10	Bucci PM 10	Giardini PM 2.5	Bucci PM 2.5	Ballirana PM 2.5
		Valore massimo mensile rilevato nell'anno [ng/m³]				
2009-2010	2009	0,71	2,68	1,18	3,30	2,98
	2010	1,85	1,36	2,16	1,45	3,65
		Media annuale [ng/m³]				
2009-2010	2009	0,22	0,45	0,27	0,52	0,57
	2010	0,43	0,36	0,44	0,40	0,60

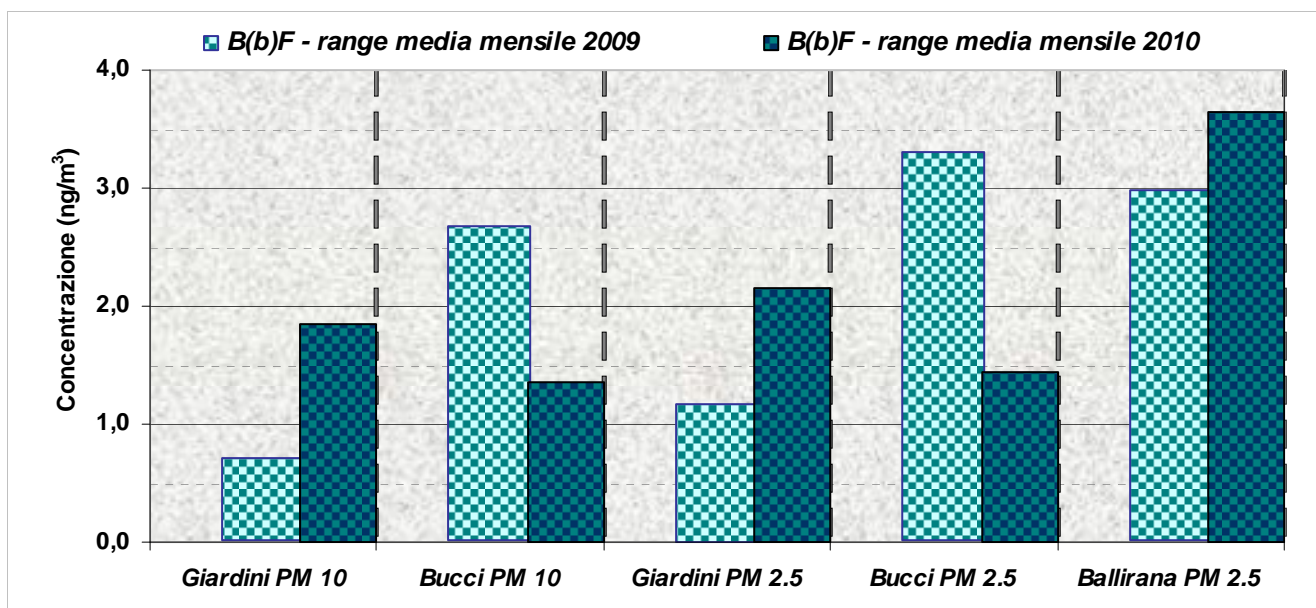
 Tabella 11.25: Concentrazioni massime mensili e medie annuali di Benzo(b)fluorantene nel particolato PM 10 [ng/m³] – Anni 2009 e 2010


Figura 11.33: Benzo(b)fluorantene [B(b)F] - Range concentrazioni massime mensili nelle stazioni

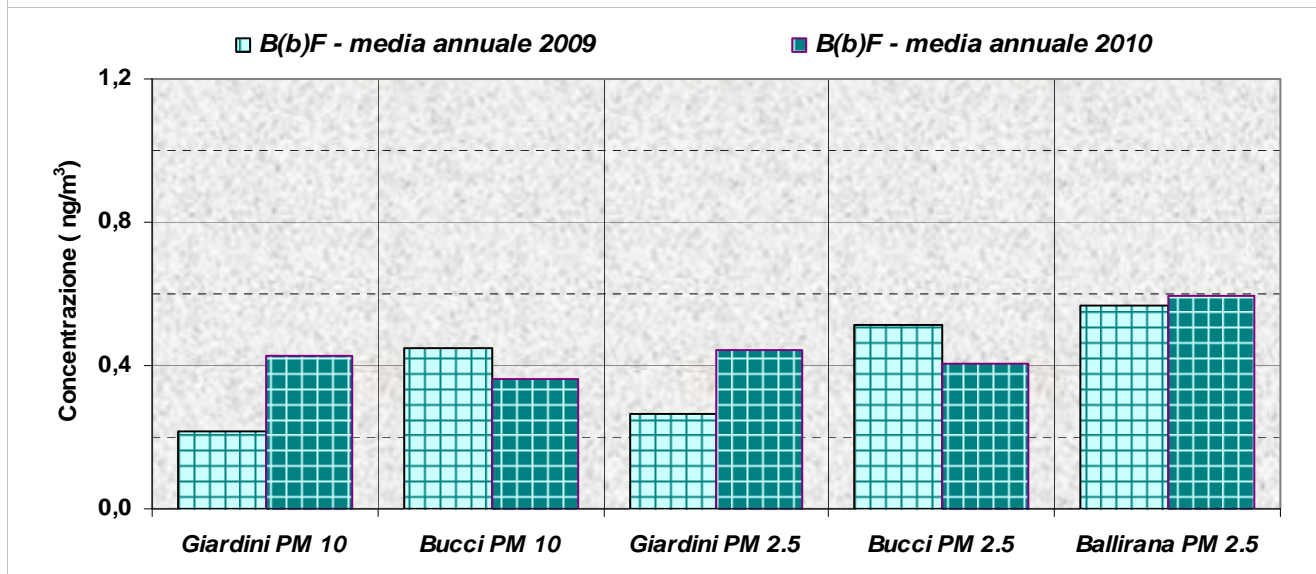


Figura 11.34: Benzo(b)fluorantene [B(b)F] – Concentrazioni medie annuali

Dibenzo(a,h)antracene [DB(a,h)A]

<u>DB(a,h)A</u> PM 2.5 e PM 10		Giardini PM 10	Bucci PM 10	Giardini PM 2.5	Bucci PM 2.5	Ballirana PM 2.5
		Valore massimo mensile rilevato nell'anno [ng/m³]				
2009-2010	2009	0,71	2,68	0,07	0,12	0,11
	2010	1,85	1,36	0,14	0,09	0,13
		Media annuale [ng/m³]				
2009-2010	2009	0,22	0,45	0,01	0,02	0,03
	2010	0,43	0,36	0,03	0,02	0,03

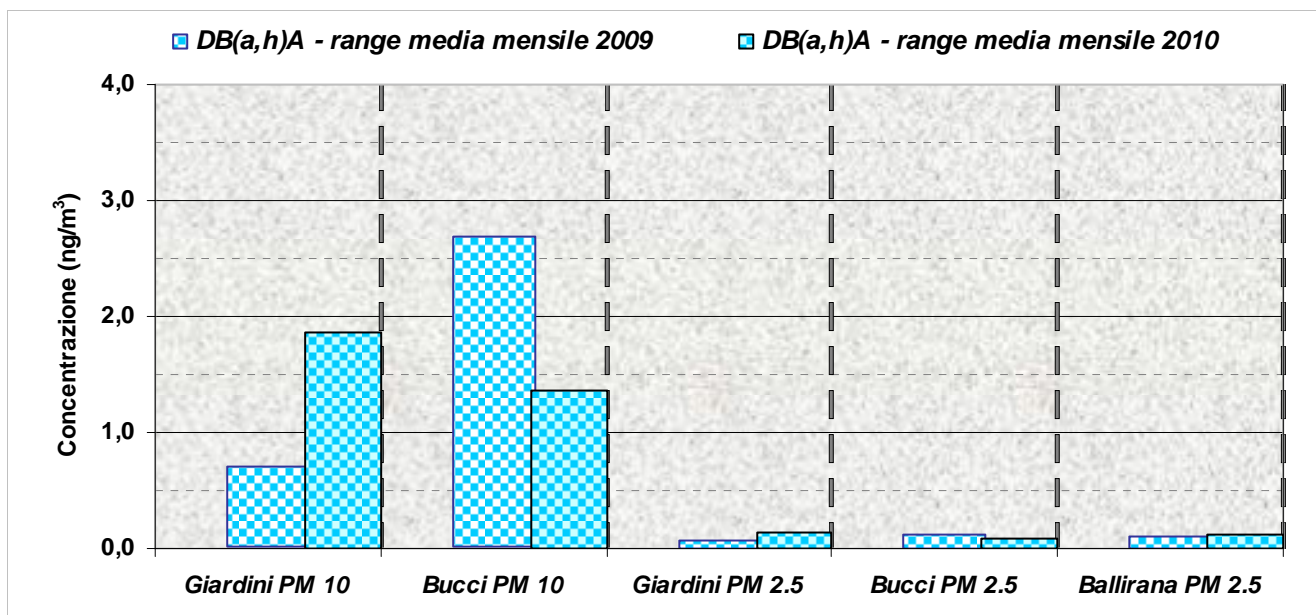
 Tabella 11.26: Concentrazioni massime mensili e medie annuali di Dibenzo(a,h)antracene nel particolato PM 10 [ng/m³] – Anni 2009 e 2010


Figura 11.35: Dibenzo(a,h)antracene [DB(a,h)A] - Range concentrazioni massime mensili

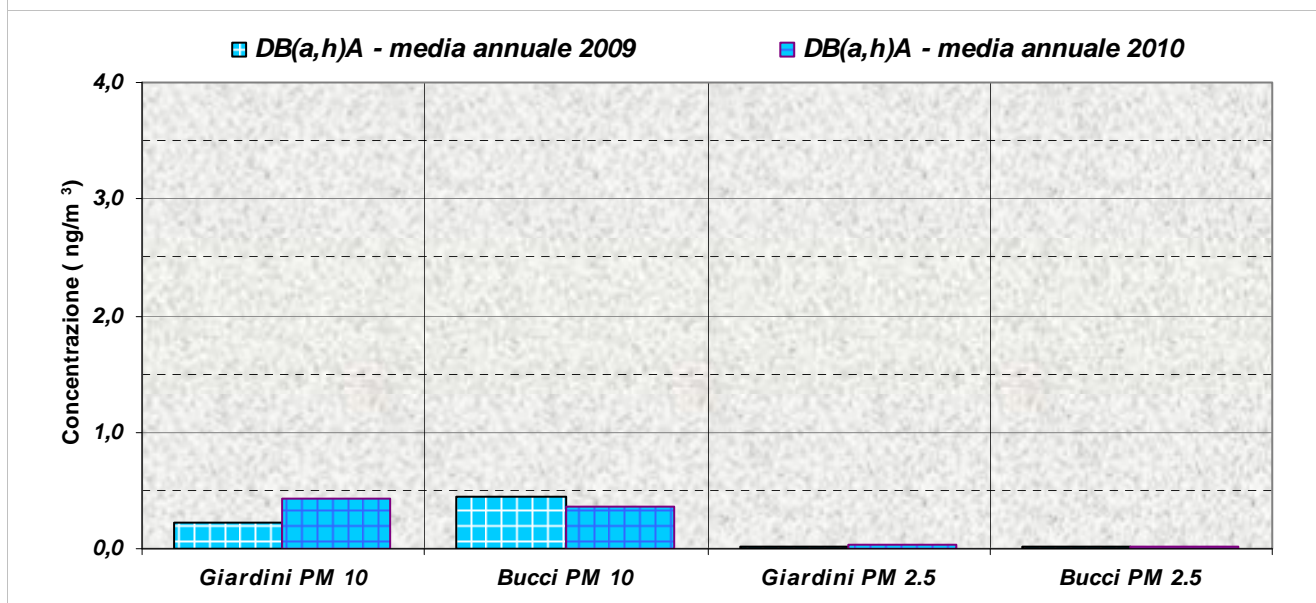


Figura 11.36: Dibenzo(a,h)antracene [DB(a,h)A] – Concentrazioni medie annuali

COMMENTO AI DATI

Generalmente le concentrazioni di IPA presentano un marcato andamento stagionale (come del resto il particolato sul quale sono adsorbiti) e nei mesi primaverili ed estivi, in genere, sono inferiori al limite di rilevabilità analitica.

Il fatto che le concentrazioni in periodo estivo siano più basse è, probabilmente, riconducibile alla concomitanza di diversi fattori: la diminuzione delle sorgenti presenti (uso meno intensivo dell'auto, riscaldamento spento,...); condizioni meteorologiche che favoriscono la diffusione degli inquinanti (venti più intensi, acquazzoni che dilavano l'atmosfera, assenza di inversione termica) ed una maggiore insolazione, in grado di attivare reazioni di degradazione degli IPA.

Quindi, nel caso degli IPA, i valori massimi mensili riportati nei grafici sono riferiti alle concentrazioni riscontrabili in aria ambiente durante la stagione invernale.

Il Benzo(a)pirene, composto per il quale il DL.vo 155/2010 prevede un valore obiettivo (media annuale = 1 ng/m³), è in concentrazioni contenute anche se, considerata la pericolosità del composto, è importante venga mantenuto al livello più basso possibile.

Dal 2002 in poi i valori massimi mensili appaiono stabili e generalmente inferiori a 2 ng/m³ in tutte le postazioni (Tab.11.3). Fanno eccezione Cotignola (2.9 ng/m³ nel 2006) e Zalamella (3.8 ng/m³ nel 2008). Nel biennio 2009 – 2010 il massimo mensile è ovunque inferiore a 1.2 ng/m³ (Fig.11.13).

I valori medi annuali risultano inferiori al valore obiettivo (circa il 50%) in pratica in tutte le postazioni, ad esclusione di Ceramiche e Cotignola nel 2001 (Fig.11.2); anche nel biennio 2009 – 2010 la media annuale si attesta su valori contenuti (<0.3 ng/m³ – Fig. 11.14).

Per quanto riguarda gli altri IPA analizzati, non si rilevano condizioni di criticità. Le concentrazioni misurate sembrano essere stabili nel tempo e in alcuni casi [B(k+j)F, I(1,2,3-c,d)P] in diminuzione.

Come i metalli, anche gli IPA dal 2009 vengono analizzati sia sul particolato PM10 che sul particolato PM2.5 nelle due stazioni di monitoraggio di fondo urbano posizionate in aree verdi cittadine (Giardini a Ravenna e Parco Bucci a Faenza).

In generale sembra che gli IPA tendano ad adsorbirsi di più sul particolato più fine: le concentrazioni risultano percentualmente più elevate sulla frazione PM 2.5 rispetto al PM10 (circa il 50% in più). Questo si potrebbe spiegare sia con una maggiore facilità di questi composti a legarsi al particolato secondario, sia con una comune sorgente della componente primaria del PM2.5 e degli IPA. In controtendenza il Dibenzo(a,h)Antracene, per il quale si rilevano concentrazioni anche di un ordine di grandezza superiori nel PM10 rispetto al PM2.5.

Anche a Ballirana – stazione di fondo rurale dove si effettua il monitoraggio del PM 2.5 - le concentrazioni di questo primo biennio di monitoraggio (2009 – 2010) appaiono in linea con quelle rilevate in ambito urbano ed in alcuni mesi superiori, a supporto dell'ipotesi di una maggiore facilità degli IPA ad essere adsorbiti sul particolato di origine secondaria.