



Aria

capitolo 1

INDICE

Introduzione

<i>Messaggio chiave</i>	p.	4
<i>Sintesi</i>	»	5
<i>Quadro generale</i>	»	6

Indicatori

<i>Pressioni</i>	»	8
<i>Stato</i>	»	15

Riferimenti

<i>Autori</i>	»	46
<i>Bibliografia</i>	»	46
<i>Sitografia</i>	»	46

QUADRO SINOTTICO DEGLI INDICATORI

DPSIR	Tema ambientale	Nome indicatore / Indice	Altre aree tematiche interessate	Copertura spaziale	Copertura temporale	Trend	Pag.
PRESSIONI	✓	Emissioni di monossido di carbonio (CO), composti organici volatili non metanici (NMVOC), ossidi di azoto (NO _x), ossidi di zolfo (SO _x), particolato fine (PM ₁₀), ammoniaca (NH ₃), metano (CH ₄), anidride carbonica (CO ₂), protossido di azoto (N ₂ O), e loro distribuzione percentuale per macrosettore	Clima	Regione	2010	☹	8
	✓	Giorni favorevoli all'accumulo di particolato fine (PM ₁₀)	Clima	Regione	2001-2012	😊	11
	✓	Giorni favorevoli alla formazione di ozono troposferico	Clima	Regione	2001-2012	☹	13
STATO	✓	Concentrazione in aria di particolato fine (PM ₁₀)		Provincia	2001-2012	😊	15
	✓	Superamenti del valore limite giornaliero per il particolato fine (PM ₁₀)		Provincia	2001-2012	☹	18
	✓	Concentrazione in aria di particolato ultrafine (PM _{2,5})		Provincia	2007-2012	☹	20
	✓	Concentrazione in aria, a livello del suolo, di ozono (O ₃)		Provincia	1998-2012	☹	23
	✓	Superamenti dei limiti di legge per l'ozono (O ₃)		Provincia	2007-2012	☹	25
	✓	Concentrazione in aria di biossido di azoto (NO ₂)		Provincia	2007-2012	☹	29
	✓	Superamenti dei limiti di legge per il biossido di azoto (NO ₂)		Provincia	2012	☹	32
	✓	Concentrazione in aria di benzene (C ₆ H ₆)		Provincia	2007-2012	😊	34
	✓	Concentrazione in aria di monossido di carbonio (CO)	Clima	Provincia	2007-2012	😊	36
	✓	Concentrazione in aria di biossido di zolfo (SO ₂)		Provincia	2007-2012	😊	38
	✓	Fattore di Genotossicità (FG)		Provincia	2008-2012	☹	40
	✓	Concentrazione dei pollini allergenici	Clima, Natura e bio-diversità	Regione	2012	☹	42

Tema ambientale:

- ✓ Qualità dell'aria
- ✓ Pollini allergenici

Introduzione

Messaggio chiave

- ☺ I dati 2012 confermano che gli inquinanti primari, come il monossido di carbonio e il biossido di zolfo, non risultano presentare criticità. Anche alcuni degli inquinanti contenuti nel particolato atmosferico, come i metalli pesanti e il benzo(a)pirene, sono al momento sotto controllo. La concentrazione in aria di benzene si è progressivamente ridotta. Molti degli inquinanti primari presenti in atmosfera, quali il biossido di azoto, i composti organici volatili, l'ammoniaca, il biossido di zolfo, concorrono alla formazione degli inquinanti secondari (PM₁₀, PM_{2,5} e ozono) anche a concentrazioni inferiori al limite.
- ☺ L'andamento (2001-2012) della concentrazione media annuale di PM₁₀ evidenzia che le situazioni di superamento del limite annuale in Emilia-Romagna sono in progressiva diminuzione. Nel 2010, per il primo anno, non si sono verificati superamenti, mentre nel 2011 e 2012 si sono verificati superamenti in un numero limitato di stazioni (3, 4). Le variazioni di concentrazione media da un anno all'altro sono legate all'andamento meteorologico. A questa variabilità, dovuta alle condizioni meteorologiche, si sovrappone un limitato, ma statisticamente significativo, trend in diminuzione in quasi tutte le stazioni della rete.
- ☹ Persistono condizioni critiche per quanto riguarda il superamento del valore limite giornaliero del PM₁₀, che nel periodo 2001-2012 è stato superato ogni anno per 80-140 volte (limite 35), a seconda delle stazioni e degli anni considerati. Il numero maggiore di superamenti si registra nelle stazioni da traffico, ma anche le stazioni di fondo urbano e, in alcuni casi, remoto, risultano superiori al limite. La variabilità interannuale di questo indicatore risulta molto marcata, con variazioni da un anno all'altro legate all'andamento meteorologico. Il numero minimo di superamenti dell'intero periodo è stato registrato nel 2009, al quale hanno fatto seguito anni con un numero più elevato di superamenti, in particolare nel 2012, per le stazioni da traffico.
- ☹ Il livello di protezione della salute per l'ozono troposferico viene sistematicamente superato ogni anno su gran parte del territorio regionale. Questo inquinante viene prodotto in atmosfera per effetto delle reazioni fotochimiche, catalizzate dalla radiazione solare, dei principali precursori, COV e NO_x, trasportati e diffusi dai venti e dalla turbolenza atmosferica. Ne consegue che le massime concentrazioni si osservano a distanza dalle sorgenti primarie, nelle zone suburbane e rurali anche dell'Appennino. Questo inquinante, tipico del periodo estivo, assume i valori di concentrazione più elevati nelle estati più calde, come quella del 2003. Il secondo massimo relativo è stato osservato nel 2012, la seconda estate del decennio con il più elevato numero di giorni favorevoli alla formazione di ozono. Il trend risulta sostanzialmente costante nel tempo.
Relativamente al biossido di azoto, nonostante i segnali di miglioramento registrati in particolare nelle stazioni di fondo, sono tuttora presenti alcuni superamenti del valore limite sulla media annuale, limitati ad alcune situazioni locali, prevalentemente da traffico.
- ☺ Nel 2012 sono stati osservati superamenti del limite normativo per il PM_{2,5}, che entrerà in vigore nel 2015 (pari a 25 µg/m³ come media annuale), in un numero molto limitato di stazioni. Si stima che, se si manterranno invariate le condizioni attuali, in particolare negli anni meteorologicamente meno favorevoli potranno verificarsi situazioni locali di superamento. La concentrazione media annuale di PM_{2,5} presenta una distribuzione relativamente uniforme sul territorio in conseguenza dell'origine prevalentemente secondaria di questo inquinante. Tuttavia, solo una porzione limitata della popolazione risulta esposta a valori superiori al limite.

La qualità dell'aria è determinata dalle pressioni dovute agli inquinanti emessi in atmosfera all'interno del territorio regionale e trasportati dalle regioni vicine. Gli inquinanti vengono trasportati e diffusi dai venti e dalla turbolenza atmosferica. Durante il trasporto subiscono inoltre trasformazioni fisico-chimiche che danno luogo alla formazione di altri inquinanti di natura totalmente (come l'ozono) o parzialmente (particolato fine e ultrafine) secondaria. Il traffico su strada e la combustione non industriale (riscaldamento civile) sono le fonti principali di emissioni che causano l'inquinamento diretto da polveri (PM_{10}), seguiti dai trasporti non stradali e dall'industria. Le emissioni industriali risultano la seconda causa di inquinamento da ossidi di azoto (NO_x), che rappresentano anche un importante precursore della formazione di particolato secondario e ozono. Il principale contributo alle emissioni di ammoniaca (NH_3), importante precursore della formazione di particolato secondario, deriva dall'agricoltura, settore spesso trascurato nelle strategie volte a una riduzione dell'inquinamento da polveri. L'utilizzo di solventi nel settore industriale e civile risulta il principale responsabile delle emissioni di composti organici volatili (COV), precursori, assieme agli ossidi di azoto, della formazione di particolato secondario e ozono. La combustione nell'industria e i processi produttivi risultano, invece, la fonte più rilevante di biossido di zolfo (SO_2), che, sebbene presenti una concentrazione in aria di gran lunga inferiore ai valori limite, risulta un precursore della formazione di particolato secondario, anche a basse concentrazioni. Anche per il 2012 l'analisi integrata degli indicatori ambientali evidenzia una situazione sostanzialmente sotto controllo per la maggior parte degli inquinanti primari (monossido di carbonio, biossido di zolfo e benzene) e per alcuni degli inquinanti contenuti nel particolato atmosferico, come i metalli pesanti e il benzo(a)pirene. Si riscontrano situazioni di diffusa criticità per inquinanti quali il particolato fine (PM_{10}) e l'ozono e, localmente, per il biossido di azoto (NO_2) e il $PM_{2,5}$, in particolare negli anni meteorologicamente meno favorevoli. Il valore normativo per il quale sono più numerose le situazioni di superamento è il limite giornaliero per il PM_{10} . L'analisi dell'andamento pluriennale (2001-2012) evidenzia che le situazioni di superamento del limite annuale in Emilia-Romagna sono in progressiva diminuzione. Le variazioni di concentrazione media da un anno all'altro sono legate all'andamento meteorologico. A questa variabilità, dovuta alle condizioni meteorologiche, si sovrappone un limitato, ma statisticamente significativo, trend in diminuzione in quasi tutte le stazioni della rete. Tuttavia, il 2012, come il 2011, è risultato un anno con valori di PM_{10} in aumento rispetto ai minimi storici raggiunti nel 2010, confermando la situazione di criticità per questo inquinante. La frazio-

ne di giorni meteorologicamente favorevoli all'accumulo di PM_{10} , così come i valori di PM_{10} registrati nel 2012, si collocano agli stessi livelli di quelli registrati nel 2008. Rispetto al 2011, anno con il massimo numero di giorni di accumulo, tendono a diminuire le concentrazioni rilevate nelle stazioni fondo urbano e suburbano e aumentano lievemente i valori rilevati nelle stazioni da traffico. I superamenti del valore limite sulla media annuale di NO_2 sono limitati ad alcune situazioni locali, prevalentemente da traffico. L'analisi pluriennale dei dati mostra una generale tendenza alla diminuzione delle concentrazioni medie annuali di biossido di azoto (NO_2), in particolare nelle stazioni di fondo. Nel 2012 il valore limite annuale ($40 \mu/m^3$) è stato superato in 8 delle 47 stazioni di misura. Questo fa sì che una frazione, seppur piccola, di popolazione emiliano-romagnola sia esposta a concentrazioni di NO_2 superiori al valore limite annuale. La concentrazione di fondo di questo inquinante, pur inferiore ai limiti, risulta comunque significativa ed è dovuta al fatto che le sorgenti di emissione di ossidi di azoto (NO_x) sono una delle sorgenti di inquinanti atmosferici più ubiquitarie; tutti i processi di combustione portano, infatti, all'emissione di NO_2 , che sostiene i processi di produzione del particolato secondario e dell'ozono. Il livello di protezione della salute per l'ozono risulta sistematicamente superato su gran parte del territorio regionale, con valori massimi nelle estati calde e nelle zone suburbane e rurali. Rispetto al 2011, nel 2012 è aumentato il numero di superamenti della soglia di informazione alla popolazione (media oraria superiore a $180 \mu g/m^3$). Inoltre, sebbene inferiore rispetto al 2011, nel 2012 rimane elevata la media regionale del numero di superamenti del valore limite per la protezione della salute umana ($120 \mu g/m^3$).

L'ozono viene prodotto in atmosfera per effetto delle reazioni fotochimiche, catalizzate dalla radiazione solare, dei principali precursori, COV e NO_x , trasportati e diffusi dai venti e dalla turbolenza atmosferica. Ne consegue che le massime concentrazioni si osservano a distanza dalle sorgenti primarie, nelle zone suburbane e rurali anche dell'Appennino. Questo inquinante, tipico del periodo estivo, assume i valori di concentrazione più elevati nelle estati più calde, come quella del 2003; il secondo massimo relativo è stato, tuttavia, osservato nel 2012, la seconda estate del decennio con il più elevato numero di giorni favorevoli alla formazione di ozono. L'analisi del trend rilevato dalle stazioni di monitoraggio mostra una situazione sostanzialmente costante nel tempo. Il numero di giorni meteorologicamente favorevoli alla formazione di ozono è stato nel 2012 di poco superiore al 2011. Riguardo il $PM_{2,5}$, nel 2012 si registrano superamenti del valore limite di $25 \mu g/m^3$, che, secondo la normativa, entrerà in vigore nel 2015, in un numero molto limitato di stazioni.

Quadro generale

L'inquinamento atmosferico della pianura padana ha cause complesse che dipendono da molteplici fattori, quali le emissioni di inquinanti primari, il loro trasporto e diffusione per effetto dei venti e della turbolenza atmosferica e le trasformazioni fisico-chimiche che portano alla formazione di inquinanti secondari, come le polveri e l'ozono, a partire dai relativi precursori (rappresentati principalmente da NO_x , COV, NH_3 , SO_2). Le concentrazioni medie annue di PM_{10} , $\text{PM}_{2.5}$ e NO_2 sul territorio dell'Emilia-Romagna si possono rappresentare in modo schematico come la somma di tre contributi, geograficamente distinti tra loro: a grande scala, a scala urbana e a scala locale. Il contributo a grande scala determina le concentrazioni rilevate dalle stazioni di fondo rurale, poste lontane dall'influenza diretta delle aree urbane e industriali.

Nelle aree urbane e suburbane a questo si aggiunge il contributo di fondo urbano. Localmente poi, a bordo strada o laddove si determinano condizioni di forte accumulo degli inquinanti emessi da sorgenti vicine, il contributo a scala locale determina il raggiungimento dei livelli misurati dalle stazioni da traffico e industriali.

I risultati dell'analisi dei dati delle stazioni della rete fissa, integrate con valutazioni modellistiche, portano a stimare la componente a grande scala come la componente preponderante per il PM_{10} . Si valuta che essa sia da sola sufficiente a determinare l'eccedenza del valore limite giornaliero per la protezione della salute umana in gran parte della zona di pianura occidentale della regione. La componente a grande scala è determinata per circa 1/3 dalle emissioni della regione Emilia-Romagna e per la parte rimanente dagli inquinanti trasportati dalle regioni vicine. Negli agglomerati urbani il contributo delle emissioni regionali si stima sia responsabile di circa il 50% del fondo urbano misurato nelle stazioni. La componente a grande scala è ancora più importante per il $\text{PM}_{2.5}$.

Tuttavia, da sola non è sufficiente a determinare l'eccedenza del limite, superato solo localmente. Per il biossido di azoto i livelli di concentrazione sono determinati prevalentemente dai contributi derivanti dal fondo urbano e dalle situazioni locali.

Nella zona di pianura la componente a grande scala proviene per oltre il 50% dalle emissioni regionali. Ciascuna delle tre componenti geografiche dell'inquinamento può essere ulteriormente suddivisa, in base all'origine degli inquinanti, in una componente antropica e in una componente naturale.

La componente naturale indica la frazione dovuta ai processi naturali di produzione di polveri fini, quali il trasporto di sabbie desertiche e i processi locali di erosione e risospensione, il trasporto di aerosol di

origine marina e la produzione di aerosol secondario organico di origine biogenica.

La componente antropica è dovuta alle diverse sorgenti inquinanti presenti sul territorio, il contributo delle quali viene stimato attraverso l'inventario delle emissioni in atmosfera.

I dati di monitoraggio del 2012 e le valutazioni della qualità dell'aria hanno confermato la necessità di rafforzare le misure per la qualità dell'aria. In questa ottica la Regione Emilia-Romagna ha promosso l'Accordo di programma 2012-2015, firmato dalle Province, dai Comuni capoluogo e da quelli con più di 50 mila abitanti. L'accordo anticipa al 1° ottobre l'entrata in vigore dei provvedimenti di limitazione della circolazione nelle aree urbane, una scelta resa necessaria dalle concentrazioni di particolato rilevate nel corso degli anni, che non mostrano significative variazioni tra i mesi autunnali e invernali. Sono, inoltre, state introdotte le domeniche ecologiche ogni prima domenica del mese e misure emergenziali in caso di condizioni particolarmente critiche.

Alle misure di limitazione del traffico veicolare si affiancano una serie di misure gestionali, quali "buone pratiche" di gestione delle città: dalle ZTL al mobility management, e ai percorsi casa-scuola e casa-lavoro, dal risparmio energetico negli esercizi commerciali all'introduzione di punteggi premianti nei capitolati d'appalto, al lavaggio delle strade.

I dati 2012 hanno mostrato inoltre che, per garantire un completo rispetto dei limiti, anche negli anni più critici dal punto di vista meteorologico è necessario rafforzare le misure strutturali di riduzione delle emissioni inquinanti. Poiché le criticità maggiori sono legate a inquinanti secondari (che si formano per reazione chimica, anche a distanza dalla fonte di emissione) e tendono a interessare più regioni, è sempre più necessario agire su area vasta. Da qui la scelta della Regione di ampliare la scala spaziale degli interventi attraverso un Piano regionale per la qualità dell'aria coordinato con misure da attuare a livello interregionale e nazionale (DGR 2069/2012). Il Piano regionale integrato per la qualità dell'aria (PAIR 2020) ha come obiettivo quello di rientrare il prima possibile su tutto il territorio regionale nei valori limite di qualità dell'aria stabiliti dal DLgs 155/2010, riducendo quindi il forte impatto che l'inquinamento atmosferico ha sulla salute dei cittadini e sull'ambiente, come evidenziato dalle Linee guida dell'Organizzazione mondiale della sanità. È necessario pertanto diminuire alla fonte le emissioni attraverso un approccio multi-settoriale e integrato della pianificazione, che sappia conciliare gli obiettivi di riduzione dei gas climalteranti a scala globale con quelli di risanamento della qualità dell'aria a carattere locale.

Limiti normativi

Riferimento legislativo: DLgs 155/2010

PM₁₀

valore limite per la protezione della salute umana	media oraria giornaliera da non superare più di 35 volte in un anno	50 µg/m ³
valore limite per la protezione della salute umana	media annua	40 µg/m ³

PM_{2,5}

valore limite per la protezione della salute umana (al 2015)	media annua	25 µg/m ³
--	-------------	----------------------

O₃

soglia di informazione	media oraria	180 µg/m ³
soglia di allarme	media oraria da non superare per più di 3 ore consecutive	240 µg/m ³
valore obiettivo per la protezione della salute umana	massimo giornaliero della media mobile su 8 ore da non superare più di 25 volte/anno come media su 3 anni	120 µg/m ³
valore obiettivo per la protezione della vegetazione	AOT40 da maggio a luglio come media su 5 anni	18.000 µg/m ³

NO₂

valore limite di protezione della salute umana	media oraria da non superare più di 18 volte per anno civile	200 µg/m ³
valore limite di protezione della salute umana	media annua	40 µg/m ³
soglia di allarme	media oraria misurata per tre ore consecutive	400 µg/m ³

C₆H₆

valore limite	media annua	5 µg/m ³
---------------	-------------	---------------------

CO

valore limite	massima media di 8 ore giornaliere	10 mg/m ³
---------------	------------------------------------	----------------------

SO₂

valore limite	media oraria	350 µg/m ³
valore limite	media giornaliera	125 µg/m ³
livello critico per la protezione della vegetazione	media annua	20 µg/m ³



Emissioni di inquinanti in atmosfera

Descrizione

L'indicatore fornisce la quantificazione e la distribuzione percentuale delle emissioni delle principali sostanze inquinanti per singolo macrosettore nella regione Emilia-Romagna.

Scopo

Fornire informazioni sull'entità delle pressioni che determinano l'inquinamento dell'aria attraverso una stima delle emissioni delle principali sostanze inquinanti prodotte dalle attività antropiche e naturali, raggruppate per ciascun macrosettore (M1-M11).

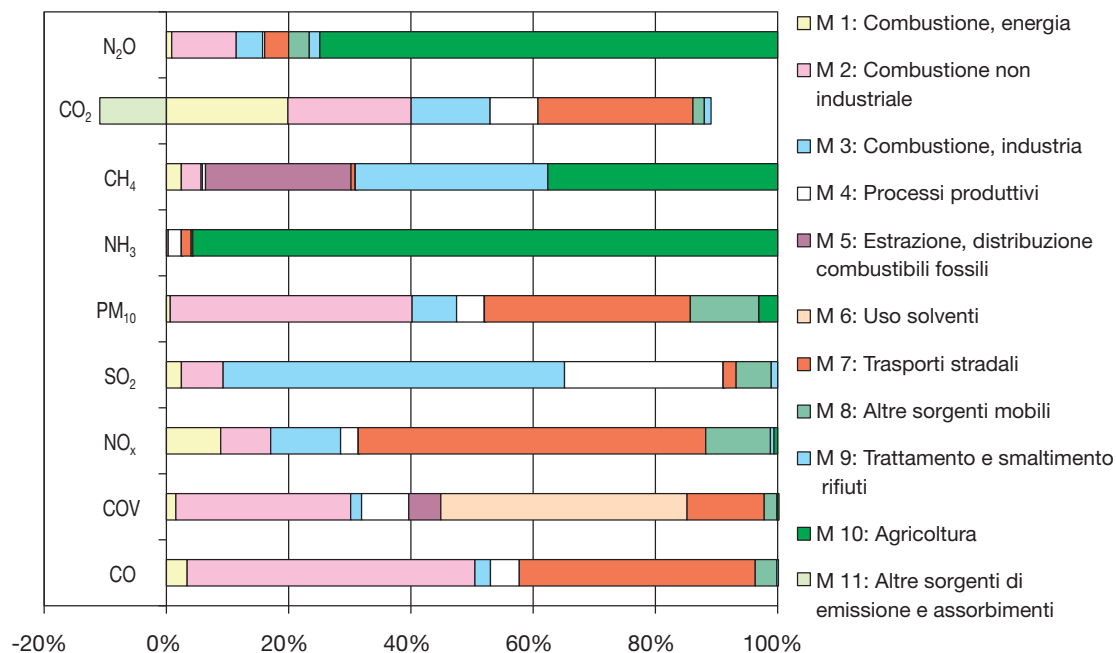
Metadati

NOME DELL'INDICATORE	Emissioni di monossido di carbonio (CO), composti organici volatili non metanici (NMVOC), ossidi di azoto (NO _x), ossidi di zolfo (SO _x), particolato fine (PM ₁₀), ammoniaca (NH ₃), metano (CH ₄), anidride carbonica (CO ₂), protossido di azoto (N ₂ O) e loro distribuzione percentuale per macrosettore		
UNITÀ DI MISURA	Tonnellate (kton per CO ₂), percentuale	DPSIR	P
COPERTURA SPAZIALE DATI	Regione	FONTE	Regione Emilia-Romagna, Arpa Emilia-Romagna
AGGIORNAMENTO DATI		COPERTURA TEMPORALE DATI	2010
RIFERIMENTI NORMATIVI	DLgs 171/2004 DLgs 152/2006	ALTRE AREE TEMATICHE INTERESSATE	Clima
METODI DI ELABORAZIONE DATI	Dati stimati in base alla metodologia europea CORINAIR		

Tabella 1.1: Emissioni dei principali inquinanti in atmosfera e loro ripartizione percentuale per macrosettore in Emilia-Romagna (2010)

	CO		COV		NO _x		SO ₂		PM ₁₀		NH ₃		CH ₄		CO ₂		N ₂ O	
	tonnellate	%	tonnellate	%	tonnellate	%	tonnellate	%	tonnellate	%	tonnellate	%	tonnellate	%	tonnellate	%	tonnellate	%
M 1: Combustione, energia	6.003	3	1.534	2	9.482	9	430	2	86	1	0	0	4.135	2	9.956	25	79	1
M 2: Combustione non industriale	83.256	47	28.309	29	8.729	8	1.194	7	5.395	40	154	0	5.479	3	10.093	26	956	11
M 3: Combustione, industria	4.501	3	1.770	2	12.207	11	9.773	56	993	7	0	0	358	0	6.468	17	391	4
M 4: Processi produttivi	8.333	5	7.645	8	3.077	3	4.540	26	617	5	1.106	2	868	1	3.920	10	30	0
M 5: Estrazione, distribuzione combustibili fossili	0	0	5.187	5	0	0	0	0	0	0	0	0	40.319	24	0	0	0	0
M 6: Uso solventi	0	0	39.883	40	15	0	2	0	4	0	1	0	0	0	0	0	0	0
M 7: Trasporti stradali	68.266	39	12.498	13	60.675	57	371	2	4.593	34	832	2	1.138	1	12.697	32	356	4
M 8: Altre sorgenti mobili	6.231	4	2.055	2	11.300	11	1.005	6	1.524	11	2	0	48	0	934	2	306	3
M 9: Trattamento e smaltimento rifiuti	255	0	62	0	622	1	183	1	6	0	128	0	53.351	31	550	1	156	2
M 10: Agricoltura	0	0	59	0	637	1	0	0	418	3	49.299	96	63.680	38	0	0	6.785	75
M 11: Altre sorgenti di emissione e assorbimenti	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-5.455	-14	0	0
Totale	176.846	100	99.002	100	106.745	100	17.499	100	13.637	100	51.522	100	169.377	100	39.163	100	9.059	100

Fonte: Regione Emilia-Romagna, Arpa Emilia-Romagna



Fonte: Regione Emilia-Romagna, Arpa Emilia-Romagna

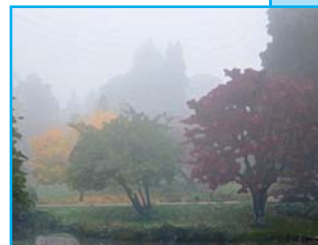
Figura 1.1: Distribuzione percentuale delle emissioni dei principali inquinanti per macrosettore in Emilia-Romagna (2010)

Commento

Si stima che le emissioni in regione, nell'anno 2010, ammontino a 13.600 t/anno di PM_{10} , 107.000 t/anno di NO_x , 99.000 t/anno di COV, 17.500 t/anno di SO_2 , 177.000 t/anno di CO e 51.500 t/anno di NH_3 , 169.000 t/anno di CH_4 , poco più di 9.000 t/anno di N_2O , oltre 39.100 kt/anno di CO_2 . Una parte delle emissioni di CO_2 viene assorbita dalla vegetazione forestale.

Il traffico su strada e la combustione non industriale (riscaldamento) rappresentano le fonti principali di emissioni legate all'inquinamento diretto da polveri, seguite dai trasporti di altre sorgenti mobili (aerei, navi etc.) e dall'industria. Alle emissioni di ossidi di azoto (NO_x), che è anche un importante precursore della formazione di particolato secondario e ozono, contribui-

scono il trasporto su strada e le altre sorgenti mobili (aerei, navi etc.), ma anche la combustione nell'industria e la produzione di energia (rispettivamente 11% e 9%). Il principale contributo alle emissioni di ammoniaca (NH_3), anch'essa precursore di particolato secondario, deriva dall'agricoltura (96%). L'impiego di solventi nel settore industriale e civile risulta il principale responsabile delle emissioni di composti organici volatili (COV), precursori, assieme agli ossidi di azoto, della formazione del particolato secondario e dell'ozono. La combustione nell'industria e i processi produttivi sono invece la fonte più rilevante di biossido di zolfo (SO_2), che risulta essere un importante precursore di particolato secondario, anche a basse concentrazioni.



Giorni favorevoli all'accumulo di particolato fine

Descrizione

Le interazioni della meteorologia con il trasporto, la formazione, le trasformazioni chimiche, la dispersione e la deposizione del PM_{10} sono molteplici e complesse. Come indicatore delle dinamiche di dispersione e accumulo locale, si è identificato il numero di “giornate favorevoli all'accumulo di PM_{10} ”, che rappresenta i giorni in cui l'indebolirsi della turbolenza nei bassi strati dell'atmosfera determina condizioni di stagnazione, cioè quei giorni in cui si verificano queste condizioni:

- indice di ventilazione (definito come il prodotto fra altezza media dello strato rimesco-

lato e intensità media del vento) inferiore agli $800 \text{ m}^2/\text{s}$;

- precipitazioni assenti.

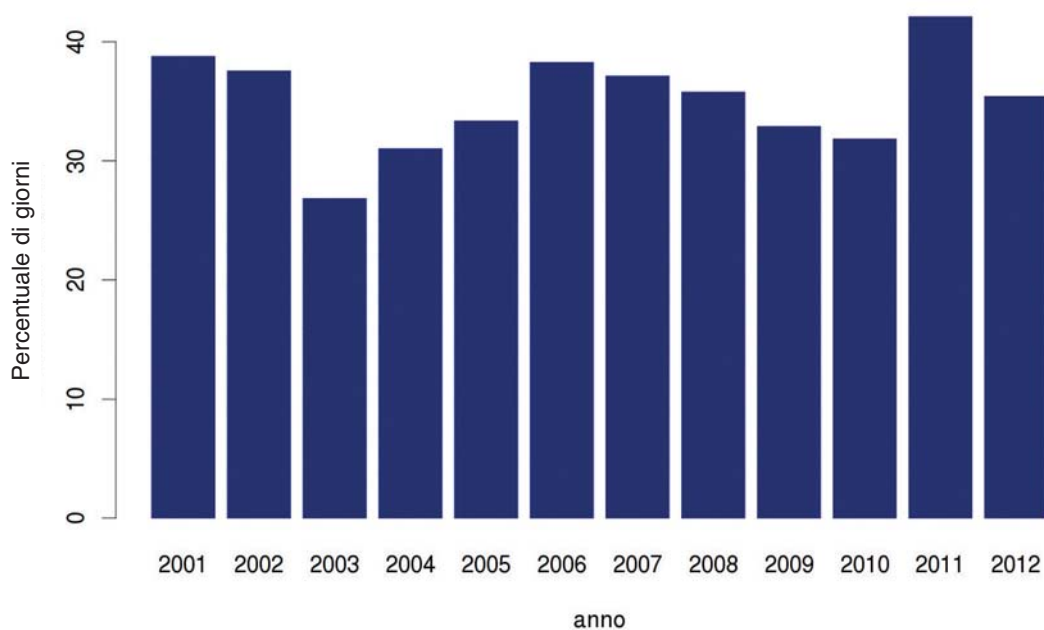
Tali soglie sono state selezionate applicando il metodo statistico degli alberi di classificazione, calibrato con valori di PM_{10} misurati. Si noti che l'indicatore non tiene conto della direzione del vento e potrebbe perciò rivelarsi poco significativo sulla fascia costiera, dove la direzione del vento incide particolarmente sull'accumulo o la dispersione degli inquinanti.

Scopo

Valutare la criticità dal punto di vista meteorologico, rispetto all'accumulo locale di PM_{10} .

Metadati

NOME DELL'INDICATORE	Giorni favorevoli all'accumulo di particolato fine (PM ₁₀)	DPSIR	P
UNITÀ DI MISURA	Percentuale	FONTE	Arpa Emilia-Romagna
COPERTURA SPAZIALE DATI	Regione	COPERTURA TEMPORALE DATI	2001-2012
AGGIORNAMENTO DATI	Annuale	ALTRE AREE TEMATICHE INTERESSATE	Clima
RIFERIMENTI NORMATIVI			
METODI DI ELABORAZIONE DATI			

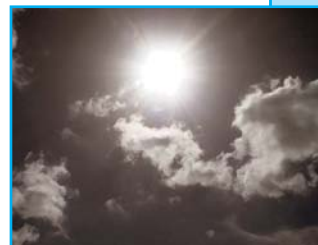


Fonte: Arpa Emilia-Romagna

Figura 1.2: Percentuale di giorni favorevoli all'accumulo di PM_{10} (2001-2012)

Commento

Il 2011 è risultato l'anno con il maggior numero di giorni favorevoli all'accumulo di PM_{10} dell'intero periodo 2001-2012. Nel 2012 si è registrata una diminuzione, rispetto al dato dell'anno precedente. Considerato il decremento avuto dal 2007 al 2010, il 2012 risulta comunque un anno sfavorevole nella serie storica.



Giorni favorevoli alla formazione di ozono troposferico

Descrizione

L'ozono si forma nei bassi strati dell'atmosfera in conseguenza di trasformazioni fotochimiche che coinvolgono ossidi di azoto e composti organici volatili. Tali reazioni sono innescate dalla radiazione solare e favorite dalle alte temperature caratteristiche delle giornate estive.

L'indicatore scelto per identificare le giornate favorevoli alla formazione di ozono troposferico è il superamento di 29°C nella temperatura massima giornaliera. Tale soglia è stata selezionata appli-

cando il metodo statistico degli alberi di classificazione, calibrato con valori di ozono misurati.

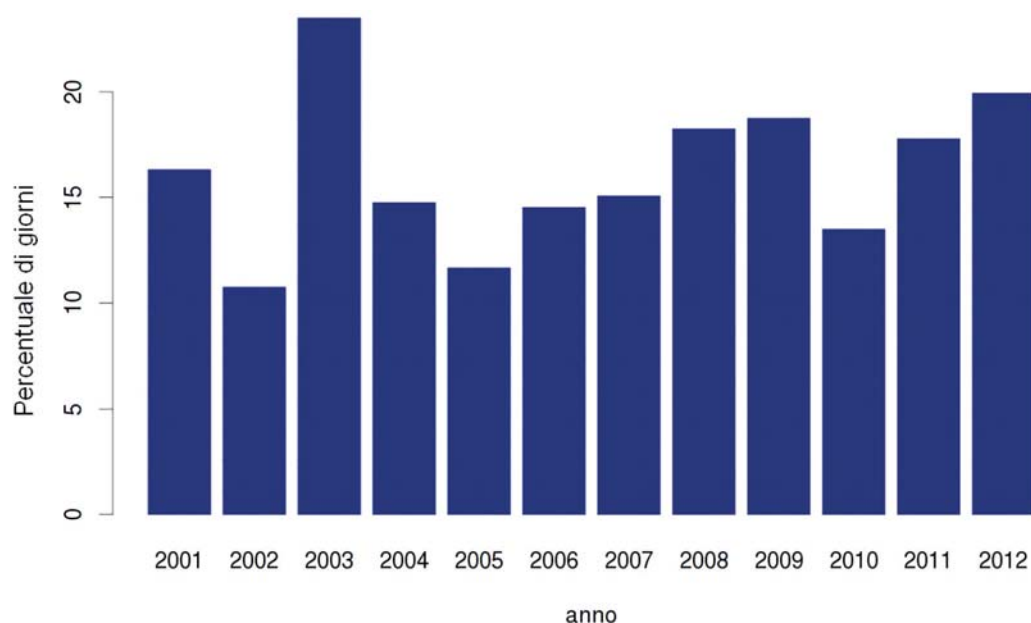
Si tratta di un indicatore molto semplice, che non esaurisce certo la complessità delle interazioni tra meteorologia, chimica e trasporto dell'ozono.

Scopo

Valutare la criticità, dal punto di vista meteorologico, rispetto alla formazione di ozono nei bassi strati dell'atmosfera.

Metadati

NOME DELL'INDICATORE	Giorni favorevoli alla formazione di ozono troposferico	DPSIR	P
UNITÀ DI MISURA	Percentuale	FONTE	Arpa Emilia-Romagna
COPERTURA SPAZIALE DATI	Regione	COPERTURA TEMPORALE DATI	2001-2012
AGGIORNAMENTO DATI	Annuale	ALTRE AREE TEMATICHE INTERESSATE	Clima
RIFERIMENTI NORMATIVI			
METODI DI ELABORAZIONE DATI			



Fonte: Arpa Emilia-Romagna

Figura 1.3: Percentuale di giorni favorevoli alla formazione di ozono troposferico (2001-2012)

Commento

Estate molto calde portano a un aumento del livello di ozono. Da un punto di vista meteorologico, l'estate 2012 risulta essere la seconda più critica nella serie storica 2001-2011, dopo l'estate 2003, dove si sono raggiunti livelli eccezionali.



Concentrazione in aria di particolato fine

Descrizione

L'indicatore descrive la variazione della concentrazione in aria di particolato fine (PM_{10}).

Per particolato fine si intendono tutte le particelle solide o liquide sospese nell'aria con dimensioni microscopiche e, quindi, inalabili. Il PM_{10} è definito come il materiale particolato con un diametro aerodinamico medio inferiore a 10 micron ($1 \mu m = 1$ 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

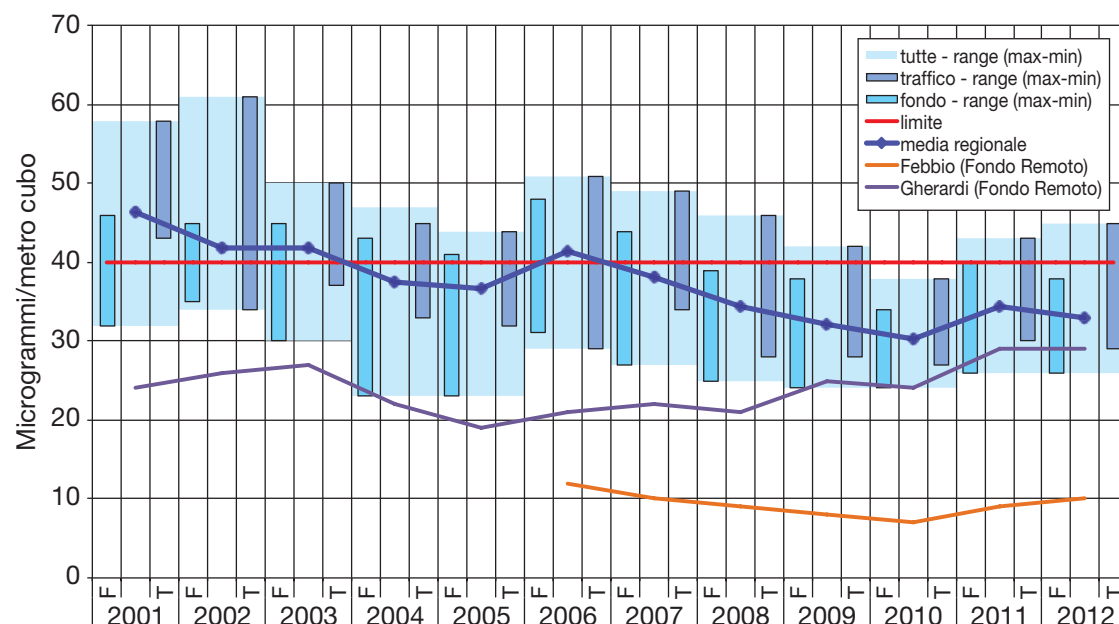
principalmente ai processi di combustione quali: emissioni da traffico veicolare, utilizzo di combustibili (carbone, oli, legno, rifiuti, rifiuti agricoli), emissioni industriali (cementifici, fonderie, miniere). Le fonti naturali, invece, sono sostanzialmente: aerosol marino, suolo risollevato e trasportato dal vento, aerosol biogenico, incendi boschivi, emissioni vulcaniche etc.

Scopo

Visualizzare le variazioni nelle concentrazioni di particolato fine (PM_{10}) in aria, l'andamento medio annuale ed eventuali situazioni limite derivanti da massimi rilevati.

Metadati

NOME DELL'INDICATORE	Concentrazione in aria di particolato fine (PM_{10})	DPSIR	S
UNITÀ DI MISURA	Microgrammi/metro cubo	FONTE	Arpa Emilia-Romagna
COPERTURA SPAZIALE DATI	Provincia	COPERTURA TEMPORALE DATI	2001-2012
AGGIORNAMENTO DATI	Annuale	ALTRE AREE TEMATICHE INTERESSATE	
RIFERIMENTI NORMATIVI	Dir 2008/50/CE DLgs 155/2010		
METODI DI ELABORAZIONE DATI	Media, mediana, range min-max, percentili		



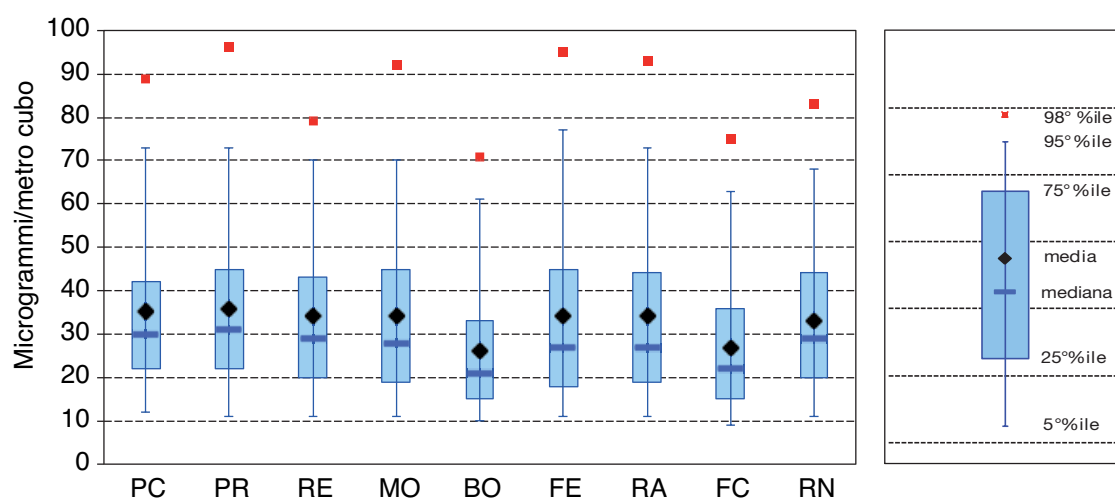
Fonte: Arpa Emilia-Romagna

Figura 1.4: PM₁₀ - Andamento della concentrazione media annuale a livello regionale, per tipologia di stazione (2001-2012)

LEGENDA:

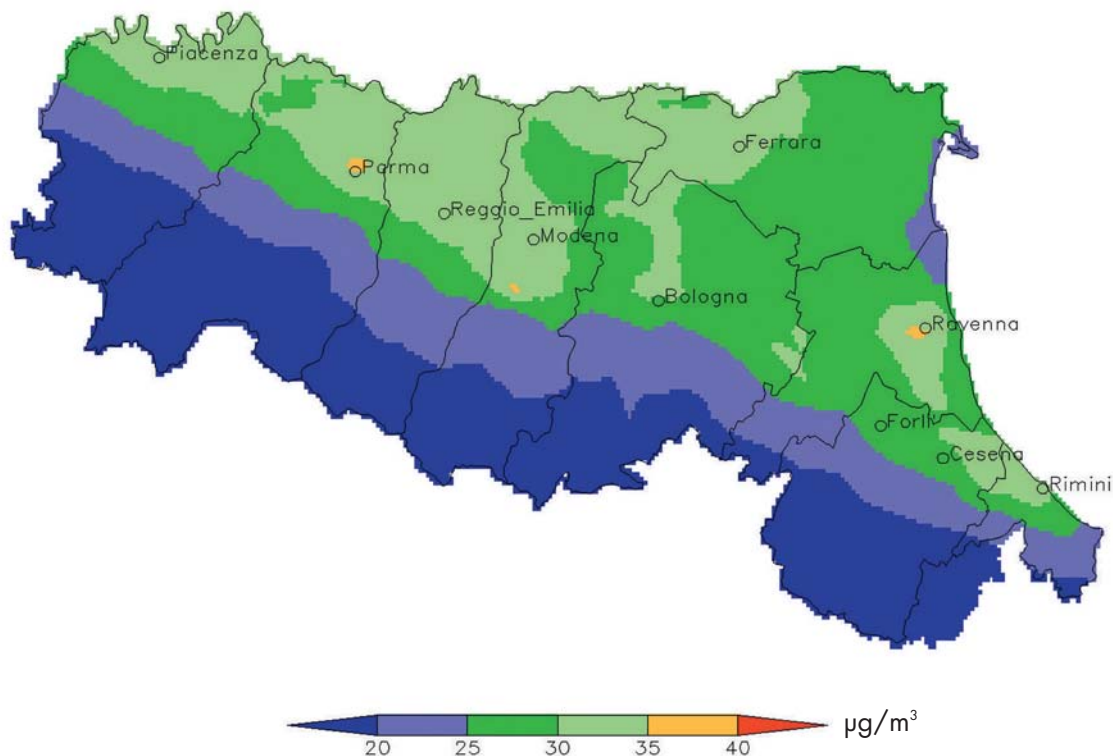
T = Traffico (stazioni situate in posizione tale che il livello di inquinamento è influenzato prevalentemente da emissioni provenienti da strade limitrofe)

F = Fondo urbano (stazioni collocate in area urbana, non influenzate direttamente dalle emissioni di strade o industrie)



Fonte: Arpa Emilia-Romagna

Figura 1.5: PM₁₀ - Statistiche di base (media, mediana e percentili) sulla concentrazione a livello provinciale (2012), stazioni di fondo urbano



Fonte: Arpa Emilia-Romagna

Figura 1.6: PM₁₀ - Distribuzione territoriale regionale della stima della concentrazione media annuale (2012)

Commento

L'andamento della concentrazione media annuale (figura 1.4) di PM₁₀ in Emilia-Romagna evidenzia una progressiva diminuzione delle situazioni di superamento del limite normativo (media annua di 40 µg/m³). Il 2010 è stato il primo anno in cui non si sono registrati superamenti, contrariamente agli anni 2011 e 2012, dove questi si sono, comunque, verificati in un numero limitato di stazioni.

Le variazioni della concentrazione media di PM₁₀ da un anno all'altro sono legate all'andamento meteorologico. A questa variabilità, dovuta alle condizioni meteorologiche, si sovrappone un suo limitato, ma statisticamente significativo, trend in diminuzione in quasi tutte le stazioni della rete, a esclusione delle stazioni di fondo remoto (Febbio e Gherardi), con valori pressoché costanti nel tempo.

La figura 1.5 mostra come, rispetto gli anni pre-

cedenti, il comportamento del PM₁₀ risulti ancora omogeneo sul territorio regionale, non essendo più così evidente una sua differenziazione fra area ovest e area est, come solitamente osservata in passato.

In figura 1.6 si nota una distribuzione territoriale della concentrazione media annuale di PM₁₀ caratterizzata da limitati gradienti di concentrazione tra la zona pedecollinare (20-25 µg/m³) e le zone di massima concentrazione (30-35 µg/m³), che risultano più estese nella zona di pianura occidentale e più localizzate nell'agglomerato urbano di Bologna e nelle aree più densamente industrializzate e urbanizzate della zona di pianura orientale; i minimi sono localizzati nella zona dell'Appennino e nelle aree costiere a minore densità antropica (parte nord del litorale, in prossimità del delta del Po).



Superamenti del valore limite giornaliero per il particolato fine

Descrizione

L'indicatore descrive la variazione temporale del numero di superamenti del valore limite giornaliero per il particolato fine (PM_{10}), pari a una media giornaliera di $50 \mu g/m^3$ da non superare più di 35 volte in un anno.

Viene presentato sia l'andamento pluriennale del numero di superamenti, calcolato come numero medio dei superamenti conteggiati su tutte le stazioni della rete regionale (linea continua di figu-

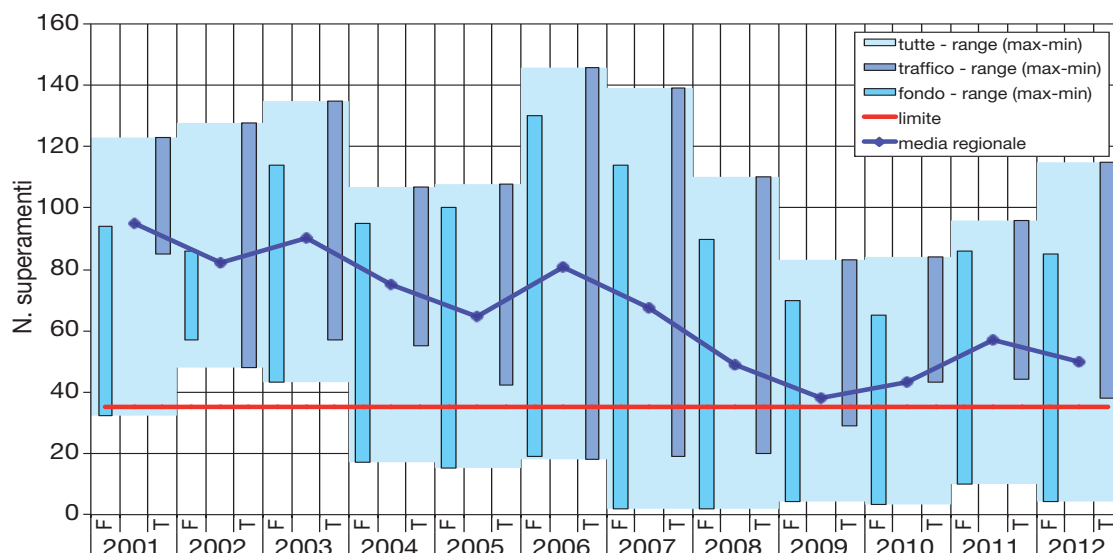
ra 1.7) e come intervallo di variazione (max-min) per tipologia di stazione (urbane e rurali, di traffico e di fondo, barre verticali), sia il numero di stazioni, per ciascuna provincia, che hanno superato il valore limite giornaliero nell'anno di riferimento (2012).

Scopo

Valutare l'andamento dei superamenti dei limiti normativi previsti per il PM_{10} .

Metadati

NOME DELL'INDICATORE	Superamenti del valore limite giornaliero per il particolato fine (PM_{10})	DPSIR	S
UNITÀ DI MISURA	N. superamenti, n. stazioni	FONTE	Arpa Emilia-Romagna
COPERTURA SPAZIALE DATI	Provincia	COPERTURA TEMPORALE DATI	2001-2012
AGGIORNAMENTO DATI	Annuale	ALTRE AREE TEMATICHE INTERESSATE	
RIFERIMENTI NORMATIVI	Dir 2008/50/CE DLgs 155/2010		
METODI DI ELABORAZIONE DATI	Conteggio dei superamenti		



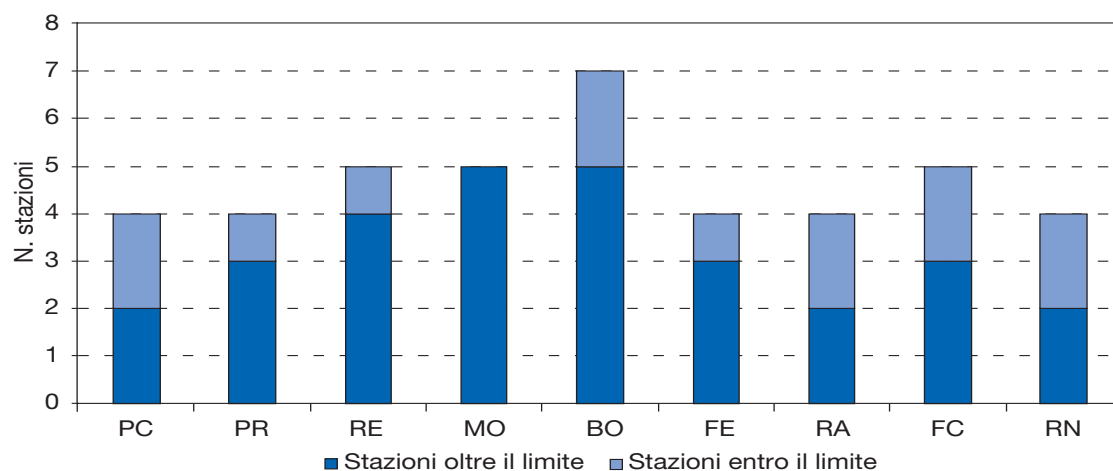
Fonte: Arpa Emilia-Romagna

Figura 1.7: PM₁₀ - Andamento del numero di superamenti del limite giornaliero di protezione della salute umana* a livello regionale per tipologia di stazione (2001-2012)

LEGENDA:

F = Fondo urbano (stazioni collocate in area urbana, non influenzate direttamente dalle emissioni di strade o industrie)
T = Traffico (stazioni situate in posizione tale che il livello di inquinamento è influenzato prevalentemente da emissioni provenienti da strade limitrofe)

Nota: *media giornaliera da non superare più di 35 volte in un anno = 50 µg/m³



Fonte: Arpa Emilia-Romagna

Figura 1.8: PM₁₀ - Numero di stazioni che superano il limite giornaliero per la protezione della salute umana*, a livello provinciale (2012)

Nota: *media giornaliera da non superare più di 35 volte in un anno = 50 µg/m³

Commento

Dall'analisi dei dati del periodo 2001-2012 si rileva una situazione critica per quanto riguarda il superamento del valore limite giornaliero, superato ogni anno per 80-140 volte (limite normativo 35) a seconda delle stazioni e degli anni considerati. Il maggior numero di superamenti si registra nelle stazioni da traffico, ma anche le stazioni di fondo urbano e, in alcuni casi, di fondo remoto, risultano superiori al limite. La variabilità interannuale di questo indicatore risulta molto marcata. Anche in questo caso le variazioni da un anno all'altro sono legate all'andamento meteorologico. Il numero minimo di superamenti (media annuale su tutte le stazioni) dell'intero periodo è stato registrato nel 2009, al quale hanno fatto seguito anni con un numero più elevato di superamenti; fra questi spicca, in particolare, il 2011, in cui si è registrato il numero di superamenti più alto dell'ultimo triennio, ma anche il 2012, con il maggior numero di superamenti per le stazioni da traffico. Nel 2012, 33 stazioni su 45 hanno registrato più di 35 superamenti del valore limite giornaliero, delle quali 4 stazioni con più di 80 superamenti. Nel 2012 si rileva il superamento del valore limite giornaliero in alcune stazioni di tutte le province e in tutte le stazioni della provincia di Modena.



Concentrazione in aria di particolato ultrafine

Descrizione

L'indicatore descrive la variazione della concentrazione in aria di particolato ultrafine ($PM_{2.5}$).

Per particolato ultrafine si intendono tutte le particelle solide o liquide sospese nell'aria con dimensioni microscopiche e, quindi, inalabili. Il $PM_{2.5}$ è definito come il materiale particolato con un diametro aerodinamico medio inferiore a 2,5 micron ($1 \mu m = 1$ 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

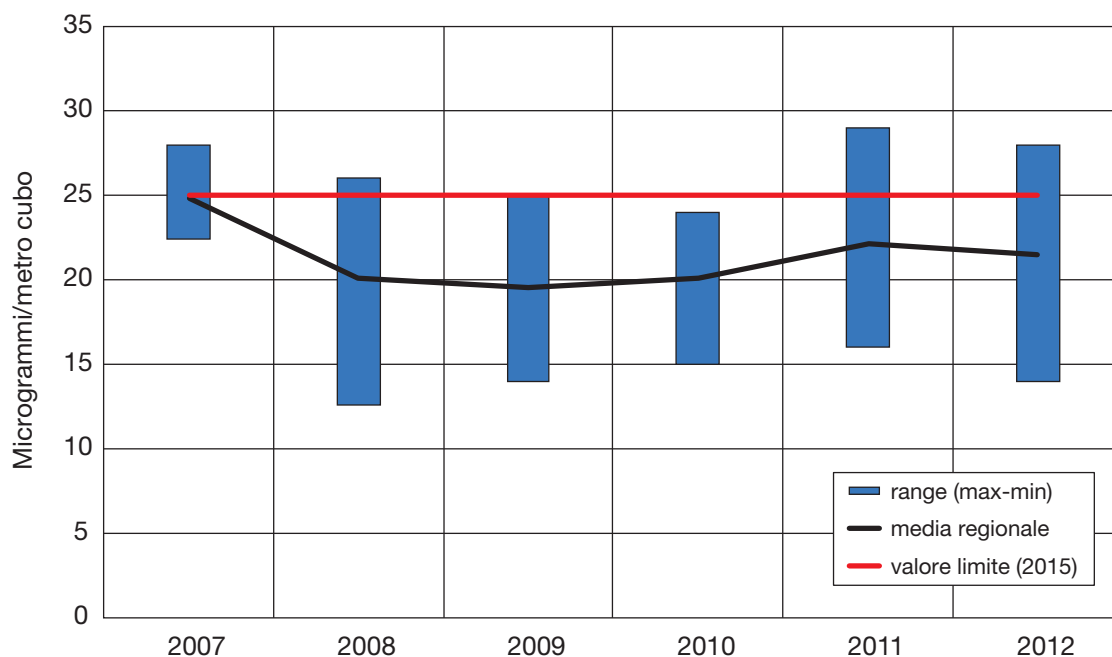
principalmente ai processi di combustione quali: emissioni da traffico veicolare, utilizzo di combustibili (carbone, oli, legno, rifiuti, rifiuti agricoli), emissioni industriali (cementifici, fonderie, miniere). Le fonti naturali, invece, sono sostanzialmente: aerosol marino, suolo risollevato e trasportato dal vento, aerosol biogenico, incendi boschivi, emissioni vulcaniche etc.

Scopo

Visualizzare le variazioni nelle concentrazioni di particolato ultrafine ($PM_{2.5}$) in aria, l'andamento medio annuale ed eventuali situazioni limite derivanti da massimi rilevati.

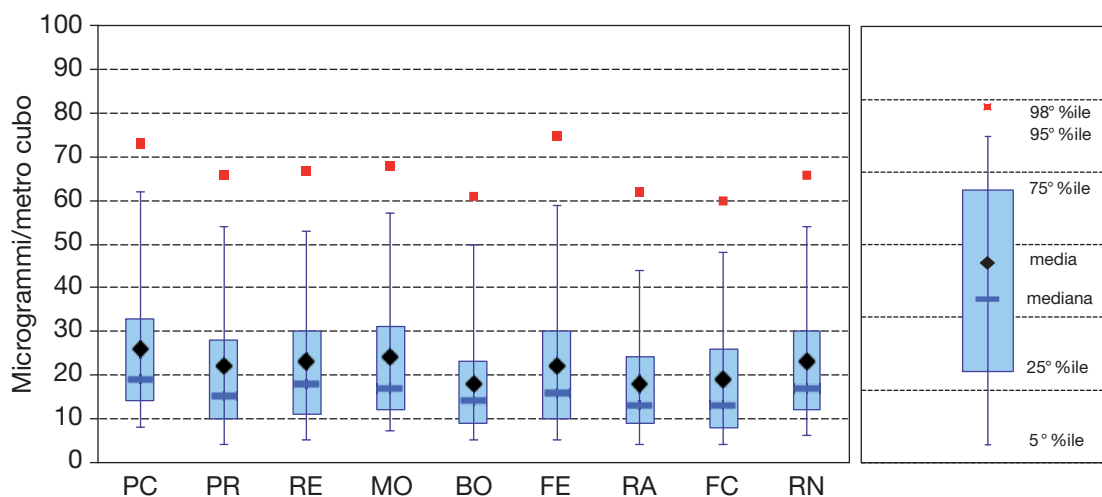
Metadati

NOME DELL'INDICATORE	Concentrazione in aria di particolato ultrafine ($PM_{2.5}$)	DPSIR	S
UNITÀ DI MISURA	Microgrammi/metro cubo	FONTE	Arpa Emilia-Romagna
COPERTURA SPAZIALE DATI	Provincia	COPERTURA TEMPORALE DATI	2007-2012
AGGIORNAMENTO DATI	Annuale	ALTRE AREE TEMATICHE INTERESSATE	
RIFERIMENTI NORMATIVI	Dir 2008/50/CE DLgs 155/2010		
METODI DI ELABORAZIONE DATI	Media, mediana, range min-max, percentili		



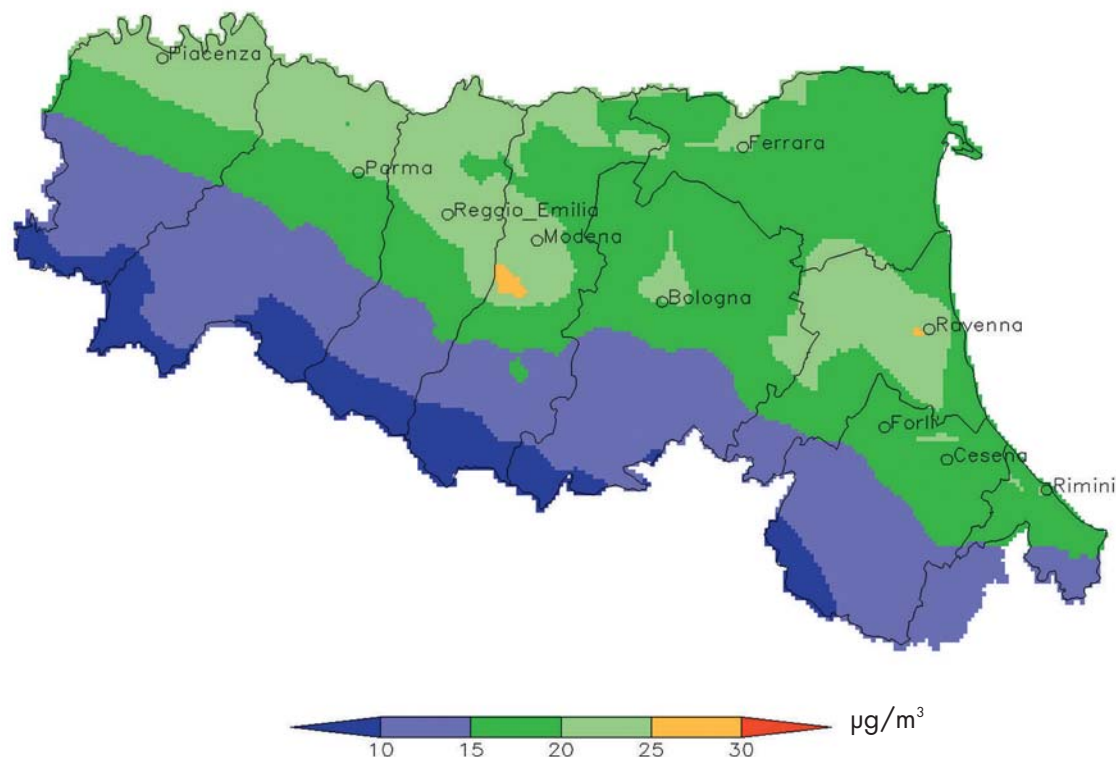
Fonte: Arpa Emilia-Romagna

Figura 1.9: PM_{2.5} - Andamento della concentrazione media annuale a livello regionale (2007-2012)



Fonte: Arpa Emilia-Romagna

Figura 1.10: PM_{2.5} - Statistiche di base (media, mediana e percentili) sulla concentrazione a livello provinciale (2012), stazioni di fondo urbano



Fonte: Arpa Emilia-Romagna

Figura 1.11: PM_{2.5} - Distribuzione territoriale regionale della stima della concentrazione media annuale (2012)

Commento

Dalla valutazione dei dati rilevati nel 2012 emerge una situazione di stabilità di questo inquinante rispetto al 2011, evidenziando una concentrazione media annua a livello regionale quasi sempre al di sotto del valore soglia che entrerà in vigore nell'anno 2015 (25 µg/m³), a eccezione di un numero limitato di stazioni. Si sottolinea come le condizioni meteorologiche anche nel 2012 siano state favorevoli all'accumulo di polveri.

Considerata la natura secondaria del PM_{2.5}, i dati

osservati forniscono un'ulteriore indicazione sulla necessità di incentivare maggiormente le azioni di risanamento, affinché quest'ultime diano risultati positivi anche in situazioni di particolare criticità meteorologica.

Le stime modellistiche (figura 1.11) mostrano come la concentrazione media annuale di PM_{2.5} presenti una distribuzione relativamente uniforme sul territorio regionale. Questa relativa omogeneità è conseguenza dell'origine prevalentemente secondaria di questo inquinante.



Concentrazione in aria, a livello del suolo, di ozono

Descrizione

L'indicatore descrive la variazione della concentrazione al suolo di ozono (O_3). L'ozono troposferico è un inquinante secondario prodotto per effetto delle radiazioni solari 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 è dato dalla somma delle

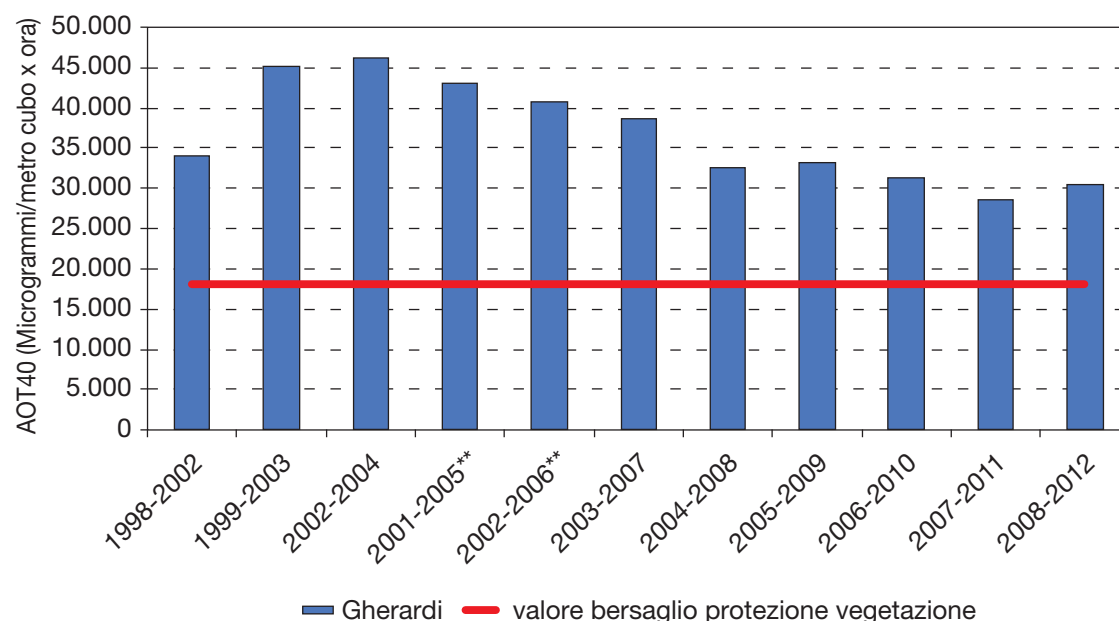
eccedenze orarie del valore di 40 ppb ($80 \mu g/m^3$) nel periodo maggio-luglio tra le ore 8 e le 20 di ogni giorno. Esso rappresenta l'esposizione cumulata all'ozono al di sopra della soglia di concentrazione di 40 ppb per recettori sensibili (colture agrarie).

Scopo

Quantificare le variazioni nelle concentrazioni di ozono (O_3) al suolo.

Metadati

NOME DELL'INDICATORE	Concentrazione in aria, a livello del suolo, di ozono (O_3)	DPSIR	S
UNITÀ DI MISURA	Microgrammi/metro cubo	FONTE	Arpa Emilia-Romagna
COPERTURA SPAZIALE DATI	Provincia	COPERTURA TEMPORALE DATI	1998-2012
AGGIORNAMENTO DATI	Annuale	ALTRE AREE TEMATICHE INTERESSATE	
RIFERIMENTI NORMATIVI	Dir 2008/50/CE DLgs 155/2010		
METODI DI ELABORAZIONE DATI	Medie orarie, medie annuali, AOT40, superamento dei limiti per la protezione della vegetazione e delle foreste, statistiche di base (media, mediana, percentili)		

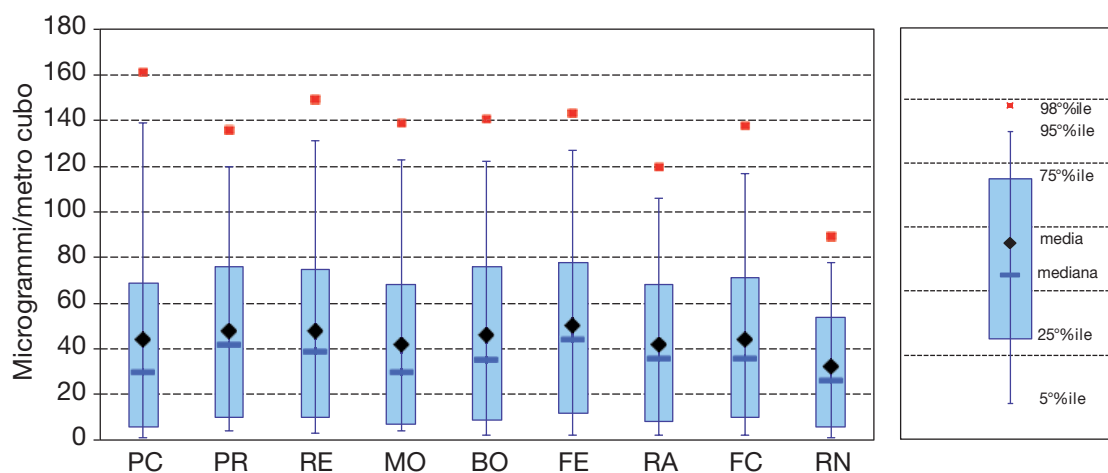


Fonte: Arpa Emilia-Romagna

Figura 1.12: Ozono (O_3) - Andamento dell'AOT40* nella stazione di fondo remoto di Gherardi (1998-2012)

Nota: *esposizione cumulata di ozono al di sopra della soglia di 40 ppb, calcolata da maggio a luglio

**i dati relativi al 2002 non sono disponibili



Fonte: Arpa Emilia-Romagna

Figura 1.13: Ozono (O_3) - Statistiche di base (media, mediana e percentili) sulla concentrazione a livello provinciale (2012), stazioni di fondo urbano

Commento

I dati rappresentati in figura 1.12 sono relativi all'indicatore AOT40 per l'ozono e sono stati misurati nella stazione di Gherardi (stazione di fondo rurale). Se dal 2004 al 2011 questo indicatore mostra una progressiva diminuzione, pur superando il valore bersaglio (linea rossa della figura 1.12), il dato relativo all'ultimo quinquennio, comprensivo dell'anno 2012, evidenzia invece un lieve aumento dovuto, probabilmente, all'andamento meteorologico dell'estate 2012, caratterizzata da episodi di ondate di calore molto estesi e frequenti. L'analisi delle statistiche di base della concentrazione media oraria per ogni provincia (figura 1.13) mostra una certa omogeneità sul territorio della regione.



Superamenti dei limiti di legge per l'ozono

Descrizione

L'indicatore descrive la variazione temporale del numero di superamenti dei limiti di concentrazione in aria, a livello del suolo, dell'ozono (O_3) fissati dalla legge.

Viene presentato:

- il numero di superamenti in un anno del valore soglia di informazione (media oraria = $180 \mu g/m^3$) e del valore obiettivo a lungo termine (massimo giornaliero della media mobile di 8 ore = $120 \mu g/m^3$), calcolati come media regionale su tutte le stazioni e come variazione del numero massimo e minimo dei superamenti di cia-

scuna tipologia di stazione (urbana, suburbana e rurale);

- il numero di stazioni, per ciascuna provincia, che hanno superato il valore obiettivo per la protezione della salute umana;

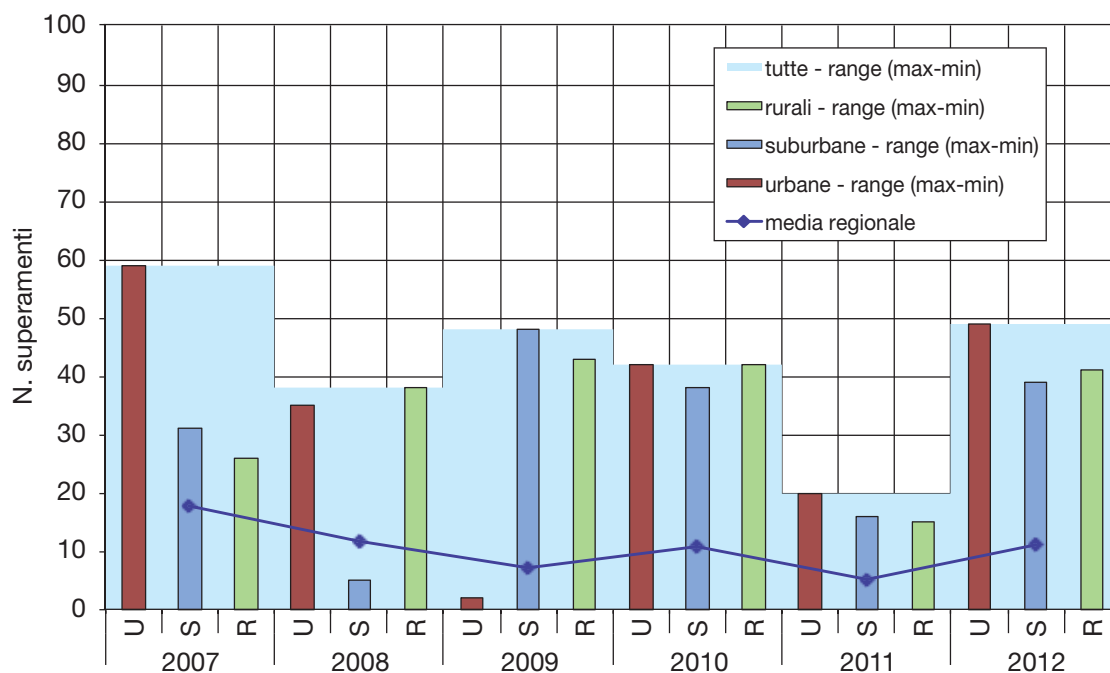
- la distribuzione territoriale del numero di superamenti del valore obiettivo a lungo termine, ottenuta da elaborazioni numeriche fornite dal modello Ninfa + Pesco.

Scopo

Valutare gli andamenti rilevati dei superamenti dei limiti normativi previsti per l'ozono.

Metadati

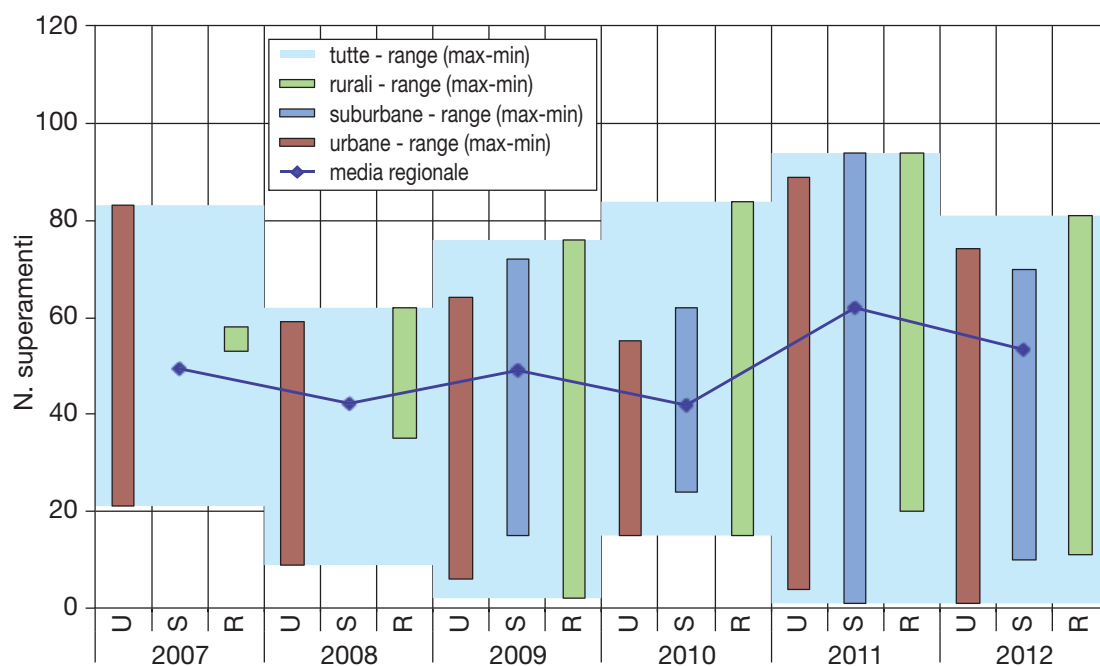
NOME DELL'INDICATORE	Superamenti dei limiti di legge per l'ozono (O_3)	DPSIR	S
UNITÀ DI MISURA	N. superamenti, n. stazioni	FONTE	Arpa Emilia-Romagna
COPERTURA SPAZIALE DATI	Provincia	COPERTURA TEMPORALE DATI	2007-2012
AGGIORNAMENTO DATI	Annuale	ALTRE AREE TEMATICHE INTERESSATE	
RIFERIMENTI NORMATIVI	Dir 2008/50/CE DLgs 155/2010		
METODI DI ELABORAZIONE DATI	Conteggio del numero di superamenti dei limiti normativi		



Fonte: Arpa Emilia-Romagna

Figura 1.14: Ozono (O_3) - Andamento del numero di superamenti della soglia di informazione* a livello regionale, per tipologia di stazione (2007-2012)

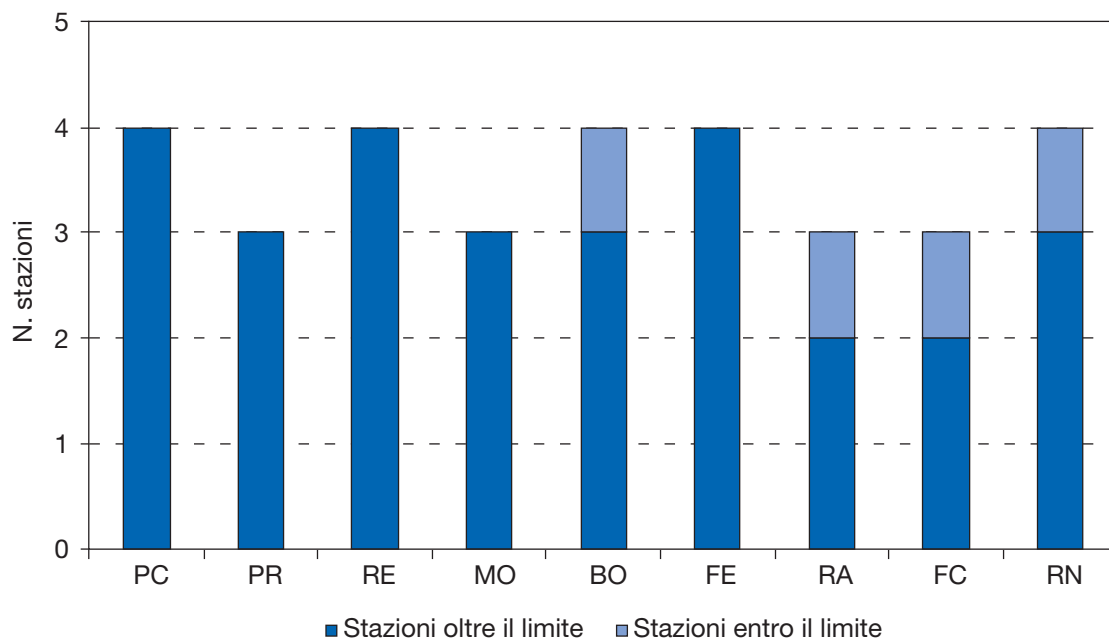
Nota: *media oraria = $180 \mu g/m^3$



Fonte: Arpa Emilia-Romagna

Figura 1.15: Ozono (O_3) - Andamento del numero di superamenti dell'obiettivo a lungo termine per la protezione della salute umana* a livello regionale, per tipologia di stazione (2007-2012)

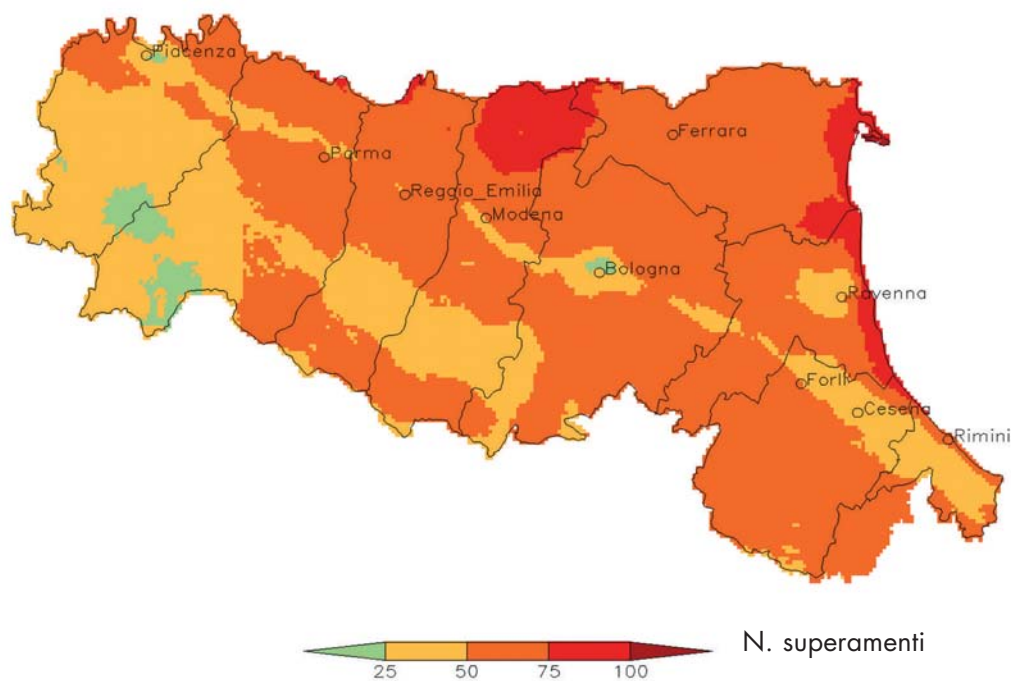
Nota: *massimo giornaliero della media mobile di 8 ore = $120 \mu g/m^3$



Fonte: Arpa Emilia-Romagna

Figura 1.16: Ozono(O_3) - Numero di stazioni che superano l'obiettivo a lungo termine per la protezione della salute umana* a livello provinciale (2007-2012)

Nota: *massimo giornaliero della media mobile su 8 ore = $120 \mu g/m^3$



Fonte: Arpa Emilia-Romagna

Figura 1.17: Ozono (O_3) - Distribuzione territoriale regionale della stima del numero di superamenti dell'obiettivo a lungo termine per la protezione della salute umana* (2012)

Nota: *massimo giornaliero della media mobile su 8 ore = $120 \mu g/m^3$

Commento

I dati rappresentati in figura 1.14 mostrano, per quanto riguarda la soglia di informazione alla popolazione ($180 \mu\text{g}/\text{m}^3$), una situazione più critica per l'anno 2012 rispetto al 2011, con un numero maggiore di superamenti. Inoltre, nel quinquennio esaminato non è, tuttavia, possibile definire un preciso andamento dell'indicatore, né in senso peggiorativo, né in senso migliorativo. Analogo discorso può farsi per l'obiettivo a lungo termine per la protezione della salute umana ($120 \mu\text{g}/\text{m}^3$), figura 1.15, dove, anche in questo caso, manca un preciso andamento nel numero di superamenti rilevati nel quinquennio analizzato, anche se con valori leggermente inferiori per il 2012 rispetto all'anno 2011. Da aggiungere, che i limiti massimi giornalieri di concentrazione sono stati superati in tutte le province (figura 1.16) e, complessivamente, in 30 delle 34 stazioni. La mappa 1.17 rappresenta la distribuzione territoriale del numero di superamenti del massimo giornaliero della media mobile su 8 ore sul territorio regionale ed evidenzia come il maggior numero di superamenti si manifesti nelle zone sub-urbane e rurali.



Concentrazione in aria di biossido di azoto

Descrizione

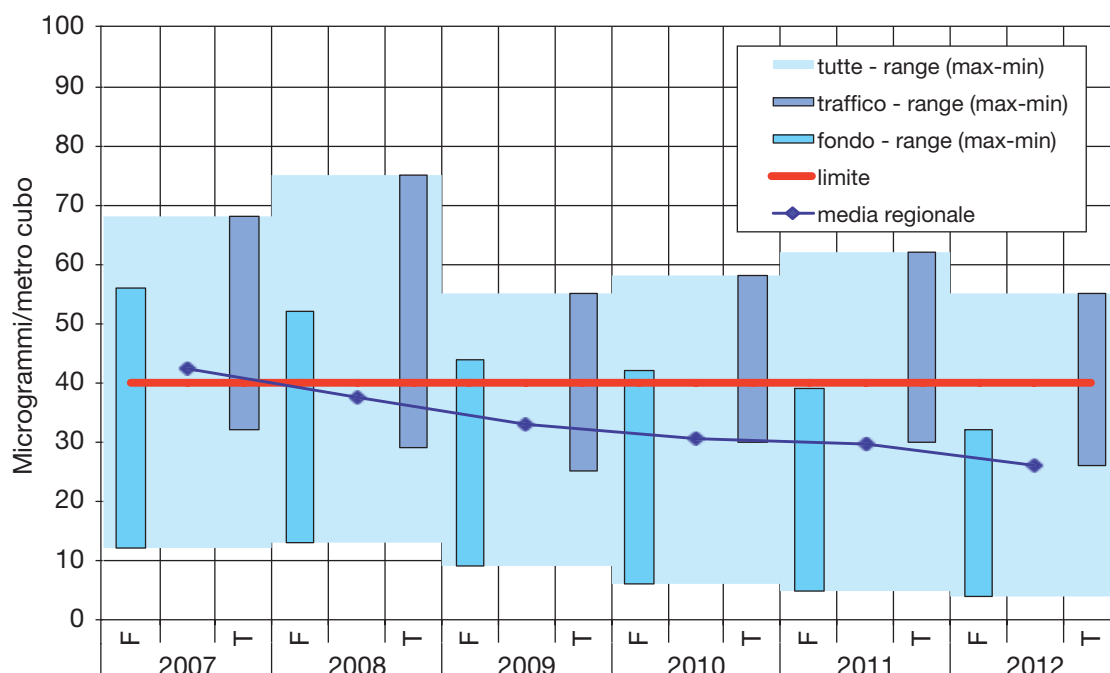
L'indicatore descrive la variazione della concentrazione in aria di biossido di azoto (NO_2). Le principali sorgenti di NO_2 sono i gas di scarico dei veicoli a motore, gli impianti di riscaldamento e alcuni processi industriali. Il biossido di azoto contribuisce alla formazione dello smog fotochimico, delle piogge acide ed è tra i precursori di alcune frazioni significative del PM_{10} .

Scopo

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

Metadati

NOME DELL'INDICATORE	Concentrazione in aria di biossido di azoto (NO_2)	DPSIR	S
UNITÀ DI MISURA	Microgrammi/metro cubo	FONTE	Arpa Emilia-Romagna
COPERTURA SPAZIALE DATI	Provincia	COPERTURA TEMPORALE DATI	2007-2012
AGGIORNAMENTO DATI	Annuale	ALTRE AREE TEMATICHE INTERESSATE	
RIFERIMENTI NORMATIVI	Dir 2008/50/CE DLgs 155/2010		
METODI DI ELABORAZIONE DATI	Media, mediana, range min-max, percentili		



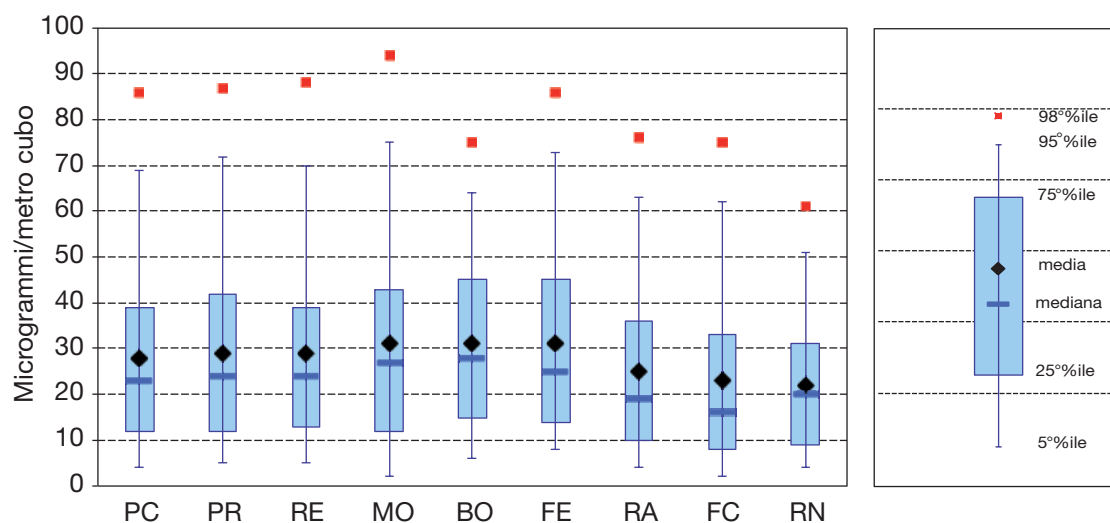
Fonte: Arpa Emilia-Romagna

Figura 1.18: Biossido di azoto (NO₂) - Andamento della concentrazione media annuale a livello regionale, per tipologia di stazione (2007-2012)

LEGENDA:

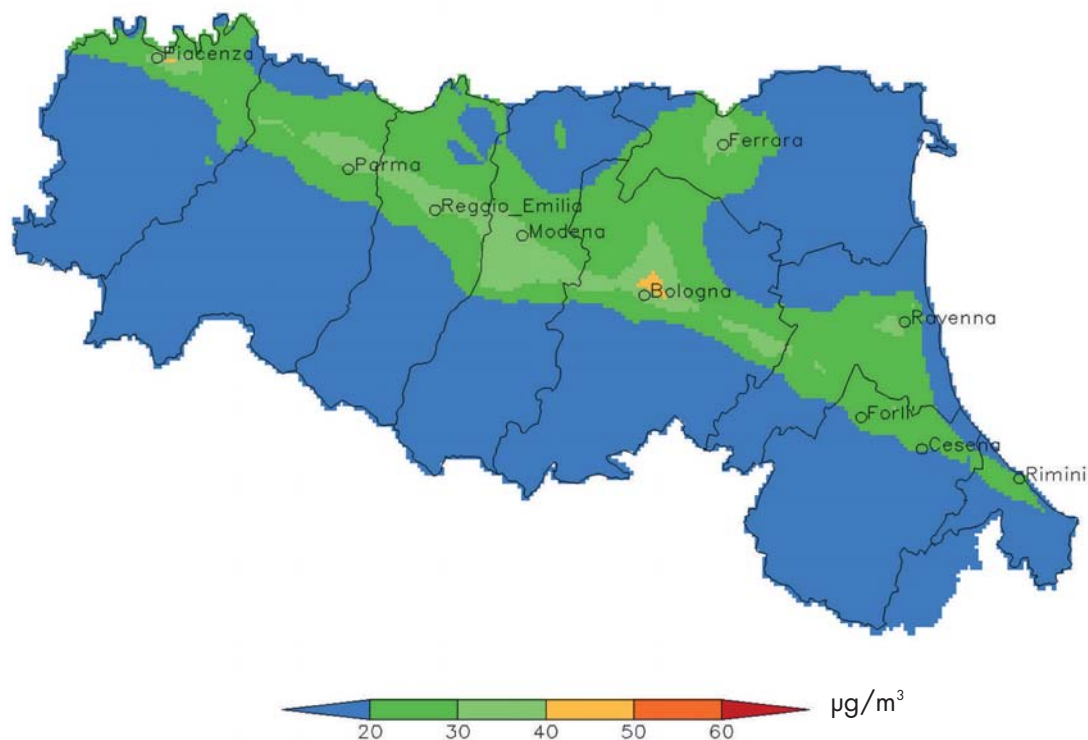
F = Fondo urbano

T = Traffico



Fonte: Arpa Emilia-Romagna

Figura 1.19: Biossido di azoto (NO₂) - Statistiche di base (media, mediana, percentili) sulla concentrazione a livello provinciale (2012), stazioni di fondo urbano



Fonte: Arpa Emilia-Romagna

Figura 1.20: Biossido di azoto (NO_2) - Distribuzione territoriale regionale della stima della concentrazione media annuale (2012)

Commento

Dall'analisi dei dati di figura 1.18, relativi all'andamento, dal 2007 al 2012, della concentrazione media annuale del biossido di azoto (NO_2), si evidenzia una diminuzione di tale inquinante nell'ultimo anno, sia nelle stazioni di fondo, che in quelle di traffico. Si sottolinea, inoltre, come i superamenti del valore limite normativo siano ancora presenti, anche se limitati alle stazioni di traffico. Inoltre, i dati di figura 1.19, inerenti alcune statistiche di base (media e percentili) sulla concentrazione

dell' NO_2 a livello provinciale, evidenziano come i superamenti siano attribuibili a situazioni locali e con massimi in prossimità delle principali sorgenti di emissione, come ad esempio le strade a traffico intenso. Passando, infine, alla figura 1.20, che mostra la distribuzione territoriale della stima della concentrazione della media annuale di fondo, si conferma che nelle aree di pianura più urbanizzate si registrano le concentrazioni medie annuali più elevate del biossido di azoto.



Superamenti dei limiti di legge per il biossido di azoto

Descrizione

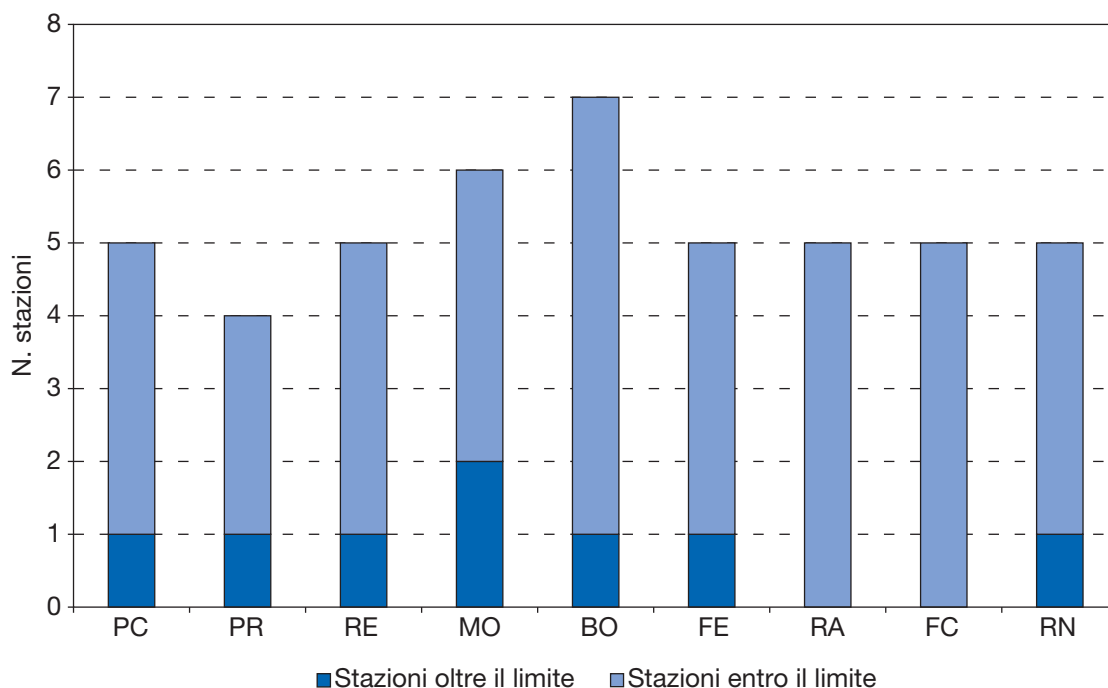
L'indicatore descrive, per ciascuna provincia, il numero di stazioni che hanno superato il valore limite giornaliero nell'anno di riferimento (2012).

Scopo

Valutare gli andamenti rilevati dei superamenti dei limiti normativi del biossido di azoto (NO₂).

Metadati

NOME DELL'INDICATORE	<i>Superamenti dei limiti di legge per il biossido di azoto (NO₂)</i>	DPSIR	S
UNITÀ DI MISURA	<i>N. stazioni</i>	FONTE	<i>Arpa Emilia-Romagna</i>
COPERTURA SPAZIALE DATI	<i>Provincia</i>	COPERTURA TEMPORALE DATI	2012
AGGIORNAMENTO DATI	<i>Annuale</i>	ALTRE AREE TEMATICHE INTERESSATE	
RIFERIMENTI NORMATIVI	<i>Dir 2008/50/CE DLgs 155/2010</i>		
METODI DI ELABORAZIONE DATI	<i>Conteggio del numero di superamenti dei limiti normativi</i>		



Fonte: Arpa Emilia-Romagna

Figura 1.21: NO₂ - Numero di stazioni che superano il limite della protezione della salute umana* a livello provinciale (2012)

Nota: *media annua = 40 µg/m³

Commento

I superamenti del valore limite per la concentrazione media annuale del biossido di azoto (NO₂) è stato superato in 8 delle 47 stazioni di misura. Due province (Ravenna e Forlì-Cesena) non hanno registrato superamenti nel 2012.



Concentrazione in aria di benzene

Descrizione

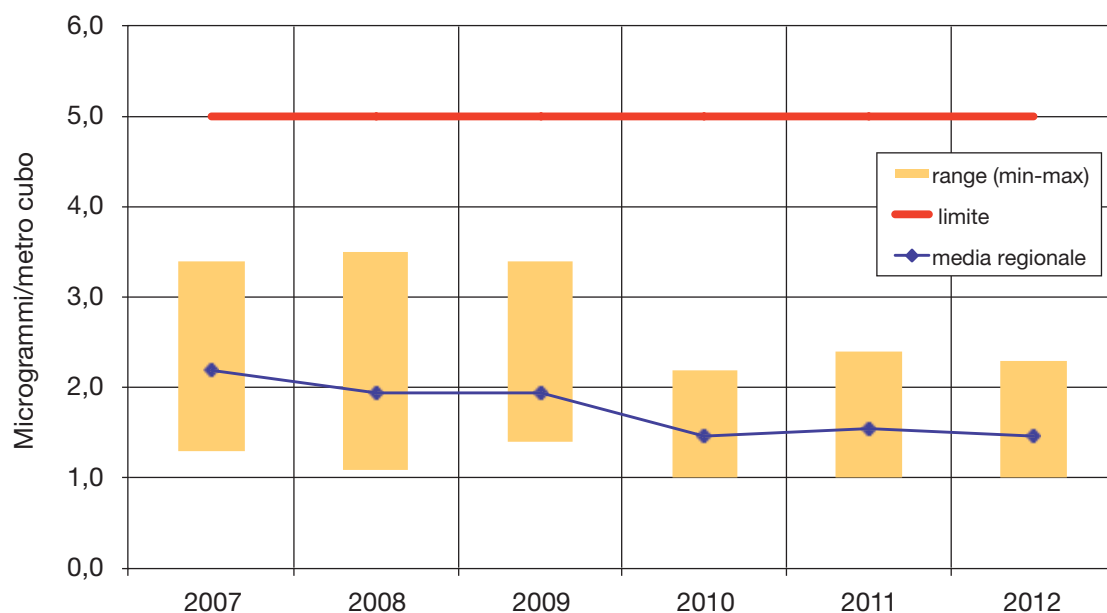
L'indicatore descrive la variazione della concentrazione in aria a livello del suolo di benzene (C_6H_6). Questo inquinante primario proviene principalmente dai gas di scarico degli autoveicoli, dall'evaporazione negli impianti di stoccaggio e distribuzione dei carburanti, dai processi di combustione e dall'uso di solventi.

Scopo

Visualizzare le variazioni nelle concentrazioni di benzene nell'aria, l'andamento medio annuale ed eventuali situazioni di superamento del limite derivanti da massimi rilevati.

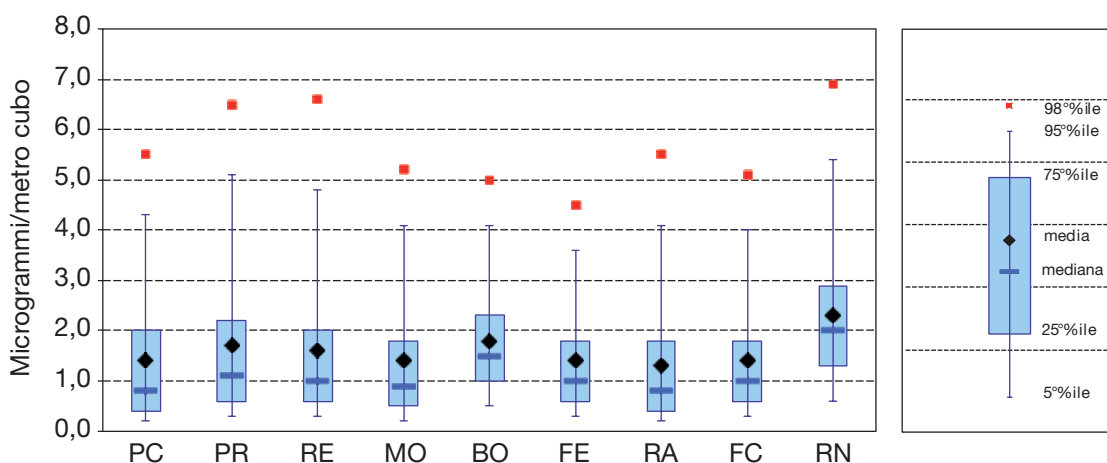
Metadati

NOME DELL'INDICATORE	Concentrazione in aria di benzene (C_6H_6)	DPSIR	S
UNITÀ DI MISURA	Microgrammi/metro cubo	FONTE	Arpa Emilia-Romagna
COPERTURA SPAZIALE DATI	Provincia	COPERTURA TEMPORALE DATI	2007-2012
AGGIORNAMENTO DATI	Annuale	ALTRE AREE TEMATICHE INTERESSATE	
RIFERIMENTI NORMATIVI	Dir 2008/50/CE DLgs 155/2010		
METODI DI ELABORAZIONE DATI	Media, mediana, range min-max, percentili		



Fonte: Arpa Emilia-Romagna

Figura 1.22: Benzene (C₆H₆) - Andamento della concentrazione media annuale a livello regionale (2007-2012)



Fonte: Arpa Emilia-Romagna

Figura 1.23: Benzene (C₆H₆) - Statistiche di base (media, mediana, percentili) sulla concentrazione a livello provinciale (2012), stazioni di fondo urbano

Commento

L'analisi dei dati pluriennali evidenzia valori sempre al di sotto del limite e una lieve diminuzione della concentrazione media annuale a livello regionale nel triennio 2010-2012 rispetto agli anni precedenti, registrando valori costantemente al di sotto della metà del limite previsto dalla normativa. Il miglioramento può essere attribuito al miglioramento tecnologico dei propulsori e della formulazione dei carburanti dei

veicoli a benzina. La distribuzione statistica della concentrazione media oraria risulta simile nelle varie province, con occasionali, ma significativi, picchi di concentrazione (quadri rossi di figura 1.23). Questo ha portato alla scelta di mantenere la rilevazione di questo inquinante, su tutto il territorio regionale, nelle stazioni che presentano le concentrazioni maggiori, cioè quelle da traffico.



Concentrazione in aria di monossido di carbonio

Descrizione

L'indicatore descrive la variazione della concentrazione in aria di monossido di carbonio (CO). 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.

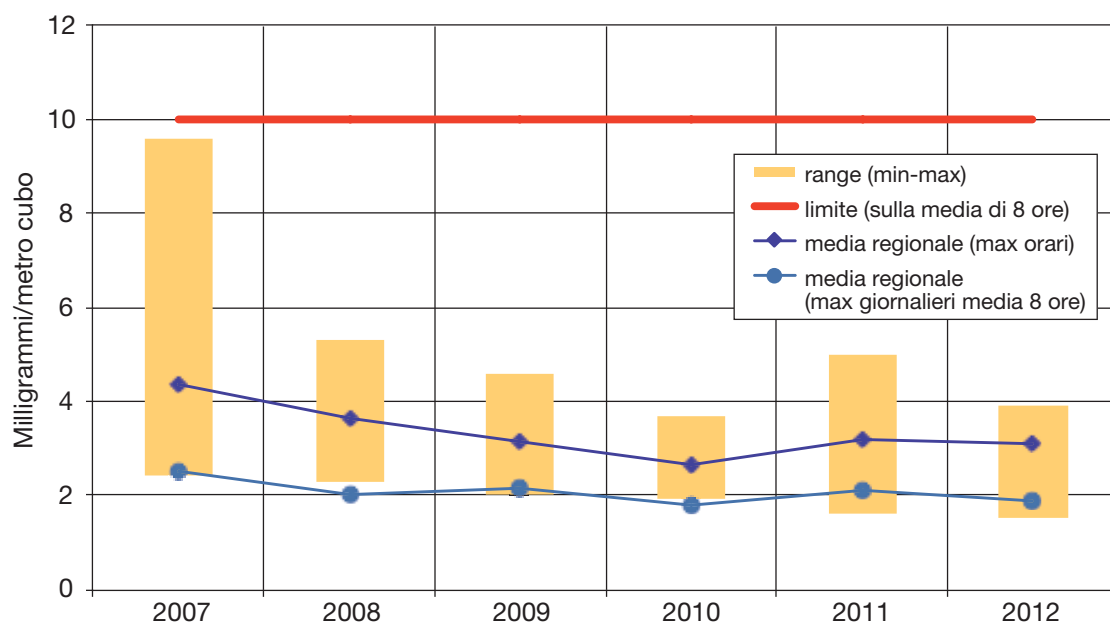
Altre sorgenti sono individuabili in particolari processi industriali come la produzione dell'acciaio, della ghisa e la raffinazione del petrolio.

Scopo

Visualizzare le variazioni nelle concentrazioni di monossido di carbonio, l'andamento medio annuale ed eventuali situazioni limite derivanti da massimi rilevati.

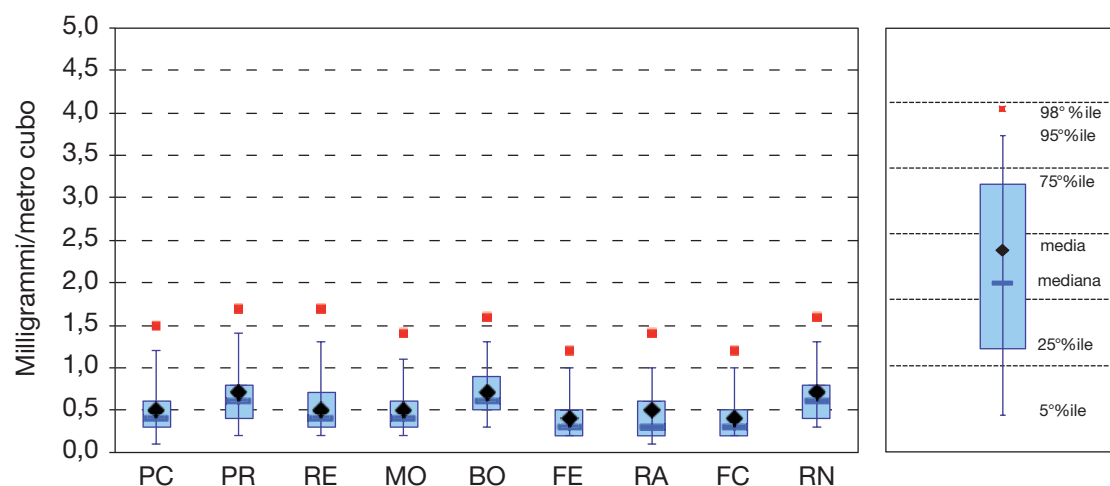
Metadati

NOME DELL'INDICATORE	Concentrazione in aria di monossido di carbonio (CO)	DPSIR	S
UNITÀ DI MISURA	Milligrammi/metro cubo	FONTE	Arpa Emilia-Romagna
COPERTURA SPAZIALE DATI	Provincia	COPERTURA TEMPORALE DATI	2007-2012
AGGIORNAMENTO DATI	Annuale	ALTRE AREE TEMATICHE INTERESSATE	
RIFERIMENTI NORMATIVI	Dir 2008/50/CE DLgs 155/2010		
METODI DI ELABORAZIONE DATI	Media, mediana, range min-max, percentili		



Fonte: Arpa Emilia-Romagna

Figura 1.24: Monossido di carbonio (CO) - Andamento della media annuale delle concentrazioni massime orarie e dei massimi giornalieri della media su 8 ore, a livello regionale (2007-2012)



Fonte: Arpa Emilia-Romagna

Figura 1.25: Monossido di carbonio (CO) - Statistiche di base (media, mediana, percentili) sulla concentrazione a livello provinciale (2012), stazioni di traffico urbano

Commento

I valori di concentrazione media annuale a livello regionale del monossido di carbonio permangono ben al di sotto della metà del valor limite normativo (figura 1.24), a testimonianza che l'aggiornamento dei propulsori dei veicoli a benzina ha favorito la riduzione degli inquinanti primari.

Passando ai dati provinciali (figura 1.25), si rileva una situazione sostanzialmente omogenea su tutto il territorio regionale, con valori di concentrazione al limite della soglia di quantificazione e quasi dieci volte sotto il limite previsto dalla normativa.



Concentrazione in aria di biossido di zolfo

Descrizione

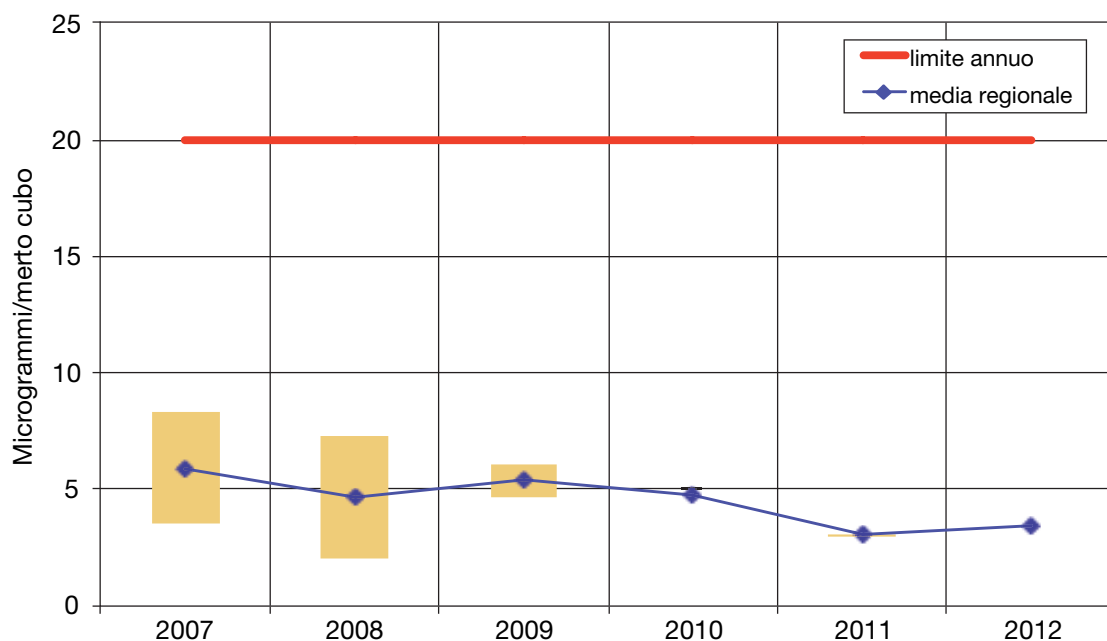
L'indicatore descrive la variazione della concentrazione in aria, al livello del suolo, di biossido di zolfo (SO_2). Le principali sorgenti di SO_2 derivano dall'utilizzo di prodotti petroliferi ad alto contenuto di zolfo o carbone. In generale, con l'avvento della metanizzazione, la presenza di questo inquinante è pressoché assente all'interno dei nostri centri abitati.

Scopo

Valutare le variazioni nella concentrazione di biossido di zolfo, considerando la situazione normativa, l'andamento medio annuale ed eventuali situazioni limite derivanti da massimi rilevati.

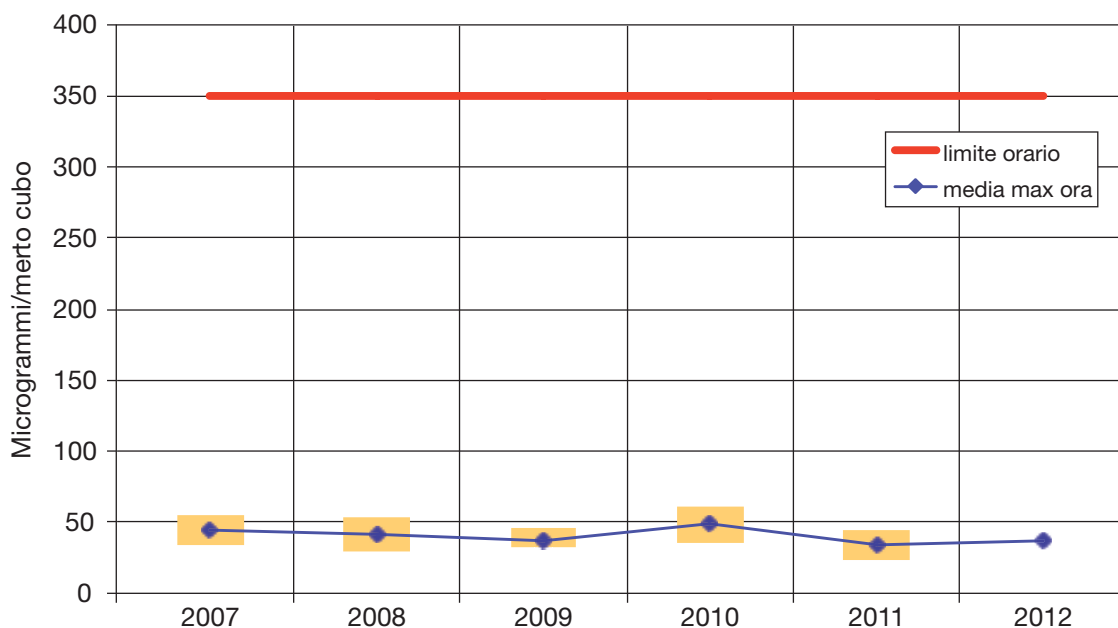
Metadati

NOME DELL'INDICATORE	Concentrazione in aria di biossido di zolfo (SO_2)	DPSIR	S
UNITÀ DI MISURA	Microgrammi/metro cubo	FONTE	Arpa Emilia-Romagna
COPERTURA SPAZIALE DATI	Provincia	COPERTURA TEMPORALE DATI	2007-2012
AGGIORNAMENTO DATI	Annuale	ALTRE AREE TEMATICHE INTERESSATE	
RIFERIMENTI NORMATIVI	Dir 2008/50/CE DLgs 155/2010		
METODI DI ELABORAZIONE DATI	Medie orarie e annuali per la provincia di Ravenna, che ha mantenuto la misura dell'inquinante in seguito alla ristrutturazione della rete regionale		



Fonte: Arpa Emilia-Romagna

Figura 1.26: Biossido di zolfo (SO₂) - Andamento della concentrazione media annuale a livello regionale (2007-2012)



Fonte: Arpa Emilia-Romagna

Figura 1.27: Biossido di zolfo (SO₂) - Andamento annuale della media della concentrazione massima oraria a livello regionale (2007-2012)

Commento

I dati rilevati evidenziano come la concentrazione di biossido di zolfo risulti sensibilmente inferiore al valore limite di protezione della salute umana (media giornaliera pari a 125 µg/m³ e media oraria pari a 350 µg/m³) e del limite annuale di protezione degli ecosistemi (media annuale pari a 20 µg/m³), a conferma della situazione ottimale in pressoché tutto il territorio regionale. Vi è da osservare come nel 2012 si mantengano stabili i valori di questo inquinante (figure 1.26 e 1.27) sia nei valori medi annuali, che in quelli massimi.



STATO

Fattore di Genotossicità

Descrizione

L'applicazione dei test di mutagenesi a breve termine su batteri come *Salmonella typhimurium* al particolato atmosferico urbano – $PM_{2.5}$ – permette di rilevare la presenza di sostanze mutagene nell'aria delle nostre città, miscela complessa di diversi contaminanti. I dati derivanti dal monitoraggio in continuo della mutagenicità del PM consentono una migliore caratterizzazione del pericolo per la popolazione urbana, derivante dall'esposizione cronica a sostanze inquinanti, nello specifico, mutageno/cancerogene. Il Fattore di Genotossicità si ottiene sommando gli effetti di tutti i test effettuati su *Salmonella* e rappresenta l'entità dell'effetto mutageno totale di un campione. Per calcolare questo parametro vengono utilizzati i rapporti tra i valori dei trattati e dei loro rispettivi controlli.

L'attività della rete regionale di monitoraggio della mutagenicità del particolato atmosferico urbano (Particulate Matter - PM), gestita da Arpa Emilia-Romagna, a partire da gennaio 2008 coinvolge i nodi di Piacenza, Parma, Bologna, Ferrara e Rimini e le centraline di campionamento sono collocate in siti di "fondo urbano parco".

I mesi in cui il $PM_{2.5}$ viene sottoposto ai test di mu-

tagenesi sono: Gennaio, Febbraio, Luglio, Novembre e Dicembre. Per problemi tecnici il campionamento del $PM_{2.5}$ non si è avviato contemporaneamente in tutti i nodi della rete (tabella 1.2).

Informazioni più dettagliate sull'attività della rete regionale di monitoraggio della mutagenicità del particolato atmosferico urbano sono presenti nel sito di Arpa Emilia-Romagna, nella sezione di Tossicologia ambientale/Mutagenesi/Rete di monitoraggio.

Scopo

Lo scopo dell'indicatore è quello di valutare la genotossicità (e quindi la potenziale cancerogenicità) del particolato atmosferico e di evidenziarne le variazioni nello spazio e nel tempo, affiancando alla determinazione dei tradizionali inquinanti chimico-fisici il monitoraggio degli effetti biologici del PM, nel caso specifico mutageno-genotossici, per una migliore caratterizzazione del pericolo per la popolazione esposta. Il Fattore di Genotossicità è utile come descrittore dello stato ambientale, in quanto in grado di rappresentare la presenza e le variazioni di sostanze mutageno/cancerogene, quindi efficace ai fini della valutazione dei provvedimenti presi per la riduzione dell'inquinamento.

Metadati

NOME DELL'INDICATORE	Fattore di Genotossicità (FG)	DPSIR	S
UNITÀ DI MISURA	Intervalli di positività	FONTE	Arpa Emilia-Romagna
COPERTURA SPAZIALE DATI	Provincia	COPERTURA TEMPORALE DATI	2008-2012
AGGIORNAMENTO DATI	Mensile	ALTRE AREE TEMATICHE INTERESSATE	
RIFERIMENTI NORMATIVI			
METODI DI ELABORAZIONE DATI	Il fattore di genotossicità si ottiene sommando gli effetti dei test utilizzati, considerando i rapporti tra i valori dei trattati e dei loro rispettivi controlli		

Tabella 1.2: Mutagenicità del particolato atmosferico urbano (PM_{2,5}) espressa come Fattore di Genotossicità su tutti i test in *Salmonella typhimurium*, rilevata nei diversi nodi della Rete regionale di monitoraggio della genotossicità del particolato atmosferico urbano di Arpa Emilia-Romagna nel periodo 2008-2012

PM _{2,5}	PC	PR	BO	FE	RN
Gen08	nd	nd	nd	nd	36,3
Feb08		24,3	nd		14,8
Lug08		0,5	0,1		0,6
Nov08		11,8	9,9		14,8
Dic08		30,3	15,3		42,6
Gen09		35,6	21,2	39,3	30,6
Feb09		44,2	23,9	56,1	75,1
Lug09		0,8	0,5	0,7	0,7
Nov09		8,1	18,1	29,1	23,0
Dic09		49	19,6	28,3	47,1
Gen10	44,0	32,7	31,7	44,8	52,8
Feb10	59,5	29,9	35,9	39,8	66,2
Lug10	0,6	0,5	0,5	0,4	0,7
Nov10	18,3	14,5	9,3	16,1	52,6
Dic10	58,8	39,3	31	33,3	75,6
Gen11	57,9	35,7	51,6	39,7	52,6
Feb11	45,5	28,2	31,2	54	75,6
Lug11	0,4	0,3	0,8	0,5	0,4
Nov11	64,7	48,1	nd	38,2	71,9
Dic11	103,5	83,8	42,4	108,4	87,1
Gen12	83,2	53,2	37,8	104,7	80,9
Feb12	108,9	60,9	58,9	53,2	79,9
Lug12	0,9	1,0	0,6	0,2	0,5
Nov12	28,0	33,7	28,1	45,4	52,3
Dic12	57,8	39,1	57,0	92,1	96,0

Intervalli di positività	Giudizio	Colore
$FG \leq 1,4$	Negativo	Azzurro
$1,5 \leq FG \leq 2,9$	Debolmente positivo	Verde
$3,0 \leq FG \leq 14,9$	Positivo	Giallo
$FG \geq 15,0$	Fortemente positivo	Rosso

Fonte: Arpa Emilia-Romagna

Commento

In tutti i nodi della rete si conferma la stagionalità della mutagenicità, già riscontrata negli anni precedenti, con valori più alti nei mesi più freddi e valori negativi nel mese di luglio (tabella 1.2). La stagionalità è tipica dell'andamento della mutagenicità del particolato atmosferico rilevata con i test su *Salmonella* e i valori più elevati nel periodo autunnale-invernale possono essere dovuti a diversi fattori: una maggiore intensità del traffico veicolare, il contributo degli impianti di riscaldamento, ma anche fenomeni di inversione termica, tipici della pianura padana, con conseguente ristagno di sostanze inquinanti negli strati più bassi dell'atmosfera. In particolare, nel 2012, come nel 2011, nei mesi invernali e autunnali si riscontrano solo valori "fortemente positivi" in tutti i nodi della rete. In generale si osserva un aumento del FG a partire dai mesi autunnali del 2011.

Concentrazione dei pollini allergenici

Descrizione

Per ogni famiglia botanica di interesse allergologico (*Betulaceae*, *Compositae*, *Coriaceae*, *Fagaceae*, *Graminaceae*, *Oleaceae*, *Plantaginaceae*, *Urticaceae*, *Cupressaceae* e *Taxaceae*, *Chenopodiaceae* e *Amarantaceae*, *Poligonaceae*, *Euphorbiaceae*, *Mirtaceae*, *Ulmaceae*, *Platanaceae*, *Aceraceae*, *Pinaceae*, *Salicaceae*, *Cyperaceae*, *Juglandaceae*, *Ippocastanaceae*) viene calcolata la concentrazione giornaliera dei pollini allergenici, che esprime il livello quantitativo della loro presenza in atmosfera. Le concentrazioni giornaliere sono espresse in numero di granuli per metro cubo d'aria. Le concentrazioni polliniche vengono successivamente convertite in classi (assente, bassa, media, alta) secondo lo standard AIA. Le classi forniscono una indicazione statistica del livello di pollini e spore presenti in relazione alla quantità di polline prodotto dalle singo-

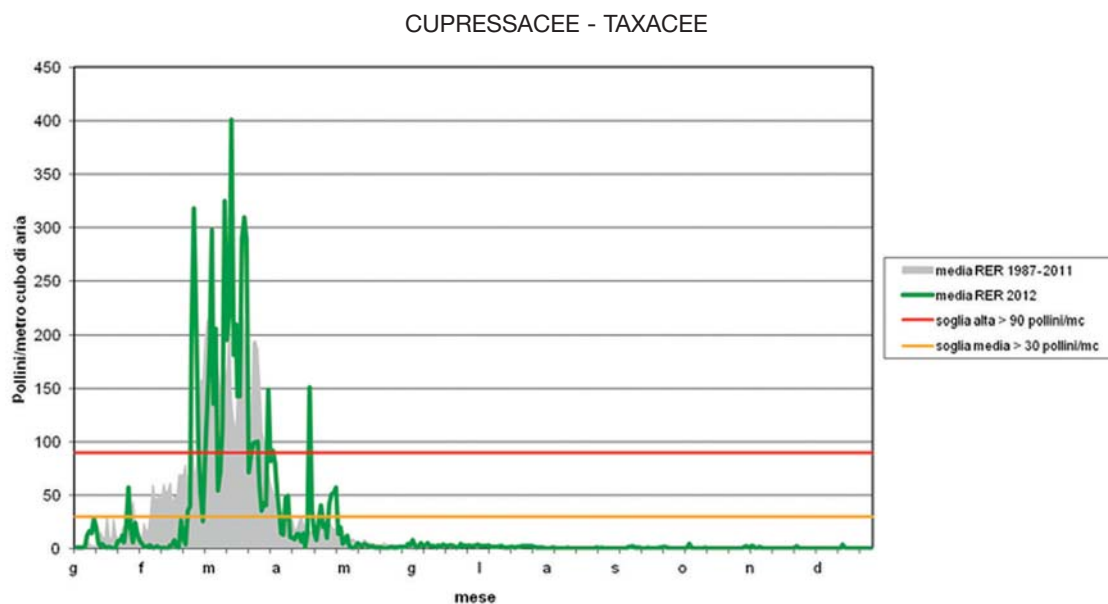
le famiglie, ma non corrispondono a classi di sensibilità allergica o di risposta dell'individuo. Sono state scelte le famiglie botaniche maggiormente responsabili di reazioni allergiche: le graminacee e le urticacee, perché contraddistinte da un periodo di pollinazione lungo; le cupressacee-taxacee, rappresentative dei pollini presenti in gran parte del periodo invernale.

Scopo

Monitorare durante tutto l'anno la concentrazione in aria dei pollini allergenici e i loro trend, consentendo, inoltre, la redazione di bollettini settimanali di analisi e previsione dei pollini. I bollettini sono utilizzati ai fini della prevenzione sanitaria per supportare tutte le azioni necessarie al contenimento delle patologie da allergeni.

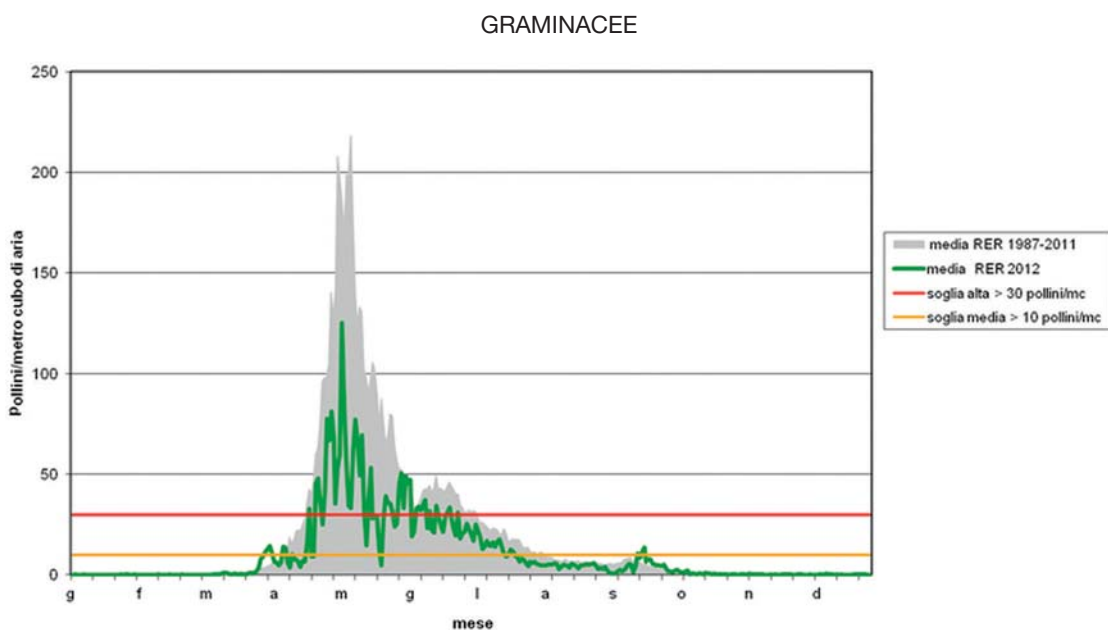
Metadati

NOME DELL'INDICATORE	Concentrazione dei pollini allergenici	DPSIR	S
UNITÀ DI MISURA	N. pollini/metro cubo di aria	FONTE	Arpa Emilia-Romagna, C.A.A., Ospedale di Faenza (Ausl RA)
COPERTURA SPAZIALE DATI	Regione	COPERTURA TEMPORALE DATI	2012
AGGIORNAMENTO DATI	Giornaliero	ALTRE AREE TEMATICHE INTERESSATE	Clima, Natura e biodiversità
RIFERIMENTI NORMATIVI	Specifiche AIA per quanto riguarda il monitoraggio dei pollini aerodispersi, in particolare per la tecnica di preparazione e di lettura del campione (rif. "Metodo di campionamento e conteggio dei granuli pollinici e delle spore aerodisperse - depositato in UNI con codice U53000810")		
METODI DI ELABORAZIONE DATI	Analisi della concentrazione media giornaliera di pollini allergenici relativa ai siti di campionamento a livello regionale. Le concentrazioni vengono successivamente convertite in classi (assente, bassa, media, alta), secondo lo standard AIA		



Fonte: Arpa Emilia-Romagna, Centro agricoltura e ambiente, Ausl Faenza

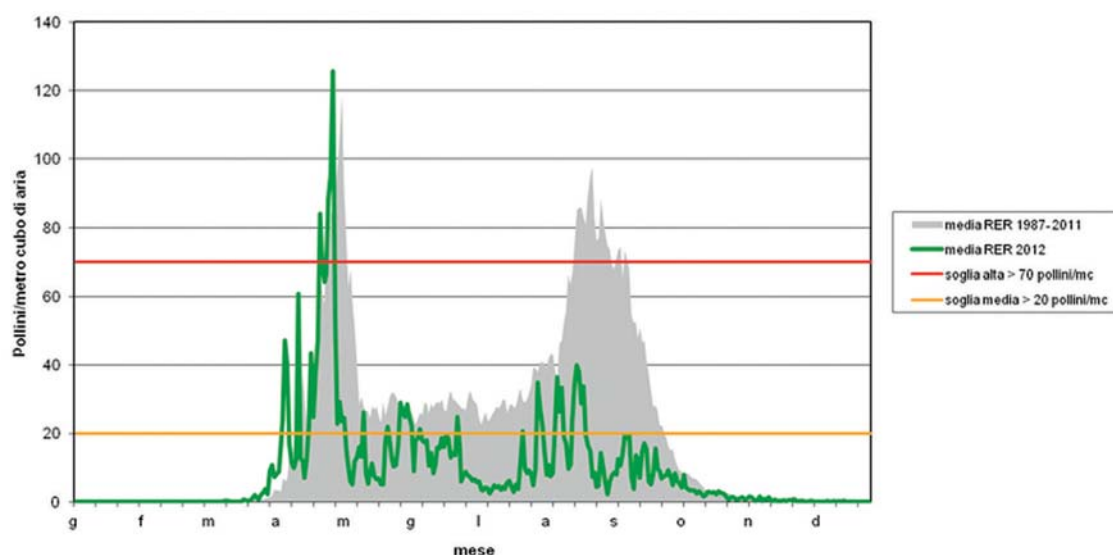
Figura 1.28: Andamento della concentrazione dei pollini di Cupressacee-Taxacee per l'anno 2012 (valore medio dalle 13 stazioni di monitoraggio regionali) a confronto con il calendario pollinico (andamento medio annuale dei pollini di Cupressacee-Taxacee relativo al periodo 1987-2011) nella regione Emilia-Romagna



Fonte: Arpa Emilia-Romagna, Centro agricoltura e ambiente, Ausl Faenza

Figura 1.29: Andamento della concentrazione dei pollini di Graminacee per l'anno 2012 (valore medio dalle 13 stazioni di monitoraggio regionali) a confronto con il calendario pollinico (andamento medio annuale dei pollini di Graminacee relativo al periodo 1987-2011) nella regione Emilia-Romagna

URTICACEE



Fonte: Arpa Emilia-Romagna, Centro agricoltura e ambiente, Ausl Faenza

Figura 1.30: Andamento della concentrazione dei pollini di Urticacee per l'anno 2012 (valore medio dalle 13 stazioni di monitoraggio regionali) a confronto con il calendario pollinico (andamento medio annuale dei pollini di Urticacee relativo al periodo 1987-2011) nella regione Emilia-Romagna

Commento

Si riporta un breve resoconto meteorologico del 2012 e un'analisi delle concentrazioni polliniche delle *Cupressaceae/Taxaceae*, delle *Graminaceae* e delle *Urticaceae*, in relazione all'andamento meteo climatico. In particolare si farà un accenno alle precipitazioni e alla temperatura dell'aria, grandezze meteorologiche che più influenzano lo sviluppo fenologico delle famiglie polliniche allergeniche.

Da un punto di vista meteo-climatico, l'annata 2012 si configura nel complesso per l'eccezionale siccità estiva, con temperature paragonabili, o anche localmente superiori, a quelle registrate nel 2003 e con piogge estremamente scarse (praticamente assenti sui settori centro-orientali).

Nel contempo, il 2012 verrà ricordato anche come l'anno della storica nevicata di febbraio, con accumuli sui rilievi della Romagna, anche di oltre tre metri, valori superiori a quelli registrati nel 1929. Nel dettaglio, il 2012 inizia con precipitazioni inferiori alla norma per poi continuare con un'intensa ondata di freddo nel mese di febbraio accompagnata da forti nevicate, specie in Romagna.

Marzo si caratterizza invece come mese caldo e siccitoso, mentre nei mesi di aprile e maggio l'andamento climatico rientra nella norma, sia sotto il profilo termico che pluviometrico. Nel periodo da giugno ad agosto, tutta la regione entra in una nuova fase siccitosa con piogge non significative e valori termici elevati.

Il periodo autunnale, da settembre a novembre, ritorna invece nella normalità per quanto riguarda

le piogge, mentre, sotto il profilo termico, solo settembre e ottobre sono nella norma. Novembre è infatti un mese molto mite, tra i più caldi degli ultimi 25 anni. La stagione invernale inizia infine con freddo e nevicate nella prima metà di dicembre, mentre nella seconda metà del mese torna la stabilità atmosferica.

Osservando le concentrazioni polliniche delle tre famiglie oggetto di analisi, si può notare come queste rispecchino l'andamento meteo-climatico del 2012.

Nel caso delle *Cupressaceae-Taxaceae*, i primi granuli pollinici si osservano già nel mese di gennaio, ma a febbraio, a causa delle condizioni di freddo e neve che hanno interessato l'intera regione, si nota invece un drastico calo delle concentrazioni polliniche, su valori non più significativi (figura 1.28).

Da marzo ad aprile si registra un netto incremento dei granuli pollinici in aria, in concentrazioni anche superiori ai valori medi. La pollinazione si conclude infine a partire dal mese di maggio.

Anche la pollinazione delle *Graminaceae* risente dell'andamento meteo-climatico del 2012: nel complesso si osservano concentrazioni polliniche più basse rispetto alla media 1987-2011 (figura 1.29). Nonostante le piogge di aprile e maggio, le varie specie potrebbero infatti non essersi riprese dal deficit pluviometrico dei mesi precedenti, con il risultato di una minor fioritura e quindi una minor pollinazione. Inoltre, le stesse piogge di aprile e maggio potrebbero aver avuto la funzione

di “abbattimento” dei granuli pollinici presenti in aria. Da notare inoltre il primo picco fatto registrare alla fine di marzo, in relazione alle temperature sopra la media che hanno interessato l'ultima decade del mese. Osservando infine le concentrazioni polliniche delle *Urticaceae* (figura 1.30), si nota come i primi picchi, registrati nella prima decade di aprile, superino le concentrazioni medie. A partire da metà maggio la pollinazione prosegue, però, con un andamento medio regionale inferiore a quello medio del periodo di riferimento 1987-2011, in relazione alla fase siccitosa registratasi nei successivi mesi estivi.

Riferimenti

Autori

Marco DESERTI ⁽¹⁾, Giovanni BONAFÈ ⁽¹⁾, Lucio BOTARELLI ⁽¹⁾, Alessandro DONATI ⁽¹⁾, Simona MACCAFERRI ⁽¹⁾, Antonella MORGILLO ⁽¹⁾, Francesca CASSONI ⁽²⁾

⁽¹⁾ ARPA SIMC, ⁽²⁾ ARPA PR

Bibliografia

1. Bonafe G. (2011), *Indicatori meteo per interpretare le tendenze della qualità dell'aria*, *<http://is.gd/IndicatoriMeteo>
 2. Bonafe G., Cattani S., De' Munari E., Deserti M., Minguzzi E., Stortini M., Tugnoli S., Veronesi P. (2011), *Progetto NINFA-Extended, Sistema integrato a supporto della valutazione e gestione della qualità dell'aria in Regione Emilia-Romagna - Rapporto finale*, *<http://is.gd/NinfaE>
 3. Bonafe G., Stortini M., Minguzzi E., Deserti M. (2011), "Postprocessing of a CTM with observed data: Downscaling, unbiasing and estimation of the subgrid scale pollution variability", in A. Syrakos J.G. Bartzis and S. Andronopoulos, Editors, *Proceedings of the 14th International Conference on Harmonisation within Atmospheric Dispersion Modelling for Regulatory Purposes*, pages 302-306; paper: <http://goo.gl/o8je4>; poster: <http://goo.gl/4FjbM>
 4. Bonafe G. (2013), *Valutazione annuale della qualità dell'aria 2012, Concentrazioni di fondo*, *<http://is.gd/ValutazioniFondo>
 5. Bonafe G., Minguzzi E., Morgillo A. (2013), "Come cambia l'aria: l'inquinamento dal 2001 a oggi", *Ecoscienza*, 3, pp. 26-28
 6. Deserti M., Tugnoli S. (2011), *Risultati dell'indagine sul consumo domestico di biomassa legnosa in Emilia-Romagna*, *<http://is.gd/ConsumoBiomasse>
 7. DLgs n. 155 13/08/2010, *Attuazione della direttiva 2008/50/CE relativa alla qualità dell'aria ambiente per un'aria più pulita in Europa*
 8. EEA (European Environment Agency) (2009), *Air pollutant Emission Inventory Guidebook*, Copenhagen
 9. Rossi C. et al. (1992), "Persistence of genotoxicity in the area surrounding an incineration plant", *Toxicol Environ Chem* 1992; 36: 75-87
 10. Tugnoli S., Rumberti V., Ansaloni F., Veronesi P. (2013), *Aggiornamento al 2010 della base dati dell'inventario delle emissioni in atmosfera dell'Emilia-Romagna*, *<http://is.gd/Inventario2010>
 11. US EPA (United States - Environmental Protection Agency) (1997), *Handbook for criteria pollutant inventory development: a beginner's guide for point and area sources*, Washington
- *Rapporti tecnici, scaricabili dal sito www.arpa.emr.it nella sezione "Report ambientali"

Sitografia

1. Arpa Emilia-Romagna, "Qualità dell'aria": <http://www.arpa.emr.it/index.asp?idlivello=134>
2. Regione Emilia-Romagna, Arpa Emilia-Romagna, "Liberiamo l'aria": <http://www.arpa.emr.it/liberiamo/>
3. Regione Emilia-Romagna, Arpa Emilia-Romagna, Cnr-Isac, "Progetto Supersito": <http://www.arpa.emr.it/supersito/index.asp>
4. Arpa Emilia-Romagna, "Idro-Meteo-Clima": <http://www.arpa.emr.it/sim/>
5. Arpa Emilia-Romagna, "La qualità dell'ambiente in Emilia-Romagna – Annuario dei dati 2011": <http://www.arpa.emr.it/annuario>
6. Regione Emilia-Romagna, "Piano Regionale Integrato per la Qualità dell'aria (PAIR 2020)": <http://ambiente.regione.emilia-romagna.it/aria-rumore-elettrosmog/temi/PianoRegionaleIntegratoQualitaAria>