

Clima, energia e qualità dell'aria

Profilo climatico osservato: temperatura

Distribuzione spaziale della temperatura media annua per i periodi:1961-1990 e 1991-2018

Temperatura media annua 1961-1990

Temperatura media annua 1991-2018

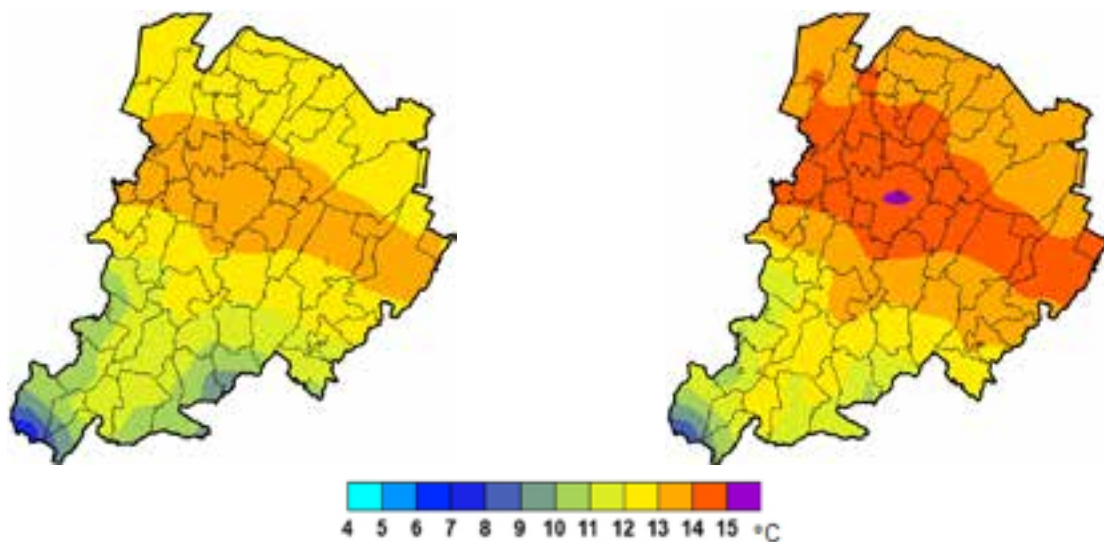
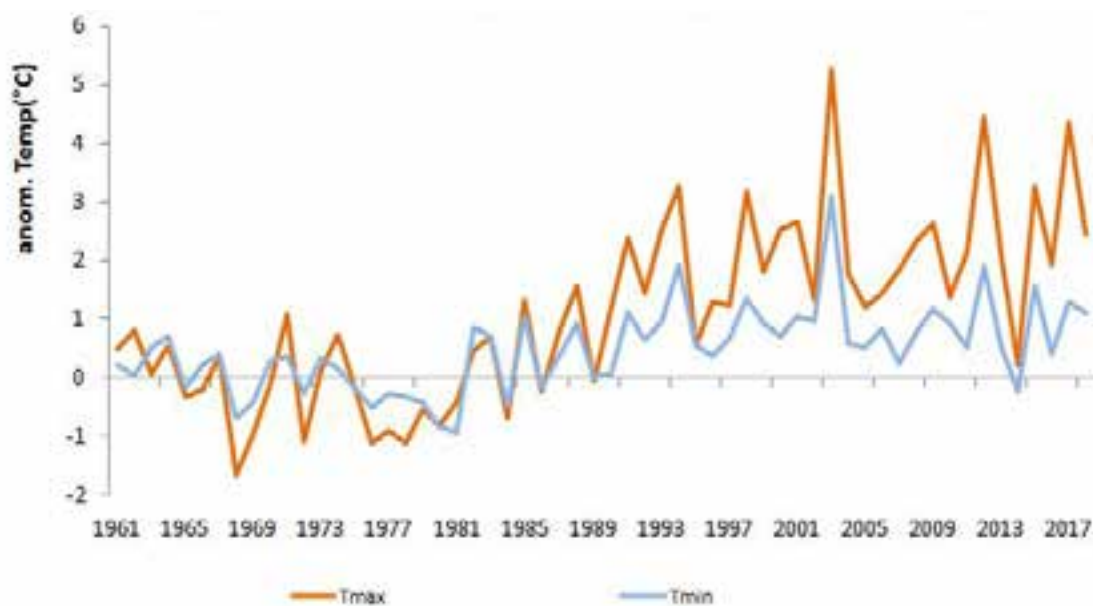


Tabella 1 Coefficienti di tendenza della temperatura media, minima, massima, periodo 1961 - 2018 (valori mediati sulla Città metropolitana)

	Inverno (°C/10 y)	Primavera (°C/10 y)	Estate (°C/10 y)	Autunno (°C/10 y)
T _{med}	0.3	0.3	0.4	0.2
T _{max}	0.4	0.4	0.6	0.2
T _{min}	0.2	0.2	0.2	0.1

Andamento temporale delle anomalie estive di Tmin e Tmax estate- 1961-2018



Quadro informativo

Il profilo climatico osservato sulla città metropolitana di Bologna mostra per la temperatura media annua valori climatici di riferimento (1961-1990) compresi tra 8°C in montagna e circa 14°C in pianura. Lo stesso indicatore calcolato sul periodo più recente, 1991-2018, evidenzia un aumento della temperatura media su tutto il territorio metropolitano, ma particolarmente accentuato nella fascia altamente urbanizzata della via Emilia e sul capoluogo.

Analizzando la tendenza sul lungo periodo, 1961-2018, si nota a livello metropolitano un segnale di aumento delle temperature medie annue di circa 0,3°C/10anni, significativo statisticamente. Questo segnale è stato riscontrato sia nelle minime che nelle massime annue, con valori più intensi nelle temperature massime (circa 0,4 °C/10anni).

A livello **stagionale**, le tendenze sul periodo 1961-2018 sono in aumento in tutte le stagioni, con valori più intensi durante **l'estate**, coefficienti di tendenza presentati nella tabella 1. Durante l'estate sono stati infatti riscontrati incrementi delle temperature massime di 0,6 °C/10 anni. La figura 2 mostra l'andamento delle anomalie estive di temperatura minima e massima calcolate rispetto al periodo di riferimento 1961-1990. Si nota come a partire dal 1990, le anomalie di temperatura massima sono sempre positive raggiungendo circa 4 °C durante le estati del 2012 e 2017, e 5°C nel 2003, rispetto al periodo climatico di riferimento (1961 – 1990).

Fonti delle informazioni

DATI DISPONIBILI

I dati climatici utilizzati per lo studio della variabilità climatica osservata sulla Città metropolitana di Bologna provengono dall'archivio climatico ERG5 – Eraclito (versione 4.2), che copre tutta la regione Emilia-Romagna. Il data set è ottenuto tramite interpolazione spaziale su una griglia regolare a partire dai valori rilevati dalla rete delle stazioni meteorologiche storiche di temperatura (circa 40 stazioni) e di precipitazioni (circa 250 stazioni). La risoluzione del data set è di circa 5x5km e include dati giornalieri di temperatura e precipitazioni sul periodo 1961 – 2018. Da questo data set regionale sono stati selezionati i punti di griglia che ricadono all'interno della Città metropolitana di Bologna, per i quali sono stati calcolati gli indicatori climatici stagionali e annuali per la descrizione della variabilità climatica.

INTEGRAZIONI PREVISTE

Il PTM conterrà il profilo climatico completo della città metropolitana, comprenderà lo scenario futuro elaborato da ARPAE.

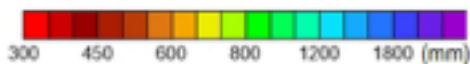
Profilo climatico osservato: precipitazioni

Precipitazioni cumulate medie annue:

periodo 1961 – 1990



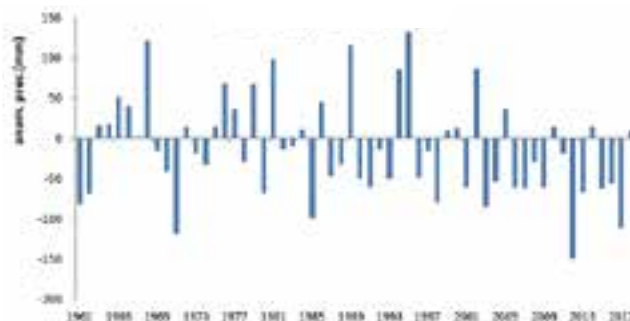
periodo 1991 – 2018



Andamento temporale delle precipitazioni annue
media sulla Città metropolitana
periodo 1961 - 2018



Andamento temporale
delle anomalie di precipitazione
Estate



Quadro informativo

La variabilità spaziale della quantità annua di precipitazioni mostra valori compresi tra circa 600 mm/anno nella zona di pianura, fino a 1850 mm/anno nelle zone di montagna. Il confronto tra i due periodi climatici 1961 – 1990 e 1991 – 2018 mostra configurazioni abbastanza simili a livello annuo mentre sul lungo periodo non si evidenzia un segnale di tendenza statisticamente significativo.

Lo studio delle tendenze a livello stagionale sul periodo 1961-2018 ha mostrato una leggera diminuzione durante l'estate e un leggero aumento durante l'autunno.

L'ultimo grafico mostra come esempio l'andamento delle anomalie di precipitazioni estive calcolate rispetto al periodo 1961-1990. Da sottolineare il fatto che, anche se le tendenze sul lungo periodo non sono statisticamente significative, sono importanti anche i segnali di anomalia registrati nei diversi anni. Si nota come il 2012 e il 2017 sono stati caratterizzati da deficit di precipitazioni molto elevati così come sono evidenti gli anni con intense anomalie positive il 1995, il 2002. Il cambiamento nel regime di precipitazione è più evidente analizzando gli estremi di precipitazioni.

Fonti delle informazioni

DATI DISPONIBILI

I dati climatici utilizzati per lo studio della variabilità climatica osservata sulla Città metropolitana di Bologna provengono dall'archivio climatico ERG5 – Eraclito (versione 4.2), che copre tutta la regione Emilia-Romagna. Il data set è ottenuto tramite interpolazione spaziale su una griglia regolare a partire dai valori rilevati dalla rete delle stazioni meteorologiche storiche di temperatura (circa 40 stazioni) e di precipitazioni (circa 250 stazioni). La risoluzione del data set è di circa 5x5km e include dati giornalieri di temperatura e precipitazioni sul periodo 1961 – 2018. Da questo data set regionale sono stati selezionati i punti di griglia che ricadono all'interno della città metropolitana di Bologna, per i quali sono stati calcolati gli indicatori climatici stagionali e annuali per la descrizione della variabilità climatica.

INTEGRAZIONI PREVISTE

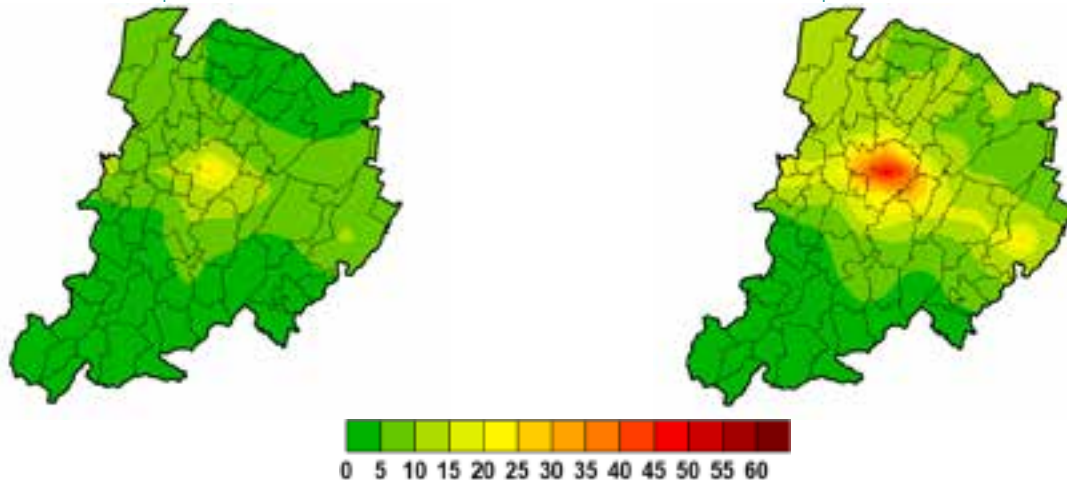
Il PTM conterrà il profilo climatico completo della città metropolitana, comprenderà lo scenario futuro elaborato da ARPAE.

Analisi degli estremi climatici: temperatura e precipitazioni

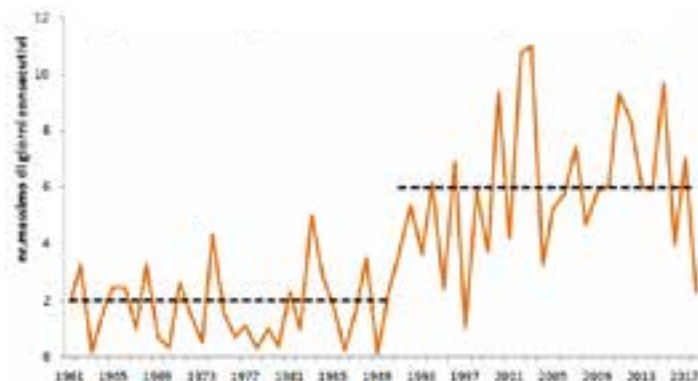
Distribuzione spaziale del numero annuo di notti tropicali

Notti tropicali: 1961-1990

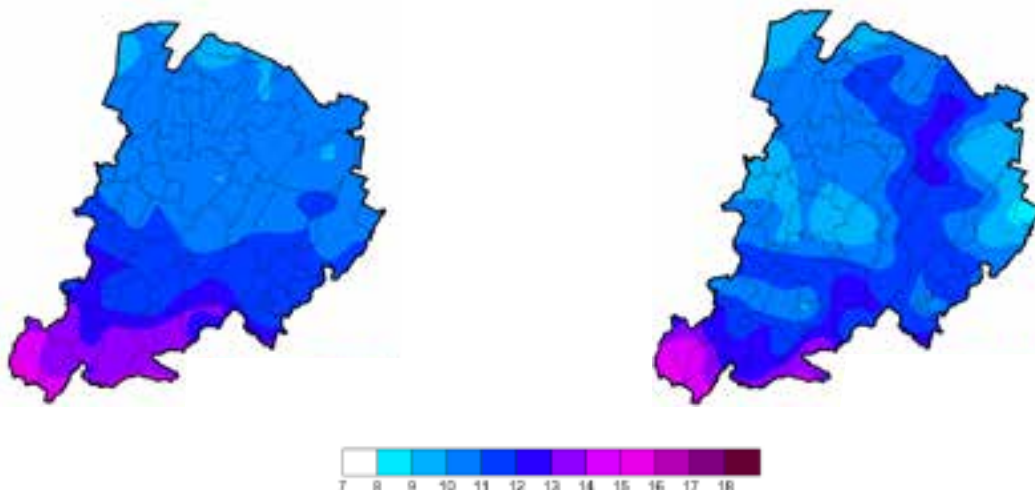
Notti tropicali: 1991-2018



Andamento temporale delle onde di calore estive sul periodo 1961-2018, media sulla Città metropolitana



Distribuzione spaziale della frequenza annua di eventi estremi



Numero di eventi annui di precipitazioni estreme 1961-1990

Numero di eventi annui di precipitazioni estreme 1991-2018

I cambiamenti nei valori medi stagionali di temperatura minima e massima si ritrovano anche negli estremi di temperatura. Le notti tropicali, la durata delle onde di calore, il numero di giorni con il gelo sono indicatori climatici analizzati sul lungo periodo sia a livello annuo che stagionale.

Lo studio preliminare ha evidenziato per il numero di notti tropicali, cioè il numero di notti con la temperatura minima superiore a 20 °C un aumento nel periodo 1991-2018 rispetto al periodo 1961-1990. Nel periodo 1961-1990, infatti, i valori dell'indicatore oscillavano tra 5 e 25 notti tropicali, mentre nel periodo 1991-2018 si nota un aumento fino a 50 notti tropicali in corrispondenza dell'area urbana centrale. Inoltre, la distribuzione spaziale evidenzia soprattutto nel periodo 1991-2018 anche aumento nella fascia urbanizzata della via Emilia.

Un segnale simile è stato identificato anche nell'andamento della durata delle onde di calore estive, definite come il numero massimo di giorni consecutivi in cui la temperatura massima estiva supera il 90mo percentile giornaliero calcolato sul periodo di riferimento 1961-1990. Il grafico mostra l'andamento delle onde di calore estive sul periodo 1961-2018, segnale mediato sulla Città metropolitana. Si nota una tendenza all'aumento sul lungo periodo e un cambiamento significativo dopo il 1990.

Anche negli estremi di precipitazione sono stati evidenziati dei cambiamenti sia a livello annuo che stagionale. Ad esempio, la distribuzione spaziale del numero di giorni in cui la precipitazione eccede il 90° percentile mostra un elevato numero di eventi soprattutto nell'Appennino, ma anche un aumento in pianura e in direzione Sud – Est soprattutto nel periodo 1991-2018. A livello stagionale invece, il numero massimo di giorni consecutivi senza precipitazione ha evidenziato un aumento durante l'estate e una diminuzione durante l'autunno.

Fonti delle informazioni

DATI DISPONIBILI

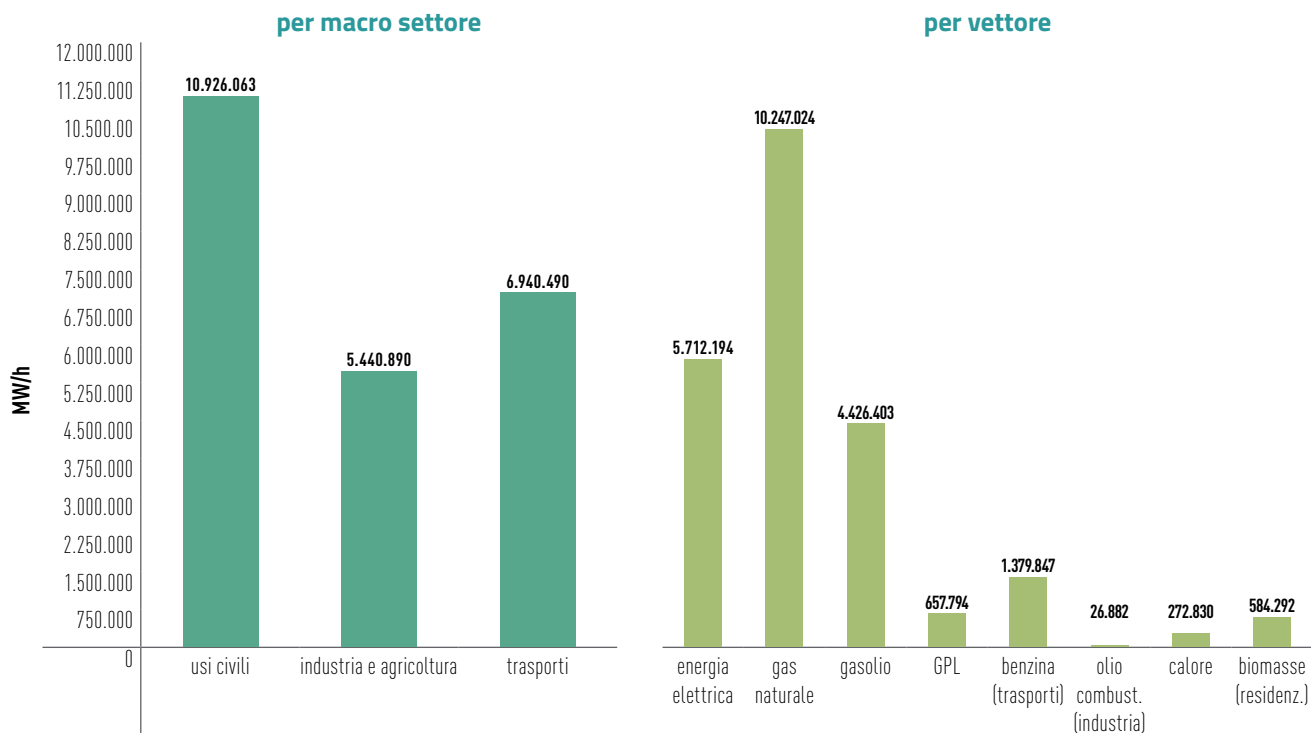
I dati climatici utilizzati per lo studio della variabilità climatica osservata sulla città metropolitana di Bologna provengono dall'archivio climatico ERG5 – Eraclito (versione 4.2), che copre tutta la regione Emilia-Romagna. Il data set è ottenuto tramite interpolazione spaziale su una griglia regolare a partire dai valori rilevati dalla rete delle stazioni meteorologiche storiche di temperatura (circa 40 stazioni) e di precipitazioni (circa 250 stazioni). La risoluzione del data set è di circa 5x5km e include dati giornalieri di temperatura e precipitazioni sul periodo 1961 – 2018. Da questo data set regionale sono stati selezionati i punti di griglia che ricadono all'interno della città metropolitana di Bologna, per i quali sono stati calcolati gli indicatori climatici stagionali e annuali per la descrizione della variabilità climatica.

INTEGRAZIONI PREVISTE

Il PTM conterrà il profilo climatico completo della città metropolitana e l'elaborazione dello scenario climatico da parte di ARPAE.

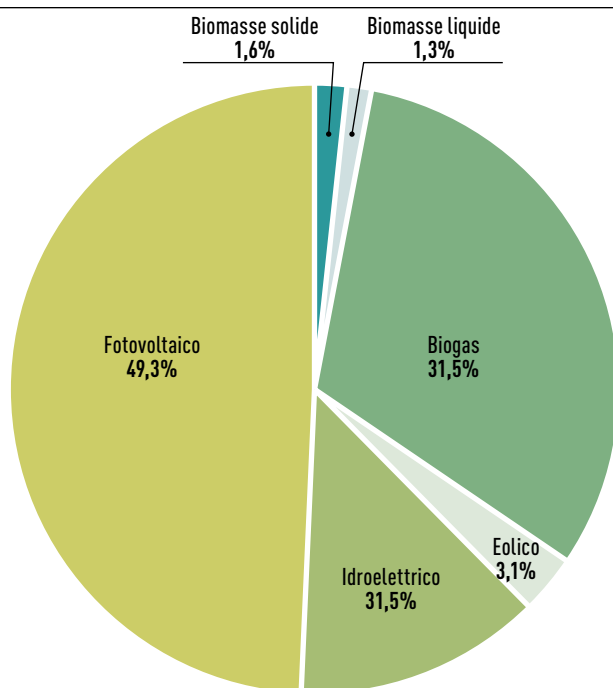
Il sistema energetico: consumi, emissioni, produzione da fonti rinnovabili

Consumi energetici - 2017



Produzione da FER sul territorio metropolitano - 2017

	N° im- pianti	Potenza (MWe)	Produzione (MWh)
Fotovoltaico	14.695	317	375.401
Idroelettrico	43	345	99.691
Eolico	27	16,5	23.681
Biogas	44	41,8	240.068
Biomasse liquide	3	2,3	9.875
Biomasse solide	6	2,2	12.330
Totale	14.818	724	761.046



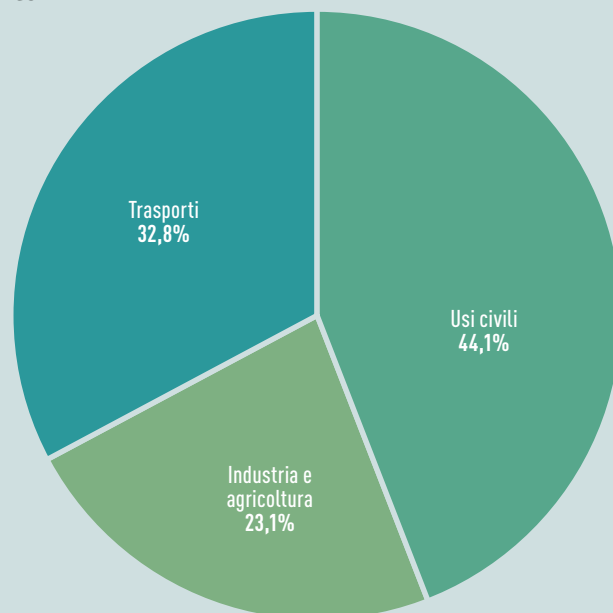
Quadro informativo

Nel 2017 la Città metropolitana ha consumato circa 23.307 GWh di energia. Guardando alle evoluzioni nel tempo è possibile evidenziare che (pur con alcune cautele metodologiche dovute alle inevitabili differenze nella raccolta dei dati) i consumi sono diminuiti di circa il 3% rispetto al 1990 e di circa l'11% rispetto al 1999, considerato che in quel decennio era invece stata registrata una crescita. La diminuzione è rilevabile anche in termini di consumi specifici unitari, cioè tenuto conto dell'aumento degli abitanti, dato che si è passati dai circa 26,3 MWh/abitante nel 1990 (911.138 abitanti), ai circa 28,6 MWh/abitante nel 1999 (917.110 abitanti), ai circa 23 MWh/abitante nel 2017 (1.011.291 abitanti). Ma l'evoluzione più importante ha riguardato la composizione dei consumi, con una forte diminuzione dei prodotti petroliferi (- 35% rispetto al 1990) e una fortissima salita dei consumi di energia elettrica (+73% rispetto al 1990, +33% rispetto al 1999) legata principalmente alle dinamiche del settore terziario. Nella dinamica tra il 1990 e il 2017 sono soprattutto i consumi del settore civile (residenziale e terziario pubblico e privato) ad aumentare (+7,5% rispetto al 1990, anche se in leggera diminuzione dal 1999). Quello degli usi civili è il macrosettore che nel 2017 rappresenta quasi il 47% del totale, rispetto ai trasporti (circa 30%) e Industria e agricoltura (circa il 23%).

La produzione di energia elettrica da fonti rinnovabili, sul territorio di Città metropolitana nel 2017, è stata pari a oltre 760.000 MWh (trattasi di stima basata sulla producibilità media regionale per MW installato per singola fonte calcolata sulla base delle statistiche GSE, da verificare con ARPAE

La dinamica dal 1990, e anche dal 1999 ad oggi, è molto interessante. Nel 1990 la produzione di energia elettrica da FER sul territorio di Città metropolitana era pari a 1.541 MWh e garantita solo da impianti idroelettrici. Nel 1999 la produzione era stata pari a 13.410 MWh e garantita da 9 impianti idroelettrici, 3 impianti a biogas, 1 impianto eolico (+turboespansore). Negli ultimi venti anni è evidente la crescita, della produzione (se pur solo stimata) e del numero di impianti (si vedano gli impianti a biogas, che nel 1999 erano solo 3 e il Fotovoltaico, che nel 1999 non esistevano). Inoltre, questa dinamica evidenzia che nel 2017 la produzione di energia elettrica da FER sul territorio di Città metropolitana è arrivata a coprire circa il 13% dei consumi elettrici complessivi, mentre nel 1999 copriva solo lo 0,3%. A livello regionale tale percentuale si attesta, nel medesimo anno, sul 20% circa. Infine, l'energia termica erogata da reti di teleriscaldamento urbano sul territorio di Città metropolitana, nel 2017, è stata pari a circa 273.000 MWh, circa il 4% dei consumi termici del settore civile (rispetto al 2,6% del 1999).

Nel 2017 le emissioni di CO₂ sul territorio metropolitano sono state circa 5.465 kton e cioè pari a circa 5,28 ton/abitante. La ripartizione % per macrosettore è illustrata nel grafico.



Rispetto al 1990, (quando si registrava un procapite di 7,27 ton/abitante) le emissioni di CO₂ sono state il 20% circa in meno. La principale ragione di questa diminuzione (ben più rilevante del 3% registrato nei consumi) è dovuta soprattutto alla variazione del mix elettrico, sia a livello nazionale che locale, e cioè al progressivo cambiamento delle modalità di generazione dell'energia elettrica (minore uso di carbone e gasolio, maggiore uso di gas, cogenerazione e rinnovabili). Tale modifica dal 1990 al 2017 porta ad una riduzione di circa il 16,5% delle emissioni di CO₂ correlate ai consumi di energia elettrica sul territorio. La riduzione delle emissioni climalteranti è soprattutto attribuibile a industria e agricoltura (-36% rispetto al 1990) mentre molto più ridotta è la diminuzione nei macrosettori ancora oggi più rilevanti dal punto di vista del contributo di emissioni climalteranti (gli Usi civili si attestano su un -13% e i trasporti su un -6%).

Fonti delle informazioni

DATI DISPONIBILI

Consumi di energia elettrica: TERNA; ARPAE; Piano Energetico Ambientale della Provincia di Bologna (PEAP Bologna)

Consumi di gas naturale: SNAM Rete Gas; M.I.S.E; ARPAE; Piano Energetico Ambientale della Provincia di Bologna (PEAP Bologna)

Consumi di prodotti petroliferi: M.I.S.E. - Bollettino



petrolifero; Piano Energetico Ambientale della Provincia di Bologna (PEAP Bologna)

Statistiche impianti fonti rinnovabili: G.S.E.-Atlas Sole, Atlaimpianti, Bollettino delle fonti rinnovabili; ARPAE; Piano Energetico Ambientale della Provincia di Bologna (PEAP Bologna)

Statistiche reti di teleriscaldamento: Annuario AIRU; ARPAE; Piano Energetico Ambientale della Provincia di Bologna (PEAP Bologna)

INTEGRAZIONI PREVISTE

Verifiche con ARPAE circa la consistenza e distribuzione delle FER.

Concentrazioni in atmosfera dei principali inquinanti

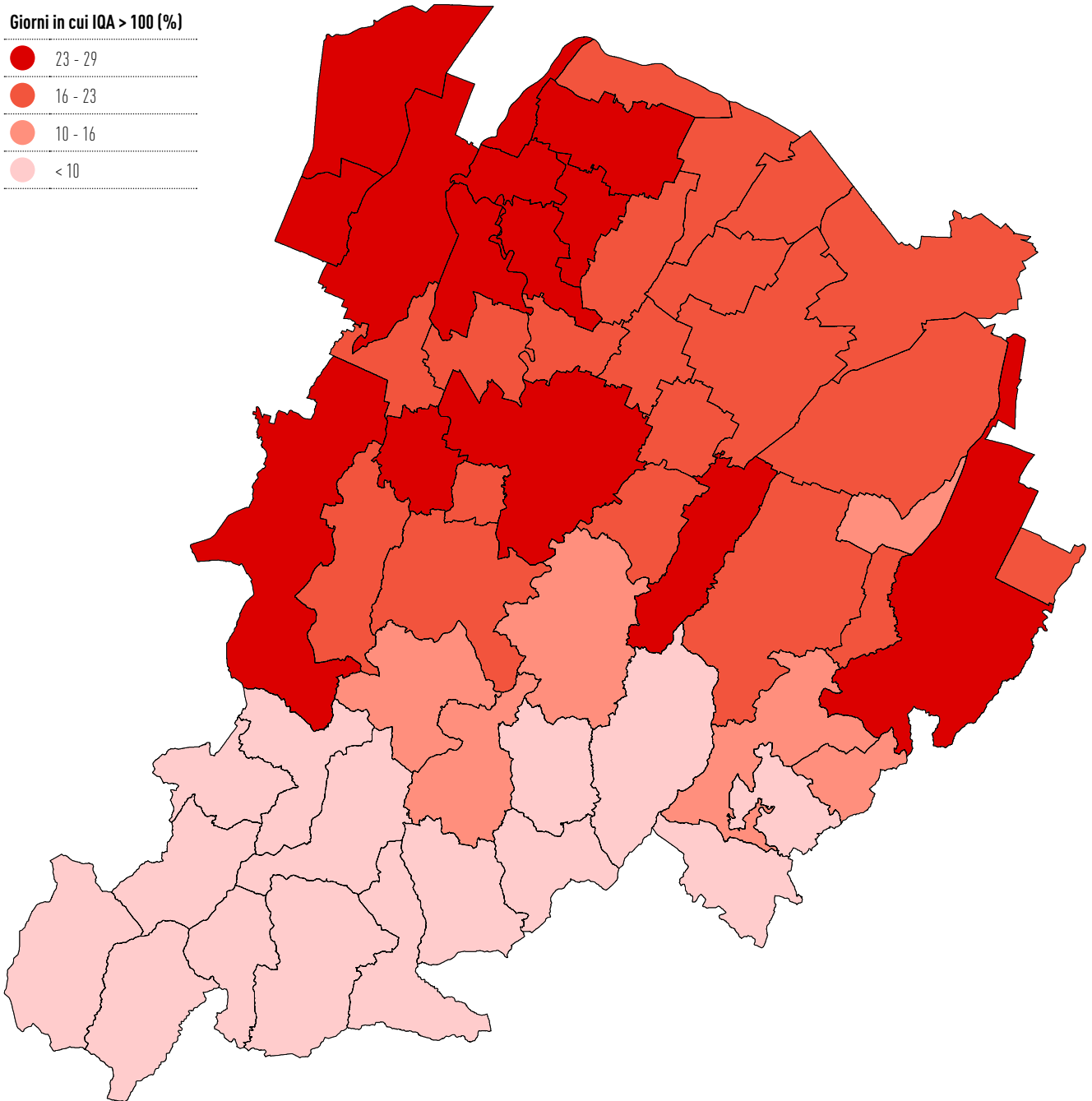
Giorni in cui IQA > 100 (%)

● 23 - 29

● 16 - 23

● 10 - 16

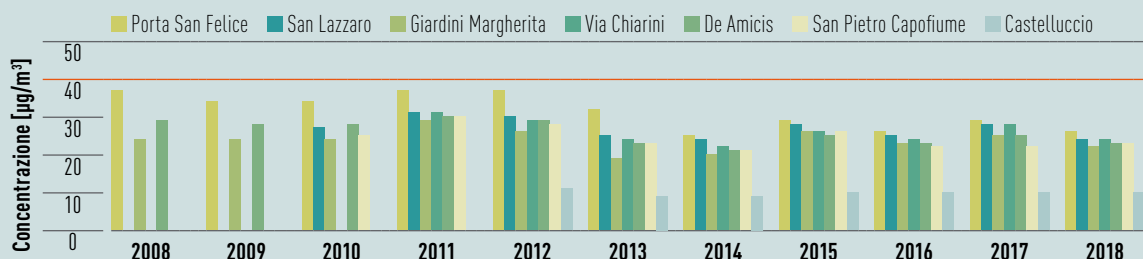
● < 10



Sulla base dell'**Indicatore sintetico di Qualità Ambientale (IQA)**, messo a punto da ARPAE nel 2018 e calcolato sulla base dei superamenti giornalieri delle concentrazioni di NO_2 , PM_{10} e O_3 , il territorio della Città metropolitana di Bologna, per circa il 25% dell'anno, presenta giorni in cui

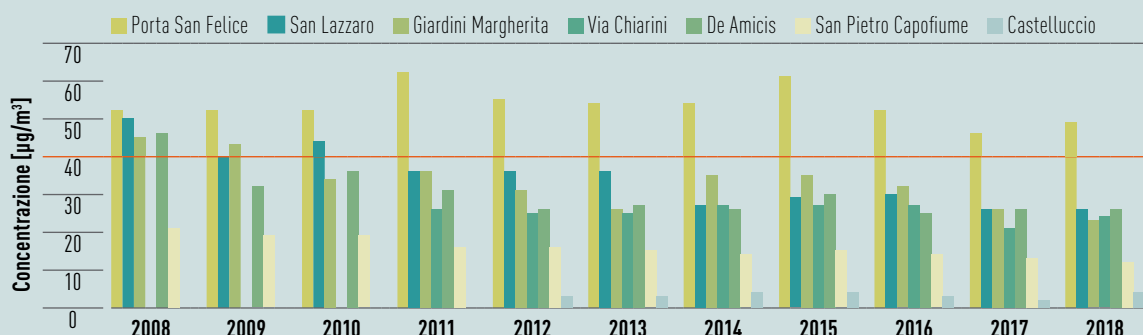
la qualità dell'aria non è considerabile accettabile, soprattutto nelle aree di pianura, raggiungendo, in alcuni casi, anche il 30%. La gran parte dei superamenti è determinata da O_3 in estate e PM_{10} in inverno.

Quadro informativo



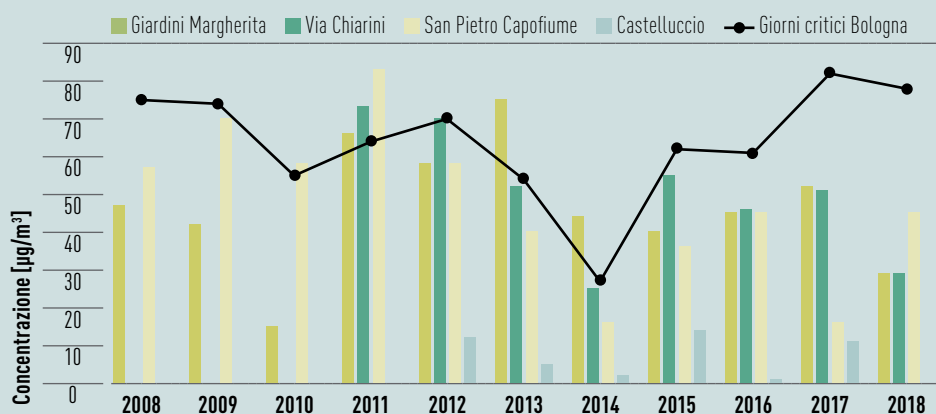
Dopo una diminuzione significativa avvenuta tra il 2012 e il 2014, nei quattro anni successivi le concentrazioni medie annuali di **PM10** tendono a livellarsi tra loro mantenendo un trend sostanzialmente costante ma inferiore al valore limite di 40 µg/m³, con le centraline da traffico urbano di Bologna stabilmente al di sotto di 30 µg/m³. In tre degli ultimi cinque anni (2013-2018) i 35 giorni di superamento del limite gior-

naliero stabiliti dalla normativa non sono stati superati da nessuna delle stazioni della città metropolitana. Per quanto riguarda il **PM 2,5** si può rilevare un andamento più continuo rispetto al PM10, tendenzialmente in diminuzione nel lungo periodo. Il rispetto del valore limite annuale (25 µg/m³) si è consolidato al di sotto dei 20 µg/m³ (nuovo limite di legge che entrerà in vigore dal 1 gennaio 2020) a partire dal 2013.



Per gli **NO₂** il valore limite annuale di 40 µg/m³ è stato sempre superato nella stazione da traffico di Porta San Felice a Bologna, mentre nelle stazioni Giardini Margherita e San Lazzaro sono state registrate medie annuali sotto il valore limite a partire dal 2011, con riduzioni significative nel

2017 e 2018. Nell'area urbana di Imola la stazione da traffico De Amicis mostra superamenti del valore limite solo nel 2008, seguiti da valori stabilmente inferiori ai 30 µg/m³. Per la stazione di San Pietro Capofiume si confermano valori al di sotto dei 20 µg/m³ e un trend in diminuzione.



Le concentrazioni di ozono (**O₃**) superano sistematicamente l'obiettivo a lungo termine per la protezione della sa-



lute umana (pari a $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ da non superare per più di 25 giorni per anno civile come media su 3 anni) nelle due centraline bolognesi di Via Chiarini e Giardini Margherita. Trend simile anche per la centralina di San Pietro Capofiume, che rientra nei parametri obiettivo solo nel 2014 e 2017, mentre quella di Castelluccio è stabilmente al di sotto. Confrontando le serie annuali dei superamenti delle concentrazioni di ozono con il numero di giorni favorevoli alla sua formazione (de-

finiti come le giornate in cui la temperatura massima supera i 29°C) si osserva un andamento spesso concorde fra le due grandezze, a conferma di come la formazione dell'ozono sia governata dalle condizioni meteorologiche. I valori degli **altri inquinanti** (monossido di carbonio, benzene, benzo(a)pirene, arsenico, cadmio, nichel e piombo) sono rimasti entro i limiti di legge in tutte le stazioni di rilevamento.

Fonti delle informazioni

DATI DISPONIBILI

La serie storica disponibile, pubblicata nel report ARPAE di monitoraggio e valutazione della qualità dell'aria 2018 è riferita al periodo 2008-2018. I dati sono raccolti dalla rete di monitoraggio della città metropolitana di Bologna, gestita da ARPAE, attualmente costituita da 7 stazioni di misurazione in 5 comuni: Bologna (San Felice, Chiarini e Giardini Margherita), San Lazzaro (Poggi), Imola (De Amicis), Molinella (San Pietro Capofiume), Porretta Terme (Castelluccio). I principali inquinanti monitorati sono: ossidi e biossido di azoto (NO_x e NO_2), ozono (O_3), monossido di carbonio (CO), particolato con diametro aerodinamico $\leq 10 \mu\text{m}$ e $\leq 2.5 \mu\text{m}$ (PM10, PM2.5), Benzene (B6H6), Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA), Metalli pesanti (As, Cd, Ni, Pb). Il calcolo dell'Indicatore di Qualità Ambientale (IQA, 2018), con metodica messa a punto da ARPAE, è ottenuto utilizzando i seguenti parametri:

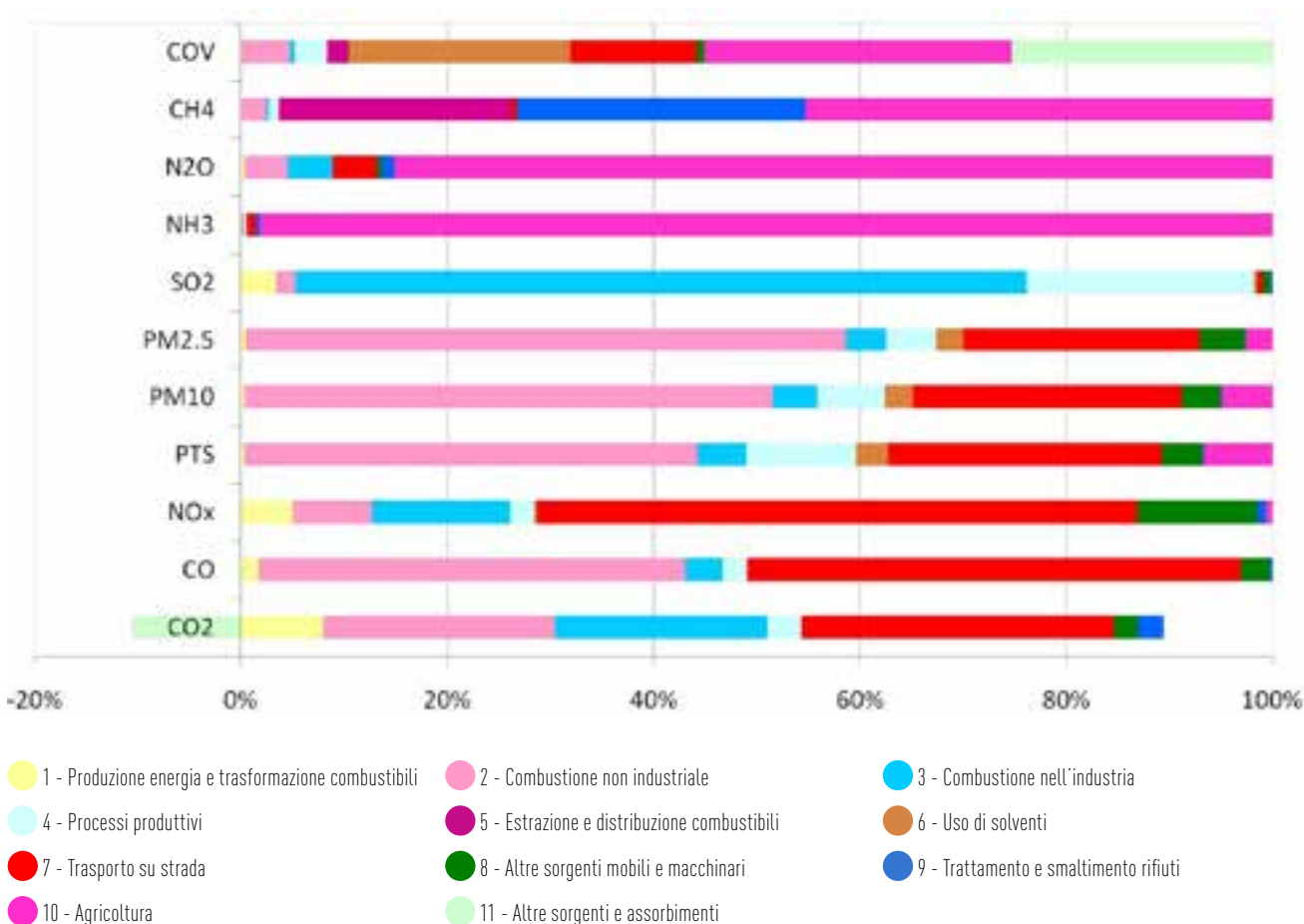
- PM10 - media giornaliera. Valore di riferimento: $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$.
- O_3 - valore massimo delle medie giornaliere di 8 ore. Valore di riferimento: $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$.
- NO_2 - valore massimo orario sulle 24 h. Valore di riferimento: $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

INTEGRAZIONI PREVISTE

Aggiornamenti con dati 2019.

Emissioni in atmosfera dei principali inquinanti

Ripartizione percentuale delle emissioni dei principali inquinanti nei diversi macrosettori



Quadro informativo

Per quanto riguarda **i principali gas serra**, le emissioni di CO₂ sono imputabili per il 34% ai trasporti stradali (macro-settore 7) e per il resto ai processi di combustione industriali (3) e all'uso del metano per il riscaldamento (2). Le emissioni di N₂O sono quasi interamente dovute a coltivazioni e allevamenti (10). Le emissioni di CH₄ sono dovute per il 45% alla zootecnia (10), per il 28% derivano dalle discariche di rifiuti (9), mentre la distribuzione del metano stesso e le sue emissioni fugghive contribuiscono per il 23% circa (5).

Il consumo del gasolio per autotrasporto (diesel) è responsabile di circa il 65% delle emissioni di **NOx** (7), mentre **per il PM10 e il PM 2,5** è preponderante l'apporto del riscaldamento domestico a biomassa (2), dei diesel per autotrasporto (7), oltre all'usura di freni e pneumatici e all'abrasione delle strade.

Alle emissioni di **NOx, che sono importanti precursori** della formazione di particolato e di ozono, contribuiscono il trasporto su strada (7) per il 58%, seguito da altre sorgenti mobili (8) e combustione nell'industria (3).

Il principale contributo (98%) alle emissioni di **NH₃**, anch'esso precursore di particolato secondario, deriva dalle pratiche agricole e dalla zootecnia (10). L'utilizzo di solventi nel settore industriale e civile (6) risulta il principale contributo antropogenico alle emissioni di composti organici volatili (COVNM) precursori, assieme agli ossidi di azoto, di particolato secondario e ozono. È la produzione di COVNM di origine biogenica, da specie agricole e vegetazione (10 e 11), però la fonte che contribuisce maggiormente alle emissioni di questo inquinante.

La combustione nell'industria (3) e i processi produttivi (4) risultano la fonte più rilevante di SO₂, importante precursore della formazione di particolato secondario, anche a basse concentrazioni.

Il CO è emesso dai trasporti su strada (7) per il 48% e dalla combustione domestica (2) per il 41%.

Fonti delle informazioni

DATI DISPONIBILI

L'inventario regionale delle emissioni in atmosfera relativo all'anno 2015, messo a punto da ARPAE a Marzo 2019, è l'ultimo aggiornamento disponibile. Esso rappresenta la restituzione di una stima quantitativa dei contributi alle emissioni in atmosfera, provenienti da diverse sorgenti, e la loro distribuzione sul territorio regionale. Tale stima è realizzata sulla base della raccolta sistematica di informazioni su tipologia, localizzazione, entità delle emissioni di inquinanti atmosferici e gas climalteranti. Le attività antropiche e naturali che possono dare origine ad emissioni in atmosfera sono ripartite in una struttura gerarchica che comprende 11 macrosettori, 56 settori e 360 categorie.

INTEGRAZIONI PREVISTE

Eventuale disaggregazione provinciale dei dati regionali sulle emissioni.