

ARPAE EMILIA ROMAGNA
Area Prevenzione Ambientale
Area Centro

RAPPORTO METEO ANNUALE
PER LA QUALITÀ DELL'ARIA
PROVINCIA DI FERRARA - DATI 2019
Allegato A



a cura di:

Arpae Emilia Romagna - Area Prevenzione Ambientale Centro

Responsabilità scientifica:

Enrica Canossa - resp. Servizio Sistemi Ambientali

Giovanna Rubini – resp. Unità Specialistica Aria/CEM

Carla Barbieri - IF Unita Coordinamento valutazione qualità dell'aria

Gruppo di lavoro:

M.Rita Mingozzi – resp. prov. Rete qualità dell'aria

Paola Leuci, Marco Tosi

Elaborazioni e testi

Sabina Bellodi

Per l'immagine di copertina si ringrazia G. Garasto

×

RAPPORTO METEO ANNUALE PER LA QUALITÀ DELL'ARIA PROVINCIA DI FERRARA - DATI 2019

Allegato A

SOMMARIO

1.L'INFLUENZA DELLA MICROMETEOROLOGIA	2
2. ANALISI DELLE GRANDEZZE METEOCLIMATICHE	4
2.1. TEMPERATURA	4
2.2. INTENSITÀ E DIREZIONE DEL VENTO	8
2.3. PRECIPITAZIONI	10
3. CONFRONTO PM10 E METEO	15
4. GIORNI CRITICI	17

1. L'INFLUENZA DELLA MICROMETEOROLOGIA

I parametri meteorologici svolgono un ruolo determinante nell'evoluzione dell'inquinamento atmosferico: gli episodi di inquinamento, infatti, sono governati da processi meteorologici che avvengono all'interno dello strato di atmosfera direttamente sovrastante la superficie terrestre (strato limite o boundary layer) sia a scala regionale che locale.

Per quanto riguarda i processi a scala regionale risultano particolarmente rilevanti i fenomeni di stagnazione della massa d'aria, che avvengono quando l'aria permane per un certo periodo su una determinata regione d'origine (oceano, mare, continente o bacino aerologico) e di conseguenza assume caratteristiche tipiche di quella regione (ad es. aria calda e umida oceanica, fredda e secca continentale). Così, ad esempio, l'aria che risiede per un certo periodo sull'area padana, ricca di industrie, ad intensa attività umana ed elevato traffico si arricchisce di sostanze inquinanti quali ossidi di azoto e composti organici volatili che, oltre a produrre direttamente inquinamento, rappresentano potenziali precursori dell'inquinamento da ozono e da particolato.

Relativamente ai processi meteorologici che avvengono a scala locale, questi sono governati dal vento in prossimità della superficie e dalla differenza di temperatura tra il suolo e l'aria sovrastante, grandezze che determinano la diluizione o il ristagno degli inquinanti in atmosfera.

I più importanti fattori meteorologici che interessano i fenomeni di inquinamento atmosferico sono:

Temperatura: sono importanti la sua evoluzione annuale, quella diurna nonché il profilo verticale;

Vento orizzontale (velocità e direzione): generato dalla componente geostrofica e modificato dal contributo delle forze d'attrito del terreno e da effetti meteorologici locali, come brezze (di monte-valle o marine) o, come nel caso di una città, da circolazioni urbano-rurali;

Altezza di rimescolamento: è un indicatore della capacità che ha la troposfera di disperdere gli inquinanti; indica indirettamente il volume all'interno del quale gli inquinanti emessi si concentrano;

Stabilità atmosferica: è un indicatore della turbolenza atmosferica alla quale si devono i rimescolamenti dell'aria e, quindi, il processo di diluizione degli inquinanti;

Precipitazioni: è importante il numero di giorni caratterizzati da quantità di pioggia ≥ 5 mm nonché l'entità cumulata mensile e annuale;

Inversione termica: quota alla quale si verifica che la temperatura, anziché diminuire, aumenta con l'aumento dell'altezza. Essa determina anche l'altezza del PBL (Planetary Boundary Layer), porzione più bassa dell'atmosfera che comprende la parte di troposfera nella quale la struttura del campo anemologico risente dell'influenza della superficie terrestre e si estende fino a pochi chilometri di altezza;

Movimenti atmosferici verticali: spostamenti di masse d'aria in senso verticale, che in ambiente urbano sono dovuti principalmente a moti termoconvettivi.

Nel capitolo che segue, si riportano alcune elaborazioni di dettaglio per il territorio ferrarese relative ai seguenti parametri meteorologici:

- temperatura (°C),
- velocità del vento (m/s) e direzione (gradi),
- precipitazioni (mm).

Le elaborazioni sono state ottenute a partire dai dati registrati presso alcune stazioni meteo dislocate sul territorio ferrarese e gestite dal Servizio Idro-Meteo-Clima, in particolare la stazione urbana di Ferrara, attiva da maggio 2004 (in via Paradiso n. 12).

2. ANALISI DELLE GRANDEZZE METEOCLIMATICHE

2.1. Temperatura

Il nuovo rapporto redatto dall'Organizzazione meteorologica mondiale "WMO Statement on the State of the Global Climate in 2019"¹ conferma che il 2019 è stato il secondo anno più caldo dal 1850, che gli anni 2015-2019 sono i cinque anni più caldi registrati e che il periodo 2010-2019 è il decennio più caldo mai registrato.

Il 2019 si è concluso con una temperatura media globale di 1,1° C al di sopra dei livelli preindustriali stimati, seconda solo al record stabilito nel 2016, quando un fortissimo evento di El Niño ha contribuito ad aumentare la temperatura media globale, ponendola al vertice della tendenza generale del riscaldamento.

Per quanto riguarda l'Italia, dagli studi condotti dal CNR², il 2019 si chiude con un'anomalia di +0,96°C sopra media, risultando il quarto anno più caldo per il nostro Paese dal 1800 ad oggi, preceduto dal 2014 e 2015 (+1°C sopra media) e dal 2018 (l'anno più caldo con un'anomalia di +1,17°C rispetto alla media del periodo di riferimento 1981-2010). Il mese di dicembre è stato il più caldo dal 1800 ad oggi per l'Italia (+1,9°C di anomalia rispetto alla media del periodo di riferimento 1981-2010).

La temperatura è un indicatore dei cambiamenti climatici in corso e insieme ai cambiamenti nella distribuzione globale delle precipitazioni, ha un impatto notevole su diversi paesi: i livelli del mare stanno aumentando a un ritmo crescente, in gran parte a causa dell'espansione termica dell'acqua dei mari e dello scioglimento dei più grandi ghiacciai, come in Groenlandia e in Antartide e ciò comporta un aumento dell'esposizione delle aree costiere e delle isole a un maggior rischio di inondazioni e di sommersione.

Il Climate research unit (Cru) dell'università di East Anglia³ ha pubblicato recentemente gli aggiornamenti termici globali e il 2019, insieme ai cinque anni precedenti, risulta tra i più caldi mai registrati. Secondo i dati del Cru la classifica delle anomalie termiche globali rispetto al periodo di riferimento 1961-1990 è la seguente:

N°	Anno	Anomalia (°C)
1)	2016	+0,80
2)	2015	+0,76
3)	2019	+0,74
4)	2017	+0,68
5)	2018	+0,60
6)	2014	+0,58

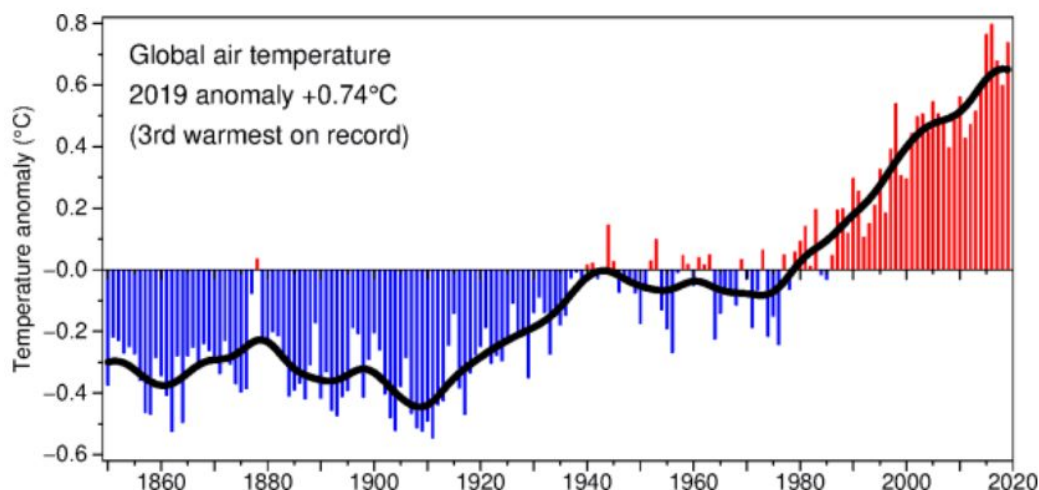
Nella figura seguente viene rappresentato l'andamento termico globale dal 1850 al 2019 (le anomalie⁴ negative sono in blu e quelle positive in rosso, riferimento 1961-1990 - fonte <http://www.cru.uea.ac.uk/>).

¹ Il rapporto WMO, n.1248, è consultabile alla pagina web <https://trello.com/c/NPOY73Aa/18-english>

² Cnr-Isac Istituto di scienze dell'atmosfera e del clima, Roma

³ <http://www.cru.uea.ac.uk/>

⁴ Le anomalie delle temperature sono calcolate come la differenza tra i valori osservati nell'anno di riferimento (2019) e il clima del periodo 1961-1990. Tale indicatore permette di evidenziare, per l'anno 2019, quando la temperatura è stata in linea con i valori climatici di riferimento e dove, al contrario, si sono riscontrate delle anomalie termiche (positive o negative).



Se si considera il periodo estivo poi, secondo il Copernicus Climate Change Service/ECMWF, l'estate 2019 a livello globale è al 4° posto fra le più calde degli ultimi 40 anni al seguito delle estati del 2010, 2018 e 2003.

Nel 2019 si sono verificate condizioni di caldo estremo che hanno avuto ripercussioni sulla salute umana: in Giappone, un grande evento di ondata di calore ha provocato oltre 100 morti e ulteriori 18.000 ricoveri; in Francia sono stati registrati oltre 20.000 ricoveri al pronto soccorso per malattie legate al calore tra giugno e metà settembre.

Anche per l'Australia l'estate 2018-2019 è stata la più calda mai registrata, così come dicembre: il giorno più caldo (41,9°C) è stato il 18 dicembre. Si sono verificate due grandi ondate di calore in Europa a fine giugno e fine luglio.

Per l'**Italia**, l'estate 2019 è stata la terza più calda degli ultimi 60 anni: il mese di agosto, così come i primi due mesi estivi, si è distinto per le temperature decisamente elevate che hanno prodotto un'anomalia mensile di +1.4°C a livello nazionale, una fra le più elevate degli ultimi 60 anni.

Le temperature in Italia, eccetto alcuni brevi periodi più freschi della norma, sono rimaste ben oltre la media per gran parte dell'estate e si sono verificate 5 ondate di calore che hanno interessato il territorio nazionale, la più intensa delle quali si è verificata alla fine di giugno quando sono stati ritoccati numerosi record di temperatura massima. All'innalzamento delle temperature che hanno interessato l'Italia e gran parte del continente europeo, ha in parte contribuito la risalita di masse d'aria dalle zone tropicali.

Anche in **Emilia-Romagna** il 2019 è risultato un anno molto caldo, in linea con la tendenza di lungo periodo (dal 1961 ad oggi) che vede un riscaldamento molto intenso a partire dagli anni '90: si è riscontrato uno scostamento di circa +0,7 °C sul clima recente (1991-2015) e +1,7 °C sul clima 1961-1990 ed è stato il quarto anno più caldo dopo il 2014, 2015 e 2018.

Particolarmente elevati nel 2019 sono i valori di temperatura massima, il cui valore medio annuo (18,8 °C, corrispondente a un'anomalia di 2,4 °C rispetto al 1961-1990) è stato il secondo più alto nella serie media regionale dal 1961 (vedi grafico sottostante).

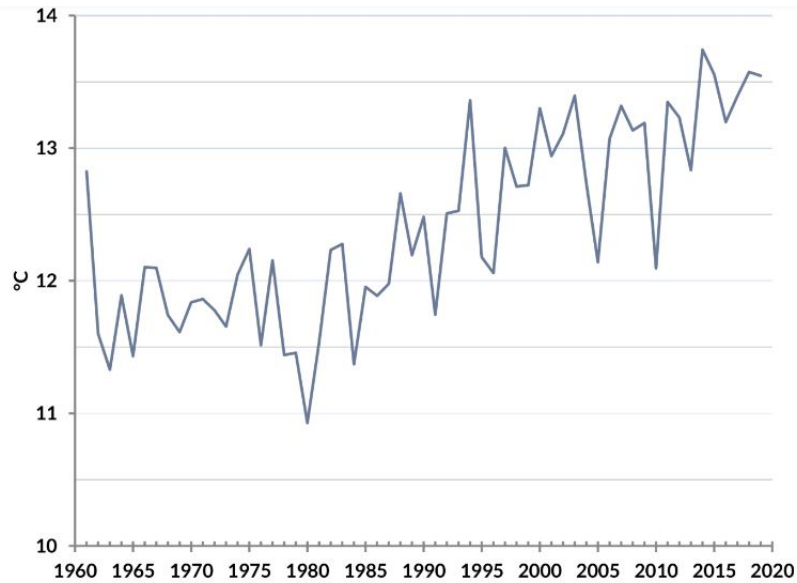
L'anno 2019 per la Regione Emilia Romagna, è stato il più mite in assoluto dal 1961 per le temperature medie di dicembre, e il più caldo per le temperature massime assolute a giugno (media mensile delle massime 29,6°C), che in varie località hanno superato di diversi gradi i precedenti record.

In estate i valori termici sono stati molto elevati, con una temperatura media regionale che risulta il quarto valore della serie, dopo il 2003, il 2012 e il 2017 e si sono manifestate ondate di calore ripetute. Il 2019 per la regione Emilia Romagna è stato caratterizzato da un'elevata variabilità nell'andamento termico: il mese di maggio è stato tra i più freddi dal 1961, al quarto posto dopo quelli del 1991, del 1980 e del 1984, cui ha fatto seguito un improvviso

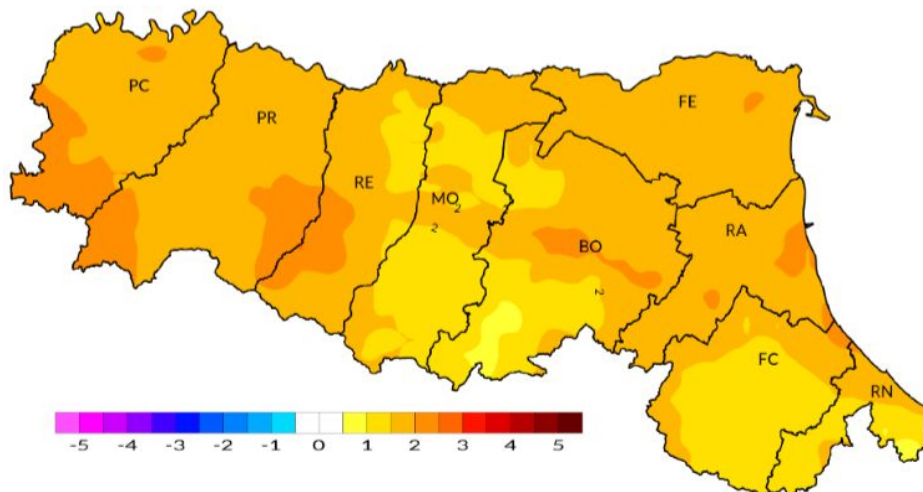
innalzamento delle temperature di circa 15°C nel corso di una settimana che ha portato ad un giugno che è stato il secondo più caldo dal 1961 dopo giugno 2003.

La temperatura media annua nel 2019 della Regione Emilia Romagna ha mostrato un valore simile a quello del 2018, circa 13,5°C, mentre sull'intero periodo si conferma la tendenza positiva.

Andamento temporale della media regionale della temperatura media



Nell'immagine che segue è riportata l'anomalia termica della temperatura media del 2019 (°C) rispetto al clima 1961-1990. Si sono osservati valori positivi di anomalia su tutta la regione, compresi tra 1 e 2,5 °C.

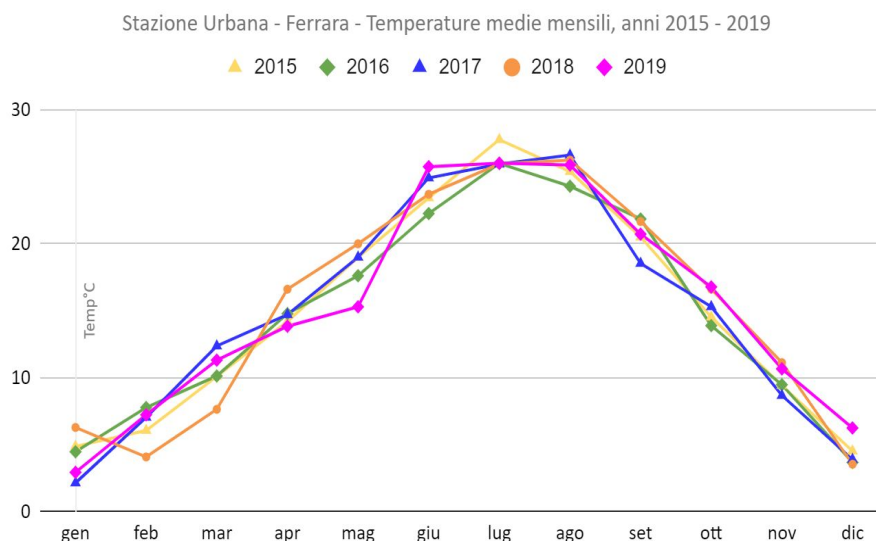


Andamento delle temperature a Ferrara

Analogamente a quanto osservato a livello regionale, anche la temperatura rilevata nel mese di giugno presso la stazione urbana di Ferrara è risultata la più alta rispetto agli ultimi 5 anni, mentre il mese di maggio ha registrato le temperature più basse rispetto agli ultimi 5 anni.

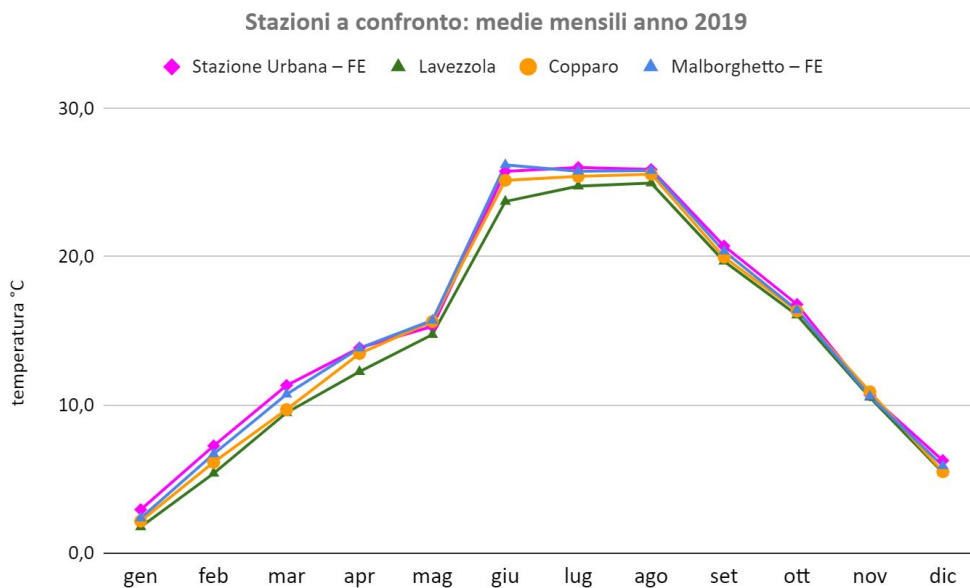
Il periodo estivo del 2019 è stato caratterizzato da temperature confrontabili con quelle del 2018, inferiori invece quelle dei mesi di gennaio, aprile e maggio: questi due ultimi mesi, in particolare maggio, sono stati interessati da intense precipitazioni come evidenziato al paragrafo "Precipitazioni".

A fine giugno e a inizio luglio si sono registrate presso la stazione Ferrara urbana temperature medie giornaliere superiori a 28°C (30°C nella giornata del 26/06 e 31°C nella giornata del 27/06), in analogia al quadro delle temperature riscontrate a livello regionale.

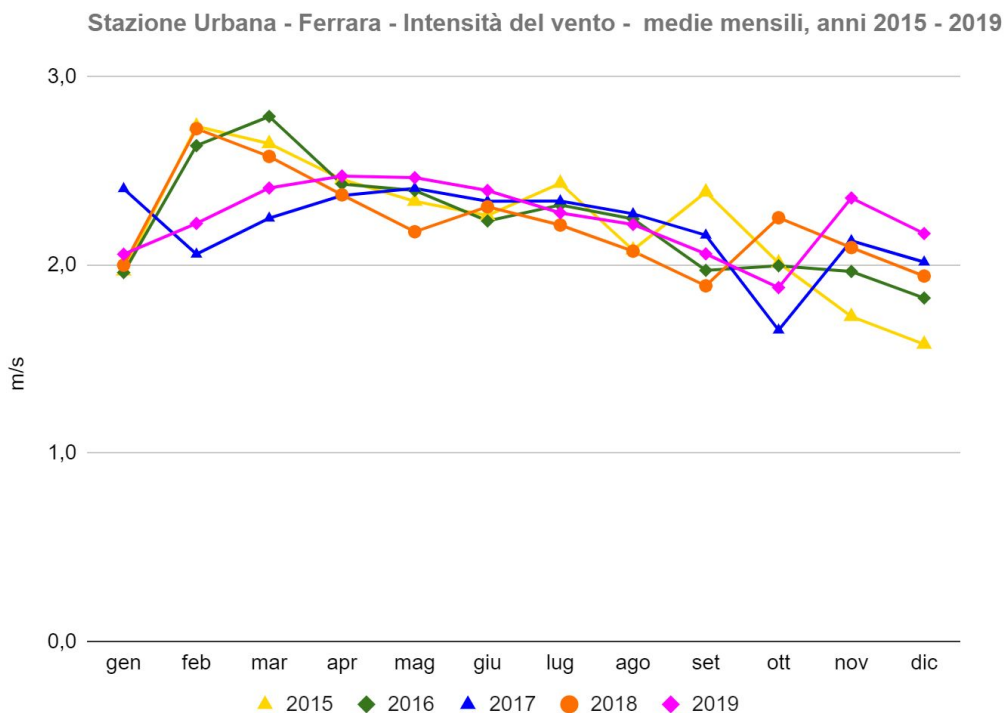


Il confronto delle temperature medie mensili registrate in quattro diverse postazioni del territorio ferrarese, evidenzia che le temperature hanno un andamento omogeneo ovunque: quelle del centro urbano di Ferrara e della postazione di Malborghetto (frazione del Comune di Ferrara), sono costantemente leggermente superiori a quelle rilevate rispetto a quelle delle altre due stazioni extraurbane di Lavezzola (località nel Comune di Argenta) e Copparo (effetto dell'isola di calore⁵). La temperatura media annua del 2019 calcolata presso la stazione urbana di via Paradiso è stata di circa 15,3°C, superiore di quasi due gradi alla media regionale, circa 14,8°C quella di Malborghetto di Boara e 14,1 °C quella di Copparo.

⁵ **Isola di calore:** progressivo surriscaldamento della bolla di aria calda che grava in continuazione al di sopra dei centri urbani. La cappa d'aria surriscaldata, di non più di 200-300 metri di spessore, costituisce una vera e propria isola più calda rispetto al circostante ambiente rurale. Tale surplus di calore attenua i rigori invernali ma nelle soleggiate e calde giornate estive trasforma le città delle medio-basse latitudini in una sorta di fornace. L'isola di calore trae origine dal particolare tessuto urbano, costituito in prevalenza da asfalto, calcestruzzo, mattoni e cemento, ovvero materiali che, rispetto alla copertura vegetale della campagna, assorbono in media il 10% in più di energia solare. Il surplus di calore solare immagazzinato dai manufatti cittadini viene poi riemesso per irraggiamento, ovvero sotto forma di energia nell'infrarosso, con conseguente surriscaldamento dell'aria che sovrasta la città. All'isola di calore dà un rilevante contributo anche il tipico assetto geometrico delle città, con strade relativamente strette rispetto alle dimensioni verticali degli edifici.



2.2. Intensità e direzione del vento



La rappresentazione delle intensità medie mensili del vento per il comune di Ferrara registrate dalla stazione urbana evidenzia valori molto bassi, pressoché quasi sempre inferiori a 2,5 m/s: nella sola giornata del 6 maggio si è registrata una velocità media giornaliera superiore ai 5 m/s, ci sono stati 40 giorni con velocità media compresa fra 3 e 5 m/s, 198 giorni con velocità media superiore ai 2 m/s e 167 giorni (46%) con velocità inferiore o uguale ai 2 m/s.

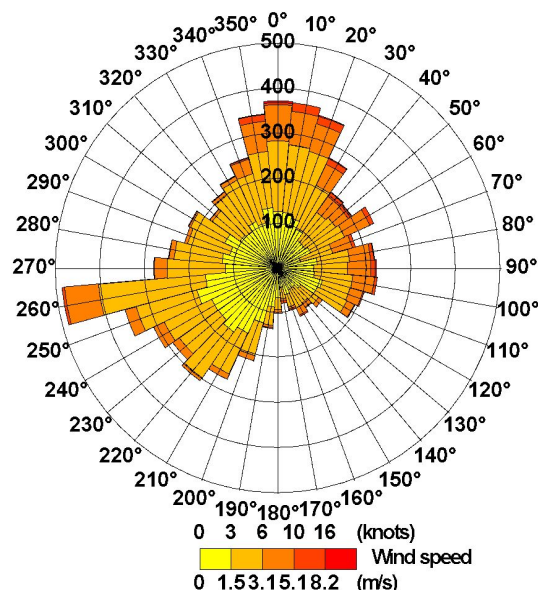
Nelle considerazioni riportate al paragrafo delle precipitazioni è possibile osservare come in corrispondenza delle giornate caratterizzate da vento più intenso (6 maggio) si siano registrati fenomeni importanti di carattere anche temporalesco, dove il vento ha contribuito a “spazzare via” le polveri accumulate nell'atmosfera, determinando una riduzione della concentrazione di PM10.

Di seguito si rappresenta la rosa del vento calcolata a partire dai dati della stazione di Malborghetto.

La rosa dei venti qui rappresentata è stata realizzata con il modello ADMS-URBAN⁶ a partire da dati orari di velocità e direzione del vento. Il modello ADMS usato per l'elaborazione della rosa dei venti considera come calme i valori di velocità del vento minori o uguali a 0,75 m/s.

Osservando la rosa dei venti, si nota una preponderanza delle componenti da N, NE, caratterizzate da un'intensità maggiore e dal settore Ovest.

Rosa dei venti – Malborghetto – anno 2019



⁶ ADMS URBAN (versione 4.0.3 sviluppato dalla Cambridge Environmental Research Consultants - UK) è un modello analitico stazionario, eseguibile su PC, della dispersione in atmosfera di sostanze inquinanti rilasciate nelle aree urbane da differenti tipologie di sorgenti (puntuali, lineari, di aree e di volumi).

2.3. Precipitazioni

A livello **nazionale**, l'anno 2019 si è chiuso con un deficit del 23% delle precipitazioni, anche se vi sono state delle aree che hanno sperimentato quantitativi superiori alla media a causa di intensi episodi temporaleschi accompagnati spesso da grandine e forti raffiche di vento, come ad esempio su parte del settore alpino e relativa fascia pedemontana, in Veneto, in Sardegna e localmente anche lungo l'Appennino.

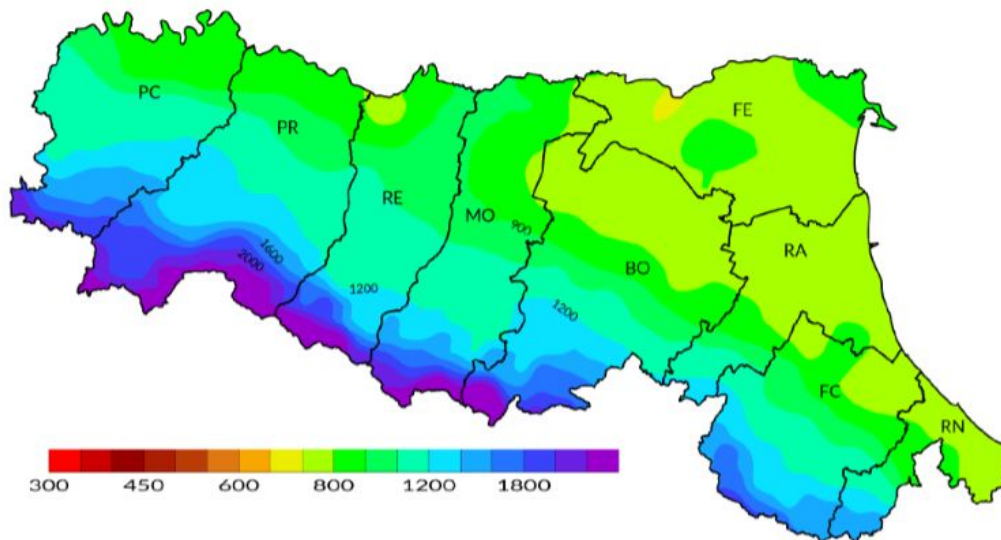
A scala **regionale** il 2019 risulta tra i dieci anni più piovosi dal 1961: a maggio (media regionale di 229 mm) e novembre (media regionale di 270 mm) si sono registrate precipitazioni record sempre dal 1961.

La variazione pluviometrica è stata molto elevata: dopo le cospicue precipitazioni di maggio 2019, pari a oltre il triplo del valore climatico, le piogge mensili di giugno 2019 sono state all'opposto le più basse dal 1961.

Si sono registrati diversi eventi meteorologici ed idrologici significativi che hanno arrecato notevoli danni a popolazione, territorio e infrastrutture⁷.

La figura che segue rappresenta la distribuzione spaziale della precipitazione cumulata annuale nel 2019 che varia tra circa 700 mm (nella pianura della Romagna) e 2400 mm (sull'Appennino).

Precipitazioni totali 2019 (mm)

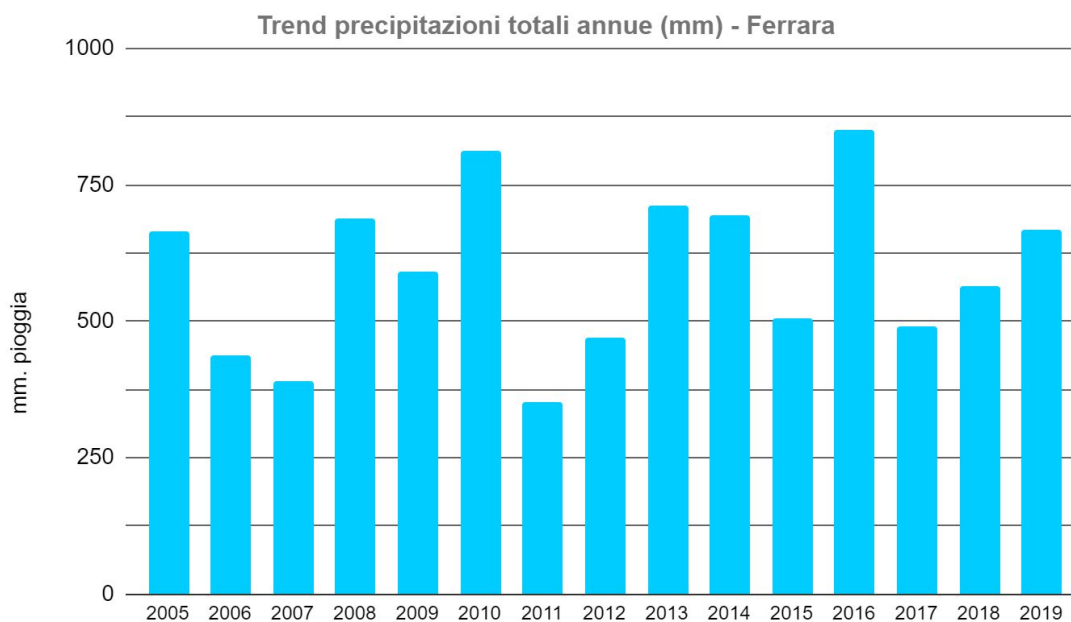


Dai dati registrati presso la stazione urbana di **Ferrara**, si osserva che il primo trimestre 2019 è stato decisamente siccitoso se confrontato con il primo trimestre 2018: nei primi tre mesi sono caduti circa 53 mm di pioggia contro gli oltre 180 mm caduti nel 2018. Analogamente a quanto verificatosi a scala regionale, anche a Ferrara i mesi di aprile e in particolare maggio sono stati molto più piovosi rispetto sia al 2017 che 2018 e solo nel mese di maggio sono caduti oltre 150 mm di pioggia. Il mese di giugno è stato estremamente siccitoso, coerentemente con quanto riscontrato sull'intero territorio regionale: le piogge cadute nel mese di giugno a Ferrara sono state le più basse per il periodo 2008-2019. Nel 2019 si è registrata una precipitazione cumulata annua di circa 670 mm⁸.

⁷ E' possibile consultare report tecnici sugli eventi accennati al seguente sito web:

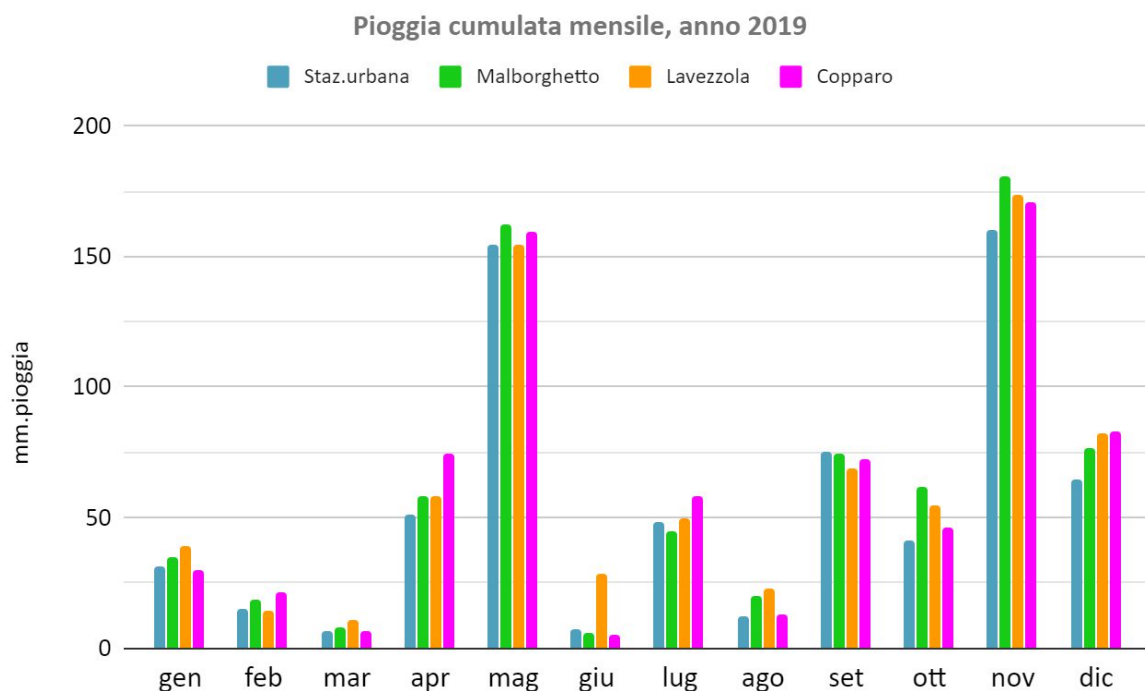
https://www.arpae.it/documenti_find.asp?parolachiave=sim_rapportoradar&cerca=si&idlivello=64

⁸ Si sottolinea che i dati del 2011 e 2012 sono probabilmente sottostimati, a causa di malfunzionamenti tecnici e delle intense precipitazioni nevose.

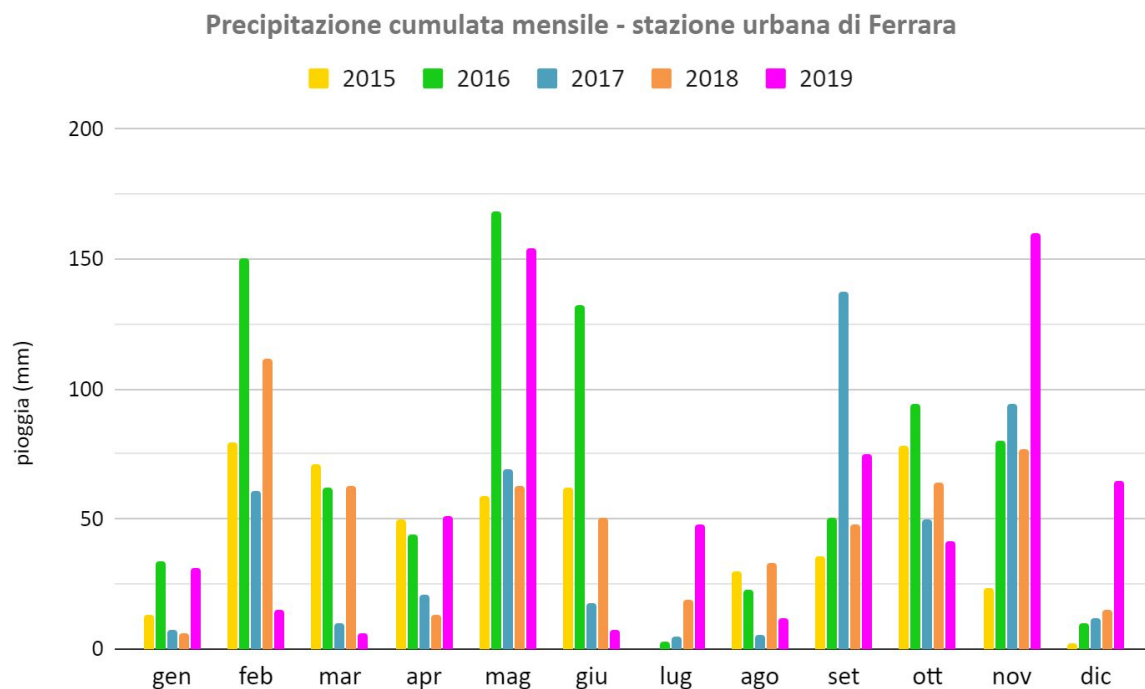


Il grafico che segue riporta le precipitazioni cumulate⁹ mensili della stazione urbana di Ferrara a confronto con quelle delle stazioni di Malborghetto (Ferrara), Copparo e Lavezzola (Argenta): le precipitazioni sono maggiormente concentrate nei mesi di maggio e novembre con precipitazioni cumulate superiori ai 150 mm; nei mesi di aprile, luglio, settembre, ottobre e dicembre si sono registrate precipitazioni cumulate mensili inferiori, dell'ordine dei 50 - 70 mm. Marzo e giugno sono stati i mesi con le precipitazioni più scarse in assoluto.

⁹Per un approfondimento sulle precipitazioni si rimanda al sito https://www.arpae.it/documenti.asp?parolachiave=sim_annali&cerca=si&idlivello=64 in cui sono reperibili gli annali idrologici contenenti misure e osservazioni a livello di bacino della Regione Emilia Romagna.



Il seguente grafico mette a confronto la precipitazione cumulata mensile negli ultimi cinque anni per la stazione di Ferrara: novembre e maggio 2019 sono stati i mesi più piovosi negli ultimi tre anni: maggio 2019 è confrontabile con quello del 2016. I mesi di giugno, febbraio e marzo 2019 invece sono stati i più siccitosi in assoluto rispetto agli stessi mesi degli anni precedenti; le precipitazioni di aprile, luglio e dicembre sono superiori rispetto a quelle rilevate negli stessi mesi negli ultimi cinque anni.



Di seguito si illustra un'analisi più approfondita dei dati di precipitazione a scala regionale e relativamente alla stazione urbana di Ferrara:

- Il periodo dal 30 gennaio al 3 febbraio, la regione Emilia Romagna è stata interessata dal passaggio di un'onda depressionaria associata all'afflusso di correnti polari marittime che ha determinato iniziali deboli precipitazioni diffuse, a carattere nevoso anche in pianura. Successivamente nelle giornate dell'1 e del 2 febbraio nell'Appennino si sono verificate precipitazioni intense associate al parziale scioglimento del manto nevoso accumulato nelle precedenti giornate e fenomeni di pioggia congelante al suolo sulle vallate del settore centro-occidentale con venti forti. Le abbondanti precipitazioni hanno generato piene su tutti i corsi d'acqua appenninici¹⁰. A Ferrara (stazione urbana) nelle giornate dal 30 gennaio al 3 febbraio sono caduti oltre 30 mm di pioggia.
- Nella giornata del 4 aprile un intenso flusso perturbato da sud-ovest ha prodotto precipitazioni a carattere stazionario sulle province di Piacenza e Parma e nevicate al di sopra di 1000 m. Il giorno 5 le precipitazioni traslate da ovest ad est hanno interessato principalmente la pianura a ridosso dell'asta del Po e il settore costiero nel corso della mattina¹¹. A Ferrara nella giornata del 4 aprile sono caduti oltre 18 mm di pioggia.
- Nelle giornate dal 4 al 6 maggio il territorio emiliano-romagnolo è stato investito dal transito di veloce perturbazione di origine artica che ha determinato un insieme di fenomeni meteorologici molto intensi. Si sono osservati venti di burrasca sulla costa e sulle pianure, precipitazioni elevate, a tratti temporalesche, che hanno determinato delle piene moderate dei fiumi collinari, dal reggiano al bolognese, e delle nevicate abbondanti in Appennino con accumuli.¹² In queste giornate a Ferrara sono caduti oltre 40 mm di pioggia, circa il 30% del totale delle piogge cadute nell'intero mese.
- Nella giornata dell'11 maggio l'ingresso di una saccatura atlantica nel Mediterraneo occidentale ha favorito sulla regione Emilia Romagna, fenomeni a prevalente carattere temporalesco, anche di forte intensità, in particolare il settore a ridosso del Po, con associate forti raffiche di vento e grandinate. Nelle giornate successive, la formazione di un minimo di bassa pressione centrato sul medio Tirreno ha favorito la rotazione dei flussi da nord-est che hanno apportato precipitazioni persistenti soprattutto sulla fascia appenninica, con conseguenti piene di diversi corsi d'acqua e alcune esondazioni. Su tutta la pianura emiliano-romagnola, forti raffiche di vento hanno provocato la caduta di alberi e danni localizzati¹³. In queste giornate a Ferrara sono caduti oltre 20 mm di pioggia.
- Nel periodo 17-19 maggio¹⁴ la Regione è stata interessata da fenomeni persistenti, anche a carattere temporalesco che hanno generato cumulate puntualmente elevate con conseguenti allagamenti, frane e smottamenti, mentre il tra il 25 e il 29 maggio la Regione è stata interessata da due distinte fasi perturbate che hanno portato precipitazioni diffuse ed intermittenti, anche di forte intensità, con cumulate puntualmente elevate, causando delle piene rilevanti di alcuni fiumi regionali e diversi allagamenti e smottamenti¹⁵. Nell'ultima quindicina di maggio, a Ferrara sono caduti oltre 70 mm di pioggia, la metà di quella caduta nell'intero mese.
- Il 22 giugno, il transito di un'onda depressionaria associata ad un nucleo di aria fresca in quota ha determinato un rapido ma intenso peggioramento delle condizioni meteorologiche sull'Emilia Romagna, con l'innescarsi di fenomeni temporaleschi associati a forti raffiche di vento e grandinate di grosse dimensioni¹⁶. Sul territorio ferrarese, tali precipitazioni hanno colpito prevalentemente la zona orientale e le precipitazioni registrate a Lavezzola sono state pari a circa 30 mm rispetto ai 7 mm registrati dalla stazione urbana di Ferrara.

¹⁰ https://www.arpae.it/cms3/documenti/_cerca_doc/meteo/radar/rapporti/rapporto_meteo_20190130-0302.pdf

¹¹ https://www.arpae.it/cms3/documenti/_cerca_doc/meteo/radar/rapporti/rapporto_meteo_20190404-05.pdf

¹² https://www.arpae.it/cms3/documenti/_cerca_doc/meteo/radar/rapporti/rapporto_meteo_20190504-06.pdf

¹³ https://www.arpae.it/cms3/documenti/_cerca_doc/meteo/radar/rapporti/rapporto_meteo_20190511-13.pdf

¹⁴ https://www.arpae.it/cms3/documenti/_cerca_doc/meteo/radar/rapporti/rapporto_meteo_20190517-19.pdf

¹⁵ https://www.arpae.it/cms3/documenti/_cerca_doc/meteo/radar/rapporti/rapporto_meteo_20190525-29.pdf

¹⁶ https://www.arpae.it/cms3/documenti/_cerca_doc/meteo/radar/rapporti/rapporto_meteo_20190622.pdf

- Il mese di luglio è stato interessato prevalentemente da due periodi a cui sono associate precipitazioni rilevanti: 8-10 luglio¹⁷ e 26-28 luglio¹⁸. Tra l'8 e il 10 luglio si sono verificati fenomeni temporaleschi di forte intensità che hanno causato grandinate, raffiche di vento e una tromba d'aria nella località di Milano Marittima (RA) con danni agli stabilimenti e alla vegetazione, tra il 27 e il 28 luglio, rovesci e temporali hanno interessato tutto il territorio regionale e hanno assunto localmente carattere di forte intensità con associate forti raffiche di vento, nubifragi e grandinate. In questo periodo a Ferrara sono caduti in totale oltre 40 mm di pioggia, praticamente quasi la totalità della pioggia caduta nell'intero mese.
- A settembre le precipitazioni si sono concentrate nella prima parte del mese e solo nella giornata del 6/09 sono caduti oltre 40 mm di pioggia, oltre la metà di quella caduta nell'intero mese.
- Novembre è stato un mese interessato da intense precipitazioni e anche a scala regionale si sono verificati due eventi, uno tra il 15 e 19 novembre e l'altro tra il 22 e 25 novembre¹⁹. Per quanto riguarda la stazione urbana di Ferrara, nelle giornate 8, 12, 15, 16, 17, 18 e 24 sono piovuti mediamente 20 mm giornalieri, per un totale di oltre 120 mm di pioggia.
- A dicembre, a Ferrara, oltre il 50% di pioggia cumulata mensile è caduta nella giornata del 22/12.

In sintesi, considerando le precipitazioni registrate presso la stazione urbana di Ferrara, complessivamente nel 2019, si sono registrate 46 giornate con precipitazione cumulata superiore ai 5 mm²⁰, dato superiore a quello del 2018 e 2017 (rispettivamente 32 e 29 giornate) e il 2015 (34 giornate) e in linea rispetto a quanto rilevato negli anni: 2016 - 46 giornate, 2014 - 44 giornate, 2013 - 42 giornate. Le giornate con precipitazioni cumulate superiori ai 10 mm, da associarsi a fenomeni temporaleschi e di perturbazioni atmosferiche a larga scala che possono avere efficacia certa nella rimozione degli inquinanti atmosferici, sono state 20, in linea con i 23 giorni del 2018, di gran lunga superiori a quelle del 2017 (14 giornate) e inferiori a quelle del 2016 (30 giornate).

Queste giornate sono state: 1 a gennaio (30/01), 1 ad aprile (4/04), 7 a maggio, 1 a luglio, 2 a settembre, 1 a ottobre, 5 a novembre, 2 a dicembre.

A scala regionale nel 2019 il numero di giorni piovosi (precipitazione maggiore di 1 mm), è variato tra 80 giorni in pianura e 130 giorni in montagna: a Ferrara il numero di questi giorni è stato di 80.

¹⁷ https://www.arpae.it/cms3/documenti/_cerca_doc/meteo/radar/rapporti/rapporto_meteo_20190708-10.pdf

¹⁸ https://www.arpae.it/cms3/documenti/_cerca_doc/meteo/radar/rapporti/rapporto_meteo_20190726-28.pdf

¹⁹ https://www.arpae.it/v2_documenti_find.asp?anno=0&annof=0&parolachiave=sim_rapportoradar&cerca=si&idlivello=64&pag=1

²⁰ Alcune indagini, ancora preliminari, suggeriscono che le precipitazioni iniziano ad operare una qualche rimozione degli inquinanti atmosferici al di sopra dei 5 mm al giorno. Tale rimozione dipende però fortemente sia dal tipo di inquinante che dalla intensità del fenomeno meteorologico (pioggia prolungata o meno, intensa o meno). Le precipitazioni superiori ai 5 mm al giorno si possono quindi considerare di una qualche efficacia nella rimozione degli inquinanti atmosferici.

3. Confronto PM10 e METEO

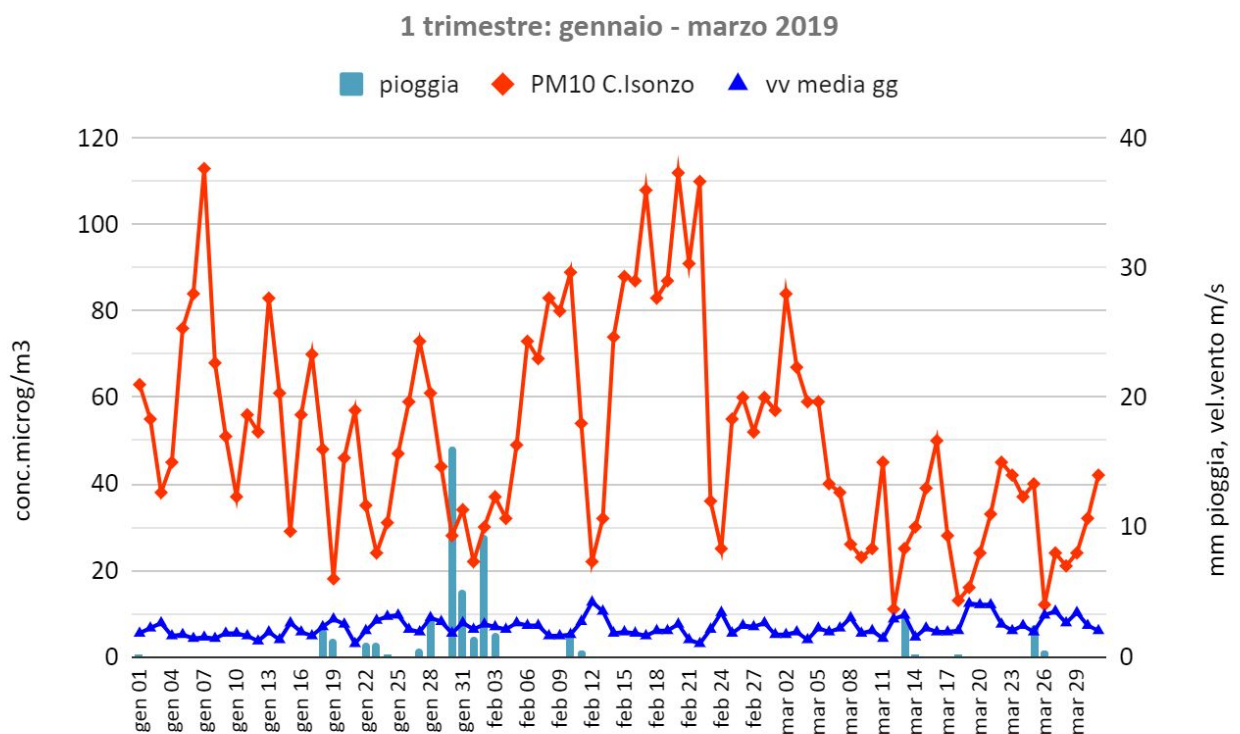
Nei grafici seguenti, relativi ai quattro trimestri dell'anno 2019, è riportato l'andamento della concentrazione giornaliera di PM10 misurata a Corso Isonzo, a confronto con due grandezze meteo potenzialmente influenti sulla concentrazione dell'inquinante: precipitazioni e ventosità.

La ventosità, come già detto in precedenza è stata bassa in tutti i mesi, per un totale di 324 giorni caratterizzati da una velocità media giornaliera inferiore o uguale ai 3 m/s, di cui 167 giorni interessati da una velocità media giornaliera inferiore o uguale ai 2 m/s.

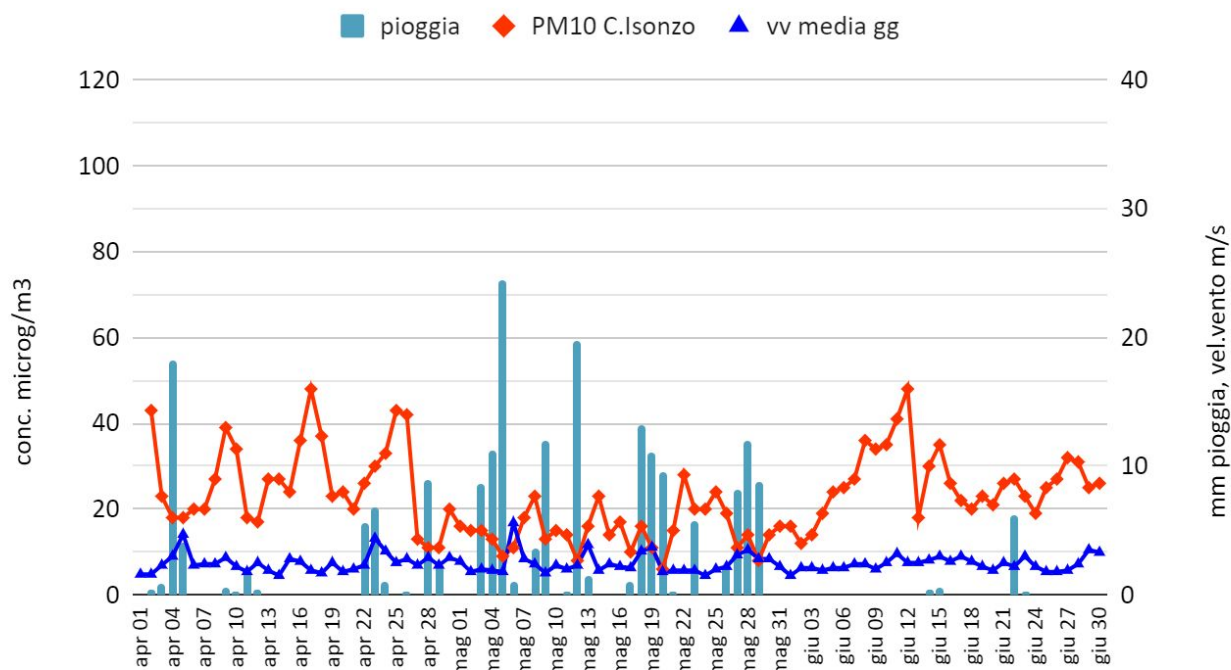
L'effetto di dilavamento dell'atmosfera (e del PM10) da parte della pioggia, considerando il periodo di criticità per questo inquinante, si può osservare nei grafici in particolare nelle giornate invernali 30 gennaio, 11 e 12 novembre, 15-18 novembre, 22 dicembre. Nelle giornate 12 febbraio, 19 marzo, 5 e 23 aprile, 6 maggio, 20 novembre, 23 e 24 dicembre, il vento caratterizzato da una intensità superiore ai 4 m/s ha contribuito alla dispersione degli inquinanti.

Le precipitazioni quasi completamente assenti nei mesi di gennaio e febbraio, mesi critici per il particolato, hanno contribuito al fenomeno di accumulo di PM10 con la permanenza in atmosfera di elevate concentrazioni per diversi giorni consecutivi (si veda anche il commento all'indicatore "giornate favorevoli all'accumulo di PM10").

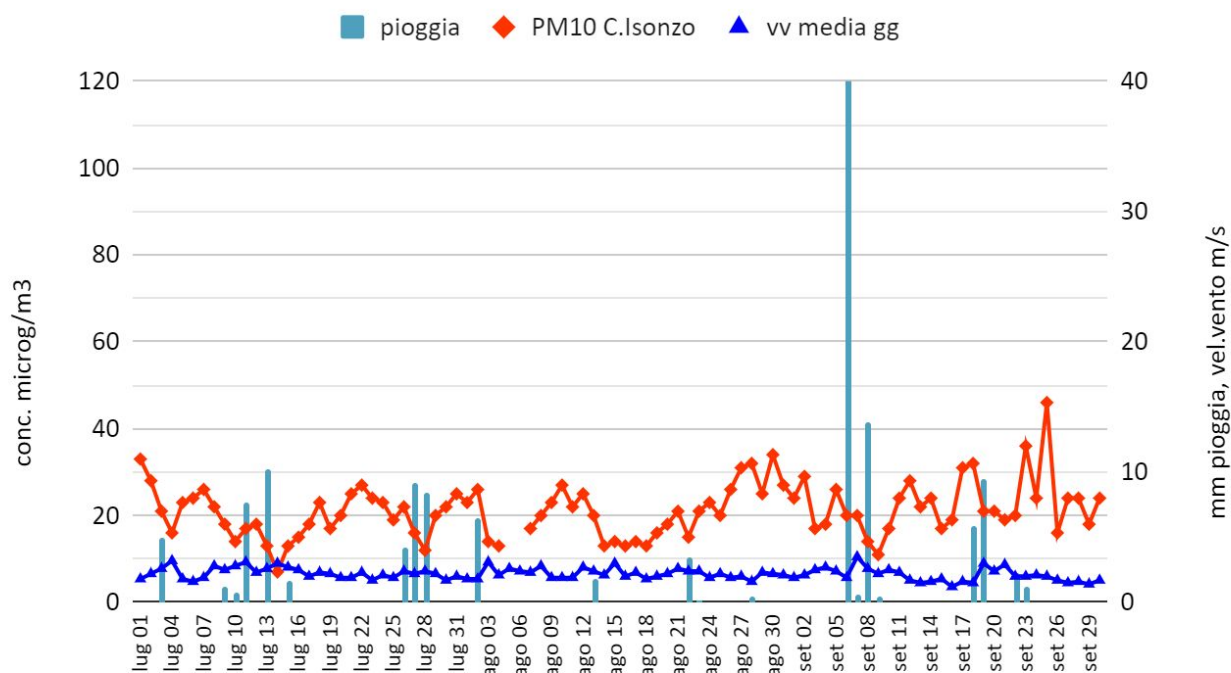
PM10 a confronto con precipitazione cumulata giornaliera e vento medio - Ferrara, anno 2019

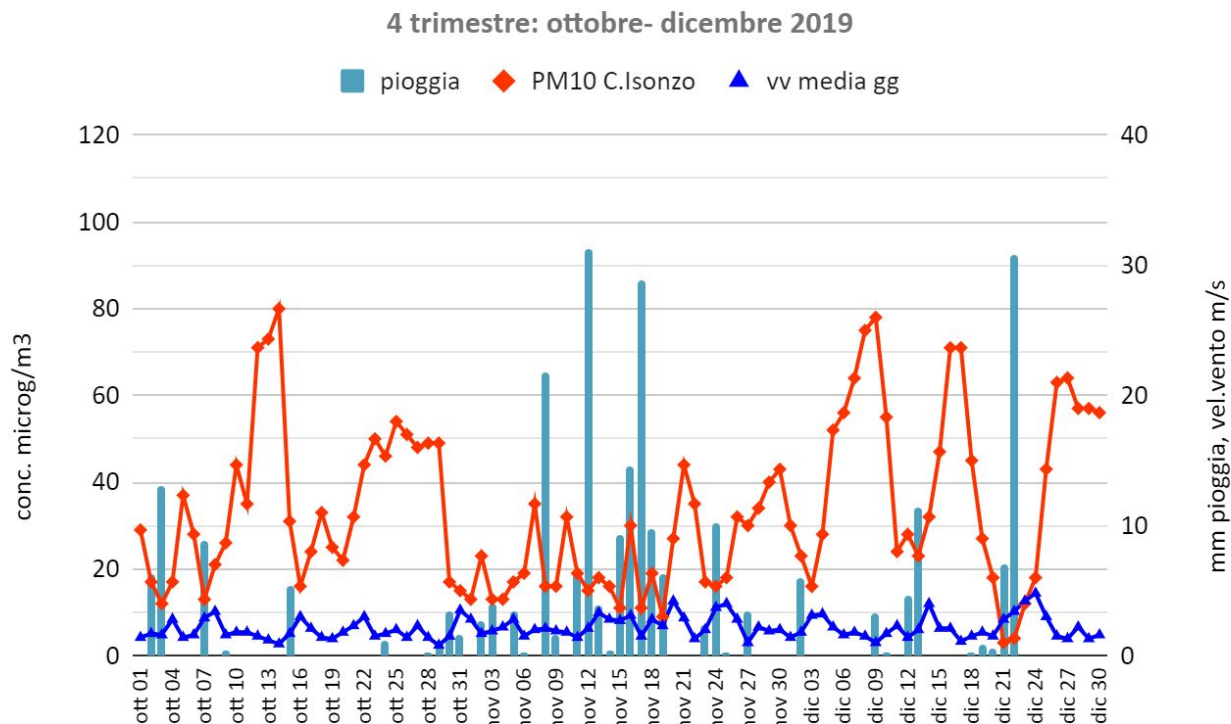


2 trimestre: aprile- giugno 2019



3 trimestre: luglio- settembre 2019





4. GIORNI CRITICI

Di seguito sono riportati alcuni dati meteorologici utili a valutare il numero di giorni critici, ovvero favorevoli all'accumulo del PM10 d'inverno e alla formazione di Ozono d'estate, per ogni mese dell'anno per la città urbana di Ferrara.

Per "**giornate favorevoli all'accumulo di PM10**" si intendono quei giorni in cui l'indebolirsi della turbolenza nei bassi strati dell'atmosfera determina condizioni di stagnazione. Segnatamente si tratta di giorni in cui si verificano contemporaneamente due condizioni:

- l'indice di ventilazione (definito come il prodotto fra altezza media dello strato rimescolato e intensità media del vento) è inferiore a $800 \text{ m}^2/\text{s}$;
- le precipitazioni sono assenti ($< 0.3 \text{ mm}$).

L'indice è stato messo a punto dal Servizio Idro-Meteo-Clima di ARPAE²¹, che ha selezionato le soglie applicando il metodo statistico degli alberi di classificazione, calibrato con i valori di PM10 misurati. Si noti che l'indicatore non tiene conto della direzione del vento e potrebbe perciò rivelarsi poco significativo sulla fascia costiera o in presenza di fonti emissive puntuali, condizioni in cui la direzione del vento incide particolarmente sull'accumulo o la dispersione degli inquinanti.

²¹L'indice è stato calcolato utilizzando il dataset meteorologico LAMA (Limited Area Meteorological Analysis) che viene implementato a partire da simulazioni operative del modello meteorologico COSMO e da osservazioni della rete meteorologica internazionale (dati GTS). COSMO è un modello meteorologico ad area limitata (dominio $2000 \times 2000 \text{ km}^2$), non idrostatico, attualmente sviluppato dai servizi meteorologici di Germania, Svizzera, Italia, Grecia e Polonia, raggruppati nel consorzio COSMO. E' il modello di riferimento italiano per le previsioni del tempo a breve termine. Il dataset LAMA copre un'area di $1200 \times 1200 \text{ km}^2$, corrispondente alla parte centrale del dominio di COSMO.

I mesi invernali sono i più critici per l'accumulo di particolato atmosferico, in particolare a causa delle condizioni meteorologiche (stagnazione negli strati bassi dell'atmosfera) e dell'elevato utilizzo di riscaldamento e automobili.

Il 2019 è stato caratterizzato da anomalie meteo climatiche legate all'alternarsi di periodi di tempo in prevalenza stabile, con forti anomalie negative delle precipitazioni (gennaio, febbraio e ottobre), a periodi in cui si è avuto, invece, un tempo decisamente perturbato, con precipitazioni elevatissime (maggio e novembre). A gennaio e febbraio si sono verificati periodi con condizioni di alta pressione, assenza di precipitazioni e scarsa ventilazione, che hanno determinato un numero elevato di giornate con condizioni favorevoli all'accumulo degli inquinanti.

Anche il mese di ottobre ha registrato condizioni che hanno comportato un numero di giornate favorevoli all'accumulo di polveri superiore a quelle che hanno caratterizzato il periodo 2003-2018, mentre novembre ha registrato il più basso numero di giorni favorevoli sempre rispetto allo stesso periodo.

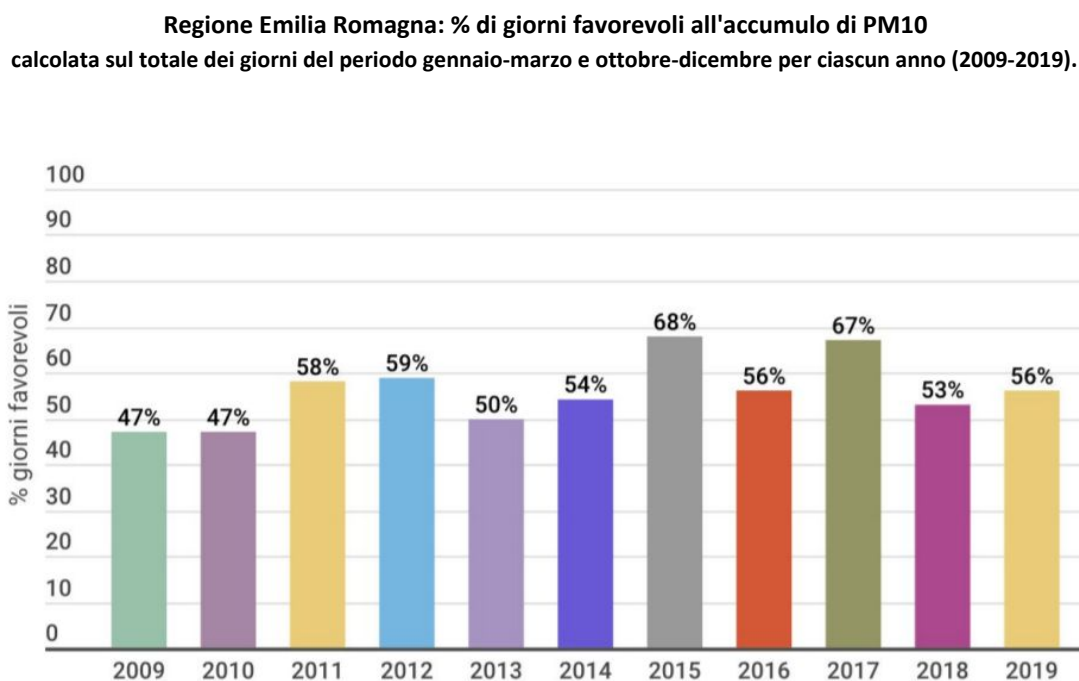
Nel 2019 il numero di giorni favorevoli all'accumulo degli inquinanti è leggermente superiore al 2018, ma pressoché confrontabile.

A scala **regionale**, i valori medi annui di PM10 nel 2019 sono stati in linea con quelli registrati nel 2018 e per il settimo anno consecutivo non si sono registrati superamenti del limite annuale di PM10 in nessuna stazione della regione.

In 17 delle 43 stazioni della rete regionale che misurano il PM10 è stato superato il limite giornaliero oltre i 35 giorni consentiti dalla normativa e in particolare nei mesi di gennaio e febbraio caratterizzati da un maggior numero di giorni con condizioni favorevoli all'accumulo degli inquinanti. Il massimo numero di superamenti (60), è stato registrato nella stazione di Corso Isonzo a Ferrara, seguito da Modena/Giardini (58 superamenti), Reggio Emilia/Timavo (53) e Ravenna/Zalamella (51).

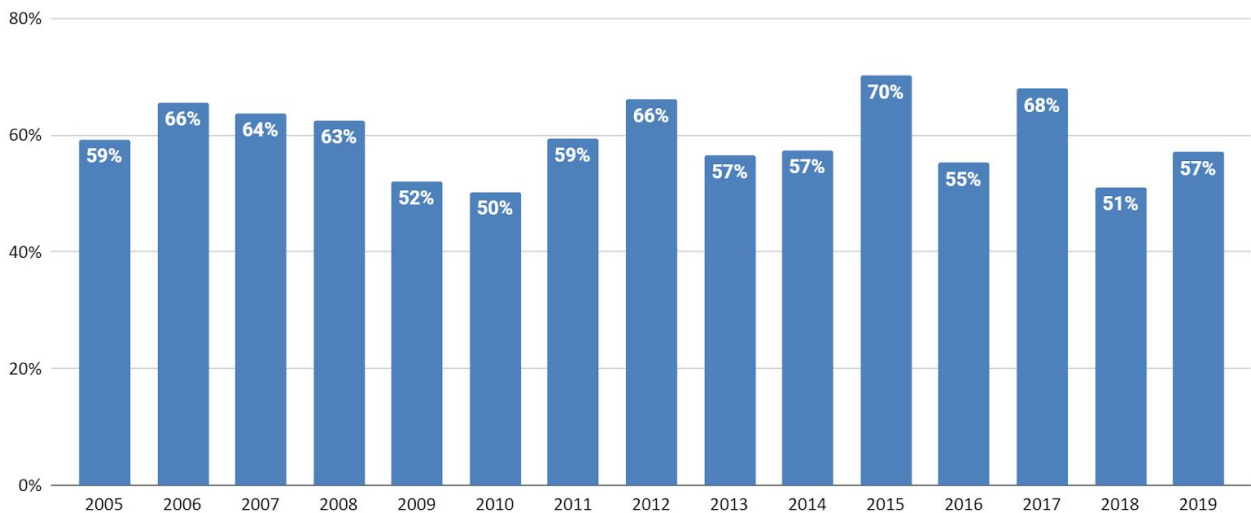
Anche la media annuale di PM2.5 nel 2019 è stata inferiore al valore limite della normativa, così come nel 2018; i valori medi su tutte le stazioni sono in leggera diminuzione rispetto all'anno precedente.

Nella figura che segue è riportata per la Regione Emilia Romagna la % di giorni favorevoli (per le condizioni meteo) all'accumulo di PM10; % calcolata sul totale dei giorni del periodo gennaio-marzo e ottobre-dicembre per ciascun anno (2009-2019).



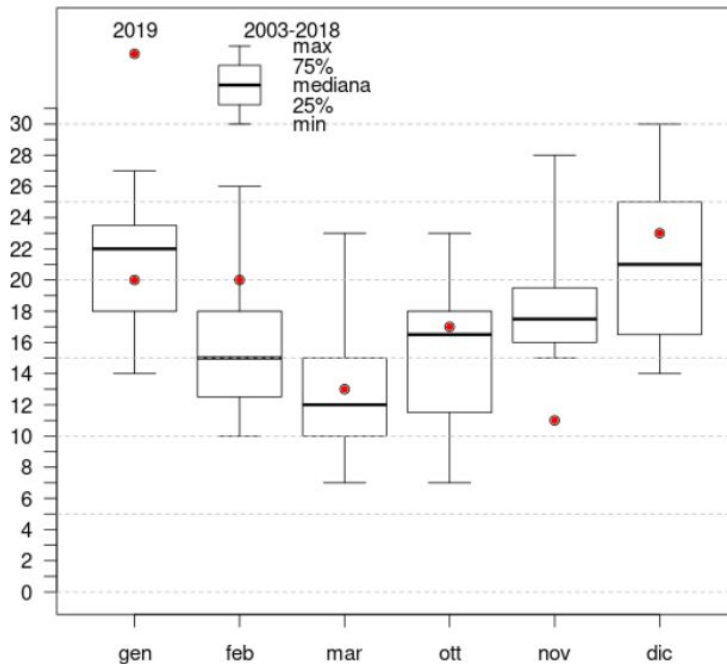
Il grafico relativo alla percentuale di giorni favorevoli all'accumulo di PM10 sul totale dei giorni del periodo invernale da gennaio a marzo e da ottobre a dicembre per il comune di Ferrara, è coerente con quello riportato per la Regione e in lieve aumento rispetto al precedente anno.

Ferrara: % giorni favorevoli all'accumulo di PM10 su totale periodo gennaio - marzo e ottobre - dicembre per ciascuna anno (2005 - 2019)



Considerando l'indicatore del numero dei giorni favorevoli all'accumulo di PM10, si osserva un numero consistente nei mesi di gennaio, febbraio e dicembre (rispettivamente 20, 20 e 23) seguiti da ottobre (17), marzo (13) e novembre (11). Si fa presente che nonostante l'indicatore dei giorni favorevoli all'accumulo di PM10 abbia registrato un valore di 11 per il mese di novembre, a Corso Isonzo non si sono verificati superamenti del limite giornaliero come già accennato precedentemente. Il grafico seguente permette di confrontare il numero di giorni favorevoli all'accumulo di PM10 nel 2019 con gli indici statistici calcolati per il periodo 2003-2018: considerando la mediana calcolata per i singoli mesi del periodo 2003-2018, si osserva un aumento per i mesi di febbraio e dicembre 2019 e una riduzione notevole per il mese di novembre 2019.

Numero di giorni favorevoli all'accumulo di PM10 - confronto 2019 con anni precedenti - Ferrara



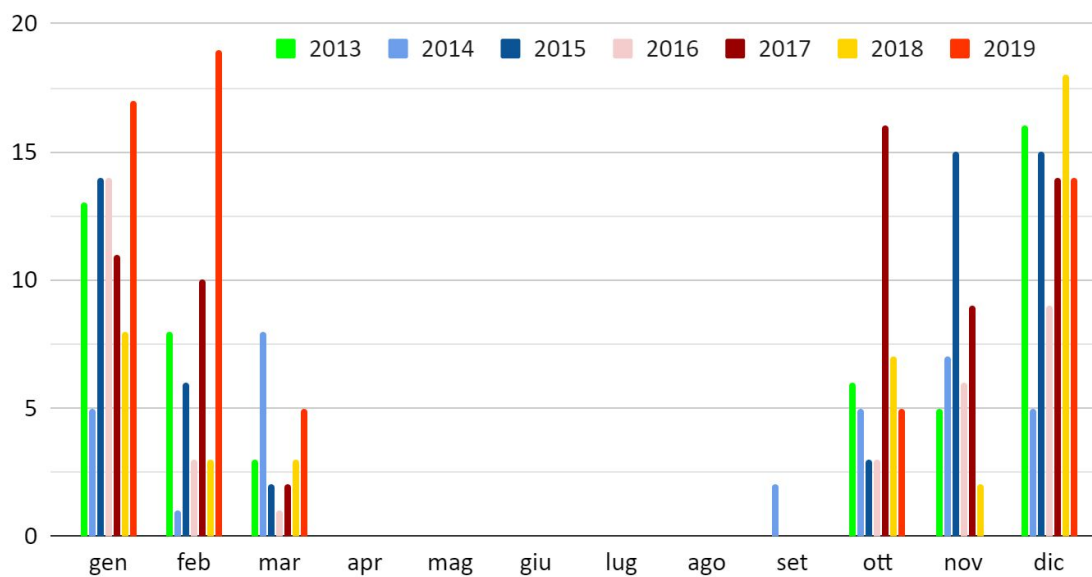
Dai grafici del numero dei superamenti mensili e delle medie mensili di PM10 calcolate per la stazione di Corso Isonzo, si osserva:

- un rilevante aumento del numero dei superamenti del limite giornaliero di PM10 rispetto agli ultimi 6 anni nei mesi gennaio e febbraio (valori simili a quelli rilevati nel 2012), e una riduzione rispetto agli altri anni nel mese di novembre (nel 2019 non si sono registrati superamenti in questo mese), una riduzione rispetto al 2018 per il mese di dicembre che risulta confrontabile con il 2017;
- parallelamente a quanto osservato per il numero dei superamenti, anche le medie mensili di gennaio e febbraio 2019 sono state molto alte considerando i trend mensili: la media mensile di febbraio in particolare, è la più alta considerando gli ultimi 6 anni. Si è registrato una forte riduzione delle concentrazioni in alcuni mesi: le medie mensili di maggio e novembre risultano inferiori rispetto agli ultimi 6 anni, mentre quella di dicembre rispetto agli ultimi 4 anni.

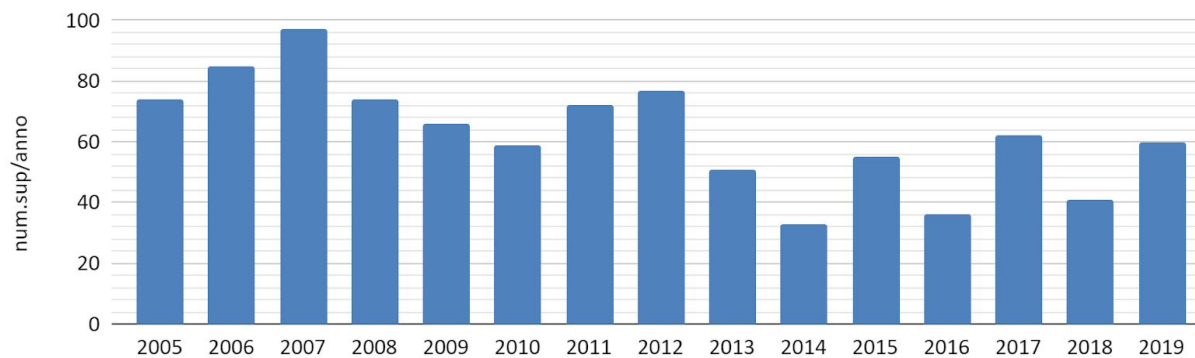
Nel 2019 si sono registrati a Corso Isonzo:

- 60 giorni con valori di concentrazione di PM10 superiore ai $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (nel 2018 erano 41, 62 nel 2017, 36 nel 2016, mentre nel 2015 erano 55);
- 26 giorni con valori di concentrazione di PM10 superiore ai $70 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (9 nel 2018, 32 nel 2017, 12 nel 2016, 24 nel 2015);
- 4 giorni con valori di concentrazione superiore ai $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e una concentrazione massima misurata pari a $113 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (dato del 7/01/2019).

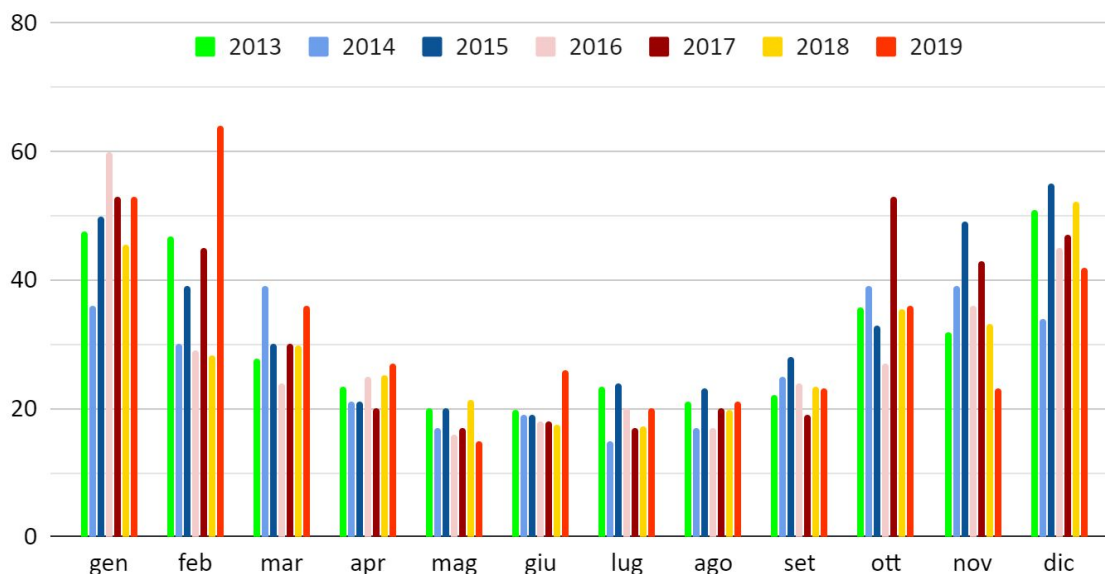
PM10 - Corso Isonzo - Numero di superamenti del valore limite giornaliero di 50 µg/m3 per anno



PM10 C.Isonzo: numero superamenti /anno



PM10 - Corso Isonzo - concentrazione media mensile di PM10 in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ – 2013-2019



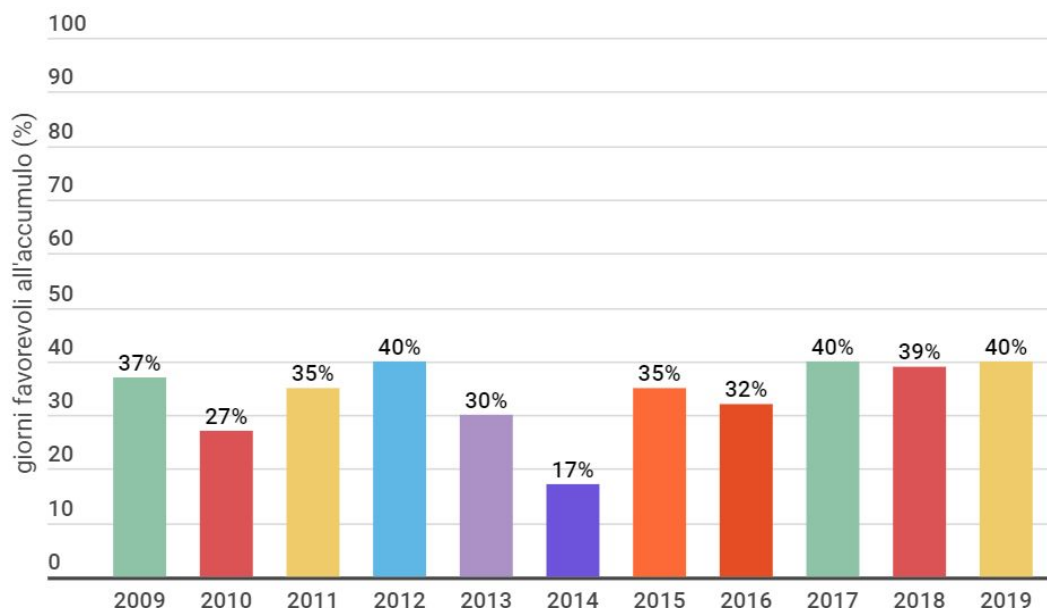
Anche per il periodo estivo è stato messo a punto l'indicatore **“giornate favorevoli alla formazione di ozono”**, ovvero giornate in cui la temperatura massima è maggiore di 29°C: in tal caso i mesi estivi di giugno, luglio e agosto sono da considerarsi mesi critici per l'inquinante in esame in quanto caratterizzati da una radiazione solare globale più intensa, da un numero maggiore di ore di insolazione diurna e da temperature elevate.

E' un indicatore molto semplice, elaborato dal Servizio Idro Meteo Clima di ARPAE, che non esaurisce certo la complessità delle interazioni tra meteorologia, chimica e trasporto dell'ozono, ma che si pone l'obiettivo di valutare la criticità del semestre estivo dal punto di vista meteorologico rispetto alla formazione di ozono nei bassi strati dell'atmosfera.

La stagione estiva 2019 è stata caratterizzata da temperature particolarmente elevate, soprattutto nel mese di giugno (il secondo più caldo dal 1961, dopo giugno 2003, con diffuse condizioni di alta pressione) e in luglio, mese in cui si sono verificate due intense brevi ondate di caldo, che hanno fatto registrare massime sino a 37-38 °C: tali condizioni hanno contribuito ad un incremento del numero di giorni favorevoli alla formazione di ozono che nel 2019 è risultato confrontabile a quello degli ultimi due anni e superiore al numero di giorni rilevati negli anni precedenti (ad eccezione del 2012).

Regione Emilia Romagna: % giorni favorevoli alla formazione di Ozono

% di giorni favorevoli (per le condizioni meteo) al superamento della soglia di legge (2009-2019); % calcolata sul totale dei giorni del periodo aprile-ottobre per ciascun anno



I superamenti dei valori obiettivo²² per la protezione della salute umana hanno interessato pressoché l'intera **regione**. Nel periodo estivo 2019 (aprile-settembre) l'ozono ha superato il valore obiettivo a lungo termine in tutte le stazioni, e la quasi totalità delle stazioni ha oltrepassato i 25 superamenti nella media sugli ultimi 3 anni del valore obiettivo.

La soglia di informazione²³ (valore per il quale vengono indicati possibili rischi per la salute in soggetti sensibili) è stata superata in 26 stazioni su 34. Questi valori sono superiori rispetto a quelli del 2018 e uguali a quelli registrati nel 2017.

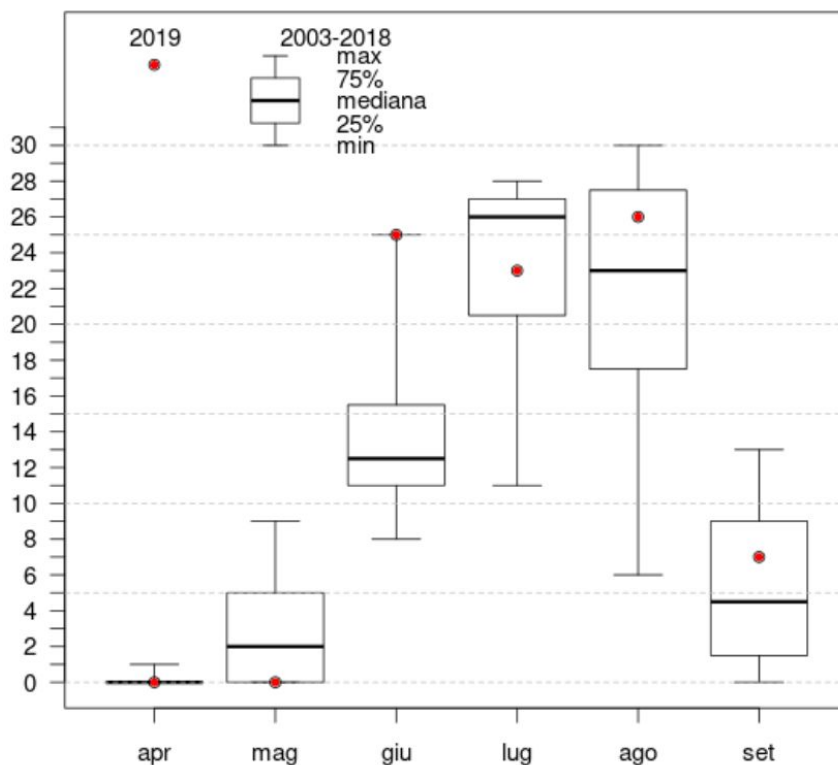
Per Ferrara, il mese di giugno 2019 ha presentato un maggior numero di giornate favorevoli alla formazione di ozono rispetto alla mediana degli ultimi 16 anni, un valore confrontabile con il massimo delle giornate verificatesi nello stesso mese considerando il periodo 2003-2018. Anche agosto e settembre presentano valori dell'indicatore superiori alla mediana calcolata per gli ultimi 16 anni.

Il numero dei superamenti del valore obiettivo per la salute umana (120 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$) è lievemente aumentato nella stazione di fondo urbano e in quella di fondo suburbano.

²² Valore obiettivo = 120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, massima delle medie mobili su 8 ore da non superare più di 25 volte/anno come media su 3 anni

²³ soglia informazione = media massima oraria di 180 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Numero di giorni favorevoli alla formazione di ozono - confronto 2019 con anni precedenti - Ferrara



Numero di giorni critici per la formazione di Ozono suddivisi per anno - Ferrara

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
num.giorni critici/anno	54	77	79	63	37	72	64	82	82	81

O3 - Numero di superamenti del valore obiettivo per la salute umana (120 ug/m³) per anno

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Villa Fulvia	27	69	60	43	19	41	45	49	22	43
Cento	41	88	65	46	46	77	44	69	53	57
Ostellato	23	71	58	43	23	46	51	64	63	60
Gherardi	36	63	76	59		80	53	52	69	53