



PUG  **COMUNE DI FERRARA**

Piano Urbanistico Generale (PUG)
(Legge Regionale n. 24/2017)

Analisi climatica locale

ottobre 2022

QC.5.5.1

Piano Urbanistico Generale (PUG) di Ferrara

Legge Regionale n. 24 del 2017

QC.5.5.1

ANALISI CLIMATICA LOCALE

COMUNE DI FERRARA

Piazza del Municipio, 2
44121 FERRARA
Tel. 800 532532



Sindaco

Alan FABBRI

Vicesindaco

Nicola LODI

Ufficio di Piano

Arch. Fabrizio MAGNANI (Responsabile UdP)

Ing. Cristiano RINALDO (Coordinatore UdP)

Arch. Anna ALESSIO

Ing. Diego BREGANTIN

Arch. Andrea CHIEREGATTI

Arch. Stefania GALLINI

Arch. Antonella MAGGIPINTO

Arch. Silvia MAZZANTI

Dott. Michele PANCALDI

Dott.ssa Federica PARIS

Strutture organizzative correlate

Arch. Barbara BONORA (U.O. Pianificazione attuativa)

Arch. Paola ONORATI (U.O. Sportello Unico Edilizia)

Ing. Mariangela CAMPAGNOLI (U.O. Sismica e vigilanza)

Dott.ssa Sara AGGIO (U.O. SUAP)

Competenze professionali (DGR n. 1255/2018)

CAMPO PIANIFICATORIO

Arch. Fabrizio MAGNANI (Dirigente Governo del territorio)

Arch. Barbara BONORA

Arch. Andrea CHIEREGATTI

Arch. Silvia MAZZANTI

CAMPO PAESAGGISTICO

Arch. Antonella MAGGIPINTO

CAMPO AMBIENTALE

Ing. Alessio STABELLINI (Dirigente Ambiente e Agricoltura)

Ing. Cristiano RINALDO

CAMPO EDILIZIO

Arch. Paola ONORATI

Ing. Mariangela CAMPAGNOLI

CAMPO GIURIDICO

Avv. Roberto OLLARI (esperto esterno)

CAMPO ECONOMICO-FINANZIARIO

Urb. Daniele RALLO (esperto esterno)

GARANTE COMUNICAZIONE E PARTECIPAZIONE PER IL PUG

Arch. Silvia MAZZANTI



Architetto
Francesco NIGRO
STUDIO



GRUPPO DI LAVORO

Progettisti

Responsabile tecnico scientifico

Prof. Arch. Carlo GASPARRINI

Responsabile Contrattuale

Urb. Raffaele GEROMETTA (MATE)

Coordinatore del Gruppo di Lavoro

Urb. Daniele RALLO (MATE)

Coordinatore Operativo

Urb. Fabio VANIN (MATE)

Esperti specialistici

Pianificazione Urbanistica

Arch. Francesco VAZZANO (MATE)

Arch. Sergio FORTINI (Città della Cultura)

Arch. Anna LUCIANI (Città della Cultura)

Arch. Chiara CESARINI (MATE)

Arch. Michele AVENALI (Città della Cultura)

Pianificazione Urbanistica e supporto tecnico al

coordinatore scientifico

Arch. Valeria SASSANELLI (Studio Gasparrini)

Paesaggio, territorio agricolo, ecologia, ambiente

Arch. Francesco NIGRO

Dott. for. Paolo RIGONI (SILVA)

Dott. for. Marco SASSATELLI (SILVA)

Sistema Informativo Territoriale (SIT)

Urb. Lisa DE GASPER (MATE)

Urb. Marco ROSSATO (MATE)

Valutazione ambientale

Ing. Elettra LOWENTHAL (MATE)

Materia giuridica

Avv. Roberto OLLARI

INDICE

PREMESSA	7
IL PROFILO CLIMATICO DI FERRARA	8
SERIE STORICHE DEGLI INDICATORI	9
TEMPERATURA.....	10
PRECIPITAZIONI	21
VENTO	30
BIBLIOGRAFIA	33

PREMESSA

Il presente approfondimento si propone di fornire informazioni sulle caratteristiche climatiche del Comune di Ferrara, a partire dai dati registrati dalle stazioni meteorologiche localizzate dentro il territorio comunale. Sono state raccolte e analizzate serie storiche estese per gli indicatori climatici (temperatura e precipitazioni) e per il vento. Vengono proposti sia gli indici che definiscono il profilo climatico che quelli che registrano eventi estremi climatici.

Si è cercato di verificare se i cambiamenti climatici in atto, evidenti sia a livello globale che nazionale, sono riscontrabili anche nella nostra città; in particolare lo scopo è quello di identificare e quantificare gli eventi climatici estremi, come le ondate di calore estive e gli eventi piovosi molto intensi, che sono più rischiosi in relazione alla vulnerabilità del nostro territorio.

Le risultanze emerse, congiuntamente ad altri elaborati del Quadro Conoscitivo che evidenziano le criticità legate al clima del territorio ferrarese, costituiscono un supporto per indirizzare le scelte e le modalità di attuazione degli interventi urbanistici; in particolare, la Strategia per la qualità urbana ed ecologico ambientale del PUG si deve confrontare con un profilo climatico locale in rapido mutamento, e probabilmente peggioramento, e pertanto gli interventi predisposti dovranno essere pensati anche per migliorare il grado di resilienza della città.

Il presente elaborato non è omnicomprensivo e non vengono proposte valutazioni sui possibili scenari climatici futuri; per approfondimenti si rimanda agli elaborati scientifici di settore degli enti preposti e ai portali web che contengono banche dati.

Per ulteriori elaborazioni in merito all'analisi micro-climatica della città di Ferrara si rimanda all'elaborato QC.5.3.1 ATLANTE DI ANALISI DELLA QUALITÀ ECOLOGICO-AMBIENTALE URBANA, che per sette aree studio riporta le simulazioni effettuate dal CNR-Ibimet con il software ENVIMET. Le analisi climatiche restituiscono su un modello cartografico - elaborato su dati reali estratti dalla più vicina centralina ARPAE (utilizzando i dati del 3 agosto 2017 corrispondenti ad un'ondata di calore particolarmente intensa) - i valori del PET, la temperatura fisiologica equivalente. Il PET è un indice di sensazione termica che esprime la temperatura dell'aria di un ambiente standard, nel quale il bilancio termico del corpo umano è in equilibrio.

IL PROFILO CLIMATICO DI FERRARA

La situazione climatica di Ferrara evidenzia una primavera naturalmente variabile nella sua prima parte con colpi di coda invernali seguiti da giornate piacevoli, senza picchi nella temperatura e con precipitazioni frequenti.

L'estate è calda ed afosa, spesso interrotta da temporali anche violenti, con grandinate e un temporaneo abbassamento della temperatura. L'anticiclone subtropicale africano è responsabile di ondate di calore intenso con un alto tasso di umidità per diverse settimane.

L'autunno è molto fresco, umido e piovoso. Nella sua seconda parte inizia ad essere rigido e con caratteristiche pressoché invernali. Solitamente arriva la nebbia nelle ore mattutine e serali a causa della conformazione del suolo che porta a ristagno d'aria.

L'inverno è decisamente rigido, con piogge di media entità e frequente presenza di nebbia. Con l'alta pressione l'inversione termica notturna può portare la temperatura sensibilmente sotto allo zero provocando estese ed intense gelate. Di giorno, in presenza di nebbia, la temperatura si mantiene prossima allo zero.

Per poter analizzare e fare valutazioni sui dati climatici degli ultimi anni registrati nelle stazioni meteorologiche di Ferrara è necessario confrontarli con il profilo climatico di riferimento.

Il Piano nazionale di adattamento ai cambiamenti climatici (PNACC)¹ ha inserito Ferrara nella *macroregione climatica omogenea 2- Pianura padana, alto versante adriatico e aree costiere dell'Italia centro-meridionale*.

Di seguito si riportano i dati climatici di riferimento per la macroregione (Periodo climatico di riferimento: 1981-2000).

Temperatura media annuale	<i>T mean (°C)</i>	14,6 (+0,7)
Giorni con precipitazioni intense	<i>RX20 (giorni/anno)</i>	4(+1)
Giorni con gelo	<i>FD (giorni/anno)</i>	25 (+9)
Giorni estivi	<i>SU95P (giorni/anno)</i>	50(+13)
Precipitazioni invernali cumulate	<i>WP (mm)</i>	148 (+55)
Precipitazioni estive cumulate	<i>SP (mm)</i>	85 (+30)
95° percentile precipitazioni	<i>R95p (mm)</i>	20
Giorni consecutivi senza pioggia	<i>CDD (giorni)</i>	40 (+8)

A livello locale, il periodo climatico a cui far riferimento è il trentennio 1961-1990²; pertanto i dati registrati negli ultimi anni vanno confrontati con il profilo climatico di Ferrara di quel trentennio. Di seguito viene proposta una tabella riassuntiva degli indicatori di temperatura e precipitazione; vengono anche presi in considerazione gli indicatori per il

¹ Piano in via di approvazione.

² L'Organizzazione Meteorologica Mondiale (WMO) ha fissato a 30 anni la durata del periodo climatico di riferimento. Per ogni periodo di riferimento vengono calcolati i normali climatici di temperatura (media, minima e massima) e di precipitazione cumulata in Italia. La WMO definisce come "normali climatici standard" le medie di una variabile climatica calcolate per i seguenti periodi consecutivi di 30 anni: dal 1 gennaio 1901 al 31 dicembre 1930, dal 1 gennaio 1931 al 31 dicembre 1960, dal 1 gennaio 1961 al 31 dicembre 1990 e così via. I normali climatici standard restano validi a livello internazionale fino alla fine del successivo periodo standard.

periodo 1991-2015. Per maggiori dettagli e approfondimenti si rimanda alle pubblicazioni scientifiche e al sito web di ARPAE e al PAESC Terre Estensi³, i cui riferimenti sono nell'ultima sezione del documento.

		Periodo	
		1961-1990	1991-2015
Temperatura	Temperatura media	12,9 °C	14,2 °C
	Temp. minima (media annuale)	8,7 °C	10,2 °C
	Temp. massima (media annuale)	17,8 °C	19,3 °C
Precipitazioni	Valore medio precipitazioni cumulate annuali	628 mm	645 mm
	Valore medio precipitazioni cumulate invernali	176 mm	162 mm
	Valore medio precipitazioni cumulate estive	153 mm	137 mm
	Numero giorni piovosi (Rx20)	6,1	6,3

SERIE STORICHE DEGLI INDICATORI

Al fine di fornire un quadro dello stato del clima a Ferrara aggiornato e di verificare se i cambiamenti climatici in atto a livello globale trovano riscontro anche alla scala locale del territorio ferrarese, si sono analizzate le serie storiche dei principali indicatori climatici di riferimento.

Oltre che confrontare i dati disponibili degli ultimi anni con il profilo climatico di riferimento è possibile anche verificare la presenza, data la disponibilità di serie storiche abbastanza lunghe⁴, di trend in atto e di anomalie climatiche.

Inoltre sono stati analizzati alcuni indici di estremi climatici⁵, utili a descrivere gli estremi di temperatura e precipitazione in termini di frequenza, intensità e durata, che permettono di evidenziare la presenza situazioni di possibili criticità rilevanti con le quali il Piano Urbanistico Generale è chiamato a confrontarsi.

³ Il Piano d'azione per l'Energia sostenibile e il clima (PAESC) Terre Estensi è stato approvato il 19 marzo 2019 (<https://servizi.comune.fe.it/9240/il-paesc-terre-estensi>); all'interno del documento conclusivo del PAESC è contenuto un capitolo dedicato al profilo climatico del Comune e agli eventi meteorologici estremi che negli ultimi hanno interessato il territorio ferrarese.

⁴ Tutte le fonti utilizzate per la raccolta dati sono riportate in bibliografia

⁵ Con l'obiettivo di definire una metodologia comune per la valutazione delle variazioni degli estremi climatici e di rendere confrontabili i risultati ottenuti in diverse parti del mondo, l'*Expert Team on Climate Change Detection and Indices* (ETCCDI) del *CLIVAR Working Group on Climate Change Detection* della Commissione per la Climatologia dell'Organizzazione Meteorologica Mondiale, ha definito un insieme di 27 indici

TEMPERATURA

Relativamente alla temperatura vengono proposte le serie storiche relative:

- Temperatura media annuale
- Temperatura massima giornaliera su periodo estivo, invernale e annuale
- Temperatura minima giornaliera su periodo estivo, invernale e annuale

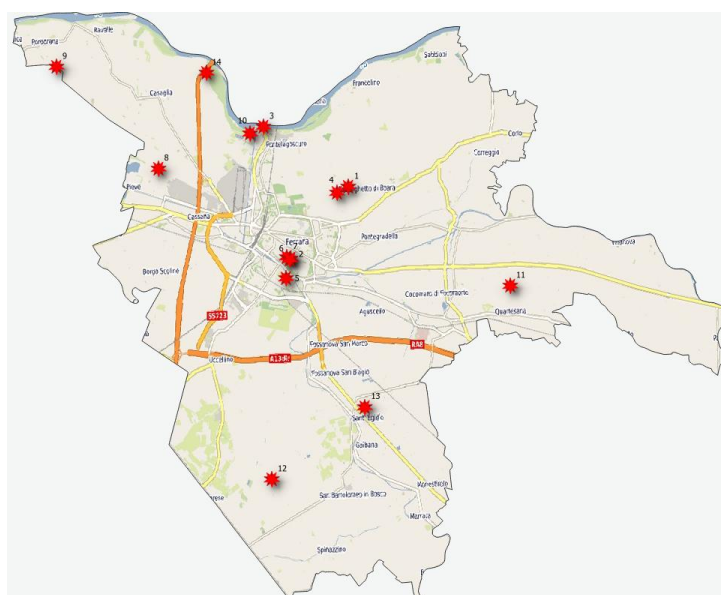
Per quanto riguarda gli indici estremi di temperatura:

- Temperatura massima assoluta
- Giorni estivi
- Ondate di calore
- Giorni con gelo
- Notti tropicali

Stazioni meteorologiche

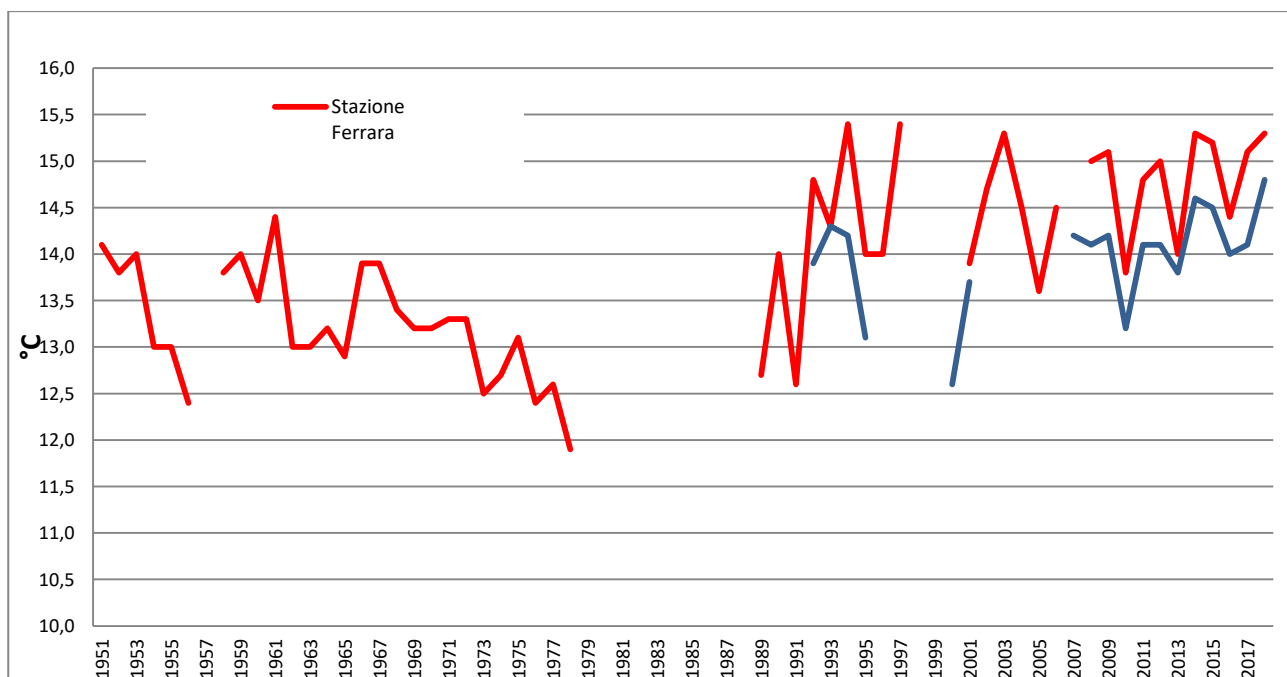
Di seguito sono elencate e localizzate le stazioni meteorologiche riportate nei dataset di fonte ISPRA e ARPAE.

	NOME DELLA STAZIONE	INDICATORE
1	Malborghetto di Boara (ARPAE)	Temperatura, Precipitazioni, Vento
2	Ferrara –sinottica- Via Paradiso 12	Temperatura, Precipitazioni, Vento
3	Pontelagoscuro – idrografica	Temperatura, Precipitazioni
4	Malborghetto di Boara (AGRO)	Temperatura, Precipitazioni
5	Ferrara –Idrografica	Temperatura, Precipitazioni
6	Ferrara - Idrografica Urbana	Temperatura, Precipitazioni
7	Ex SIMN	Precipitazioni
8	Pontisetete	Precipitazioni
9	La Valletta	Precipitazioni
10	Nicolino	Precipitazioni
11	Quartesana	Precipitazioni
12	San Bartolomeo in Bosco	Precipitazioni
13	Gaibanella	Precipitazioni
14	Pontelagoscuro - sinottica	



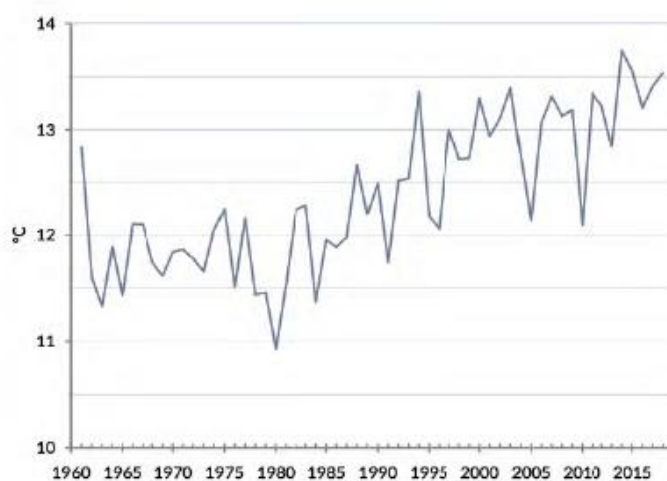
Temperatura media annuale

codice	Descrizione indicatore	Stazione	Periodo	Fonte dati
T mean	Temperatura media (media del giorno mediata su anno)	Ferrara (Sinottica) Stazione di Malborghetto di Boara (ARPAE)	1951-2018	ISPRA- sistema nazionale per la raccolta, elaborazione e diffusione di dati climatici



Seppur non sia disponibile il set completo di dati, il grafico evidenzia chiaramente trend in aumento della temperatura media; in 5 degli ultimi 7 anni (2012-2018) si è registrato il superamento di 15°C , temperatura mai raggiunta dal 1951 al 1993. Negli anni 2014 e 2018, come per la regione Emilia-Romagna, sono state registrate le temperatura più alte dal 1951, pari a 15,3 °C.

Nella grafico sotto, l'andamento temporale della temperatura media a livello regionale⁶, che presenta un trend di crescita ancor più accentuato rispetto a quello di Ferrara.



⁶ Cfr. Rapporto Idrometeorologia Emilia-Romagna – pubblicato da ARPAE e osservatorio clima RER.

Il confronto con il profilo climatico di riferimento (Temp. media 12,9 °C) evidenzia nell'ultimi 10 anni anomalie positive di almeno 1°C. Anche il confronto con il periodo 1991-2015 registra per gli ultimi tre anni (2016 -2018) valori superiori alla temperatura di riferimento (14,2°C).

Si può concludere che il periodo climatico del trentennio 61-90 non è più adeguato a descrivere la situazione di Ferrara per quello che riguarda questo indicatore.

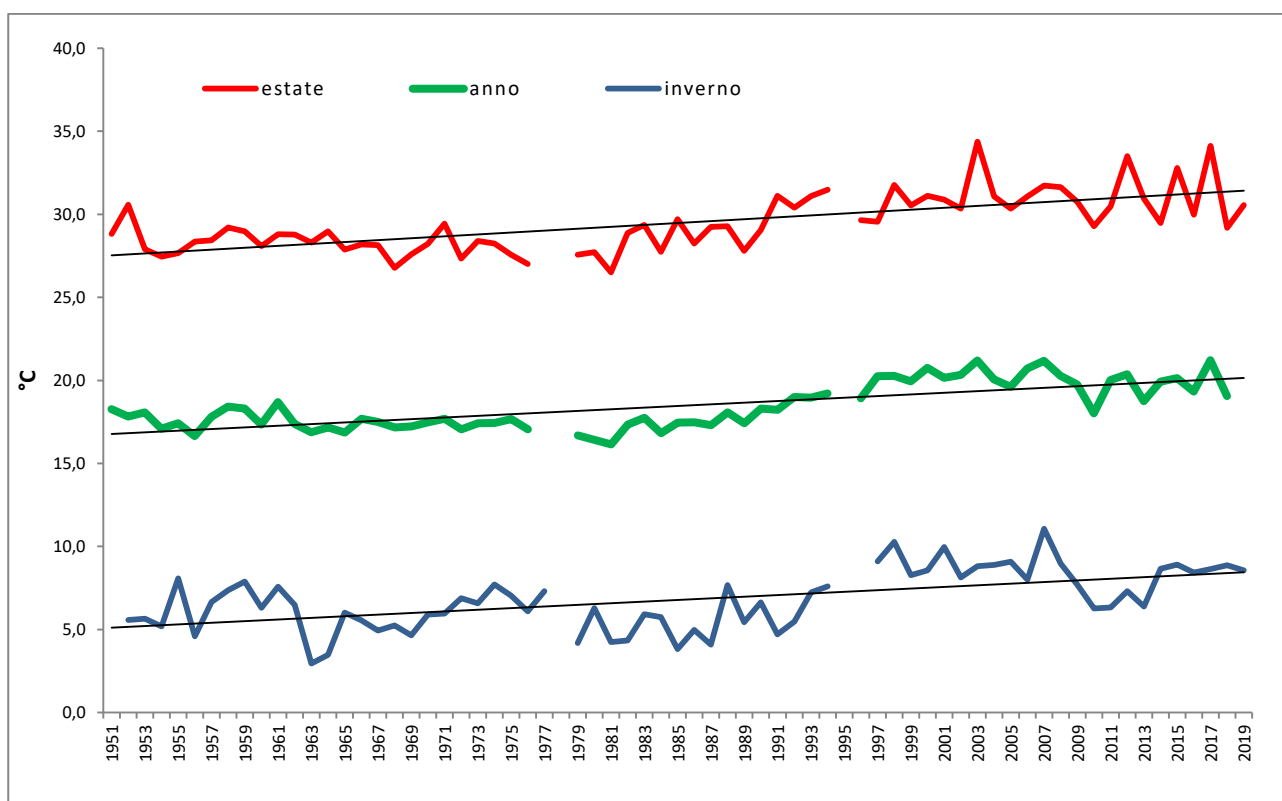
Rispetto al profilo climatico proposto dal PNACC, che identifica la temperatura media di $14,6 \pm 0,7$ °C, i dati registrati negli ultimi anni sono all'interno della variabilità climatica.

È interessante osservare inoltre come per la stazione urbana di Ferrara valori registrati siano costantemente e sensibilmente più alti rispetto a quella di Malborghetto; negli ultimi 10 anni, vi è uno scarto medio annuale di 0,7 °C, con un range compreso tra 0,3 e 1,0 °C.

Temperatura massima

codice	Descrizione indicatore	Stazione	Periodo	Fonte dati
TX	Media della temperatura dell'aria massima giornaliera a 2 m dal suolo	Stazione di Ferrara (Palazzo Paradiso)	1951-2019	European climate Assessment&dataset (www.ecad.eu)

Il grafico seguente mostra le serie storiche (e i relativi trend) delle temperature massime giornaliere mediate sul periodo annuale, sulla stagione estiva e su quella invernale.

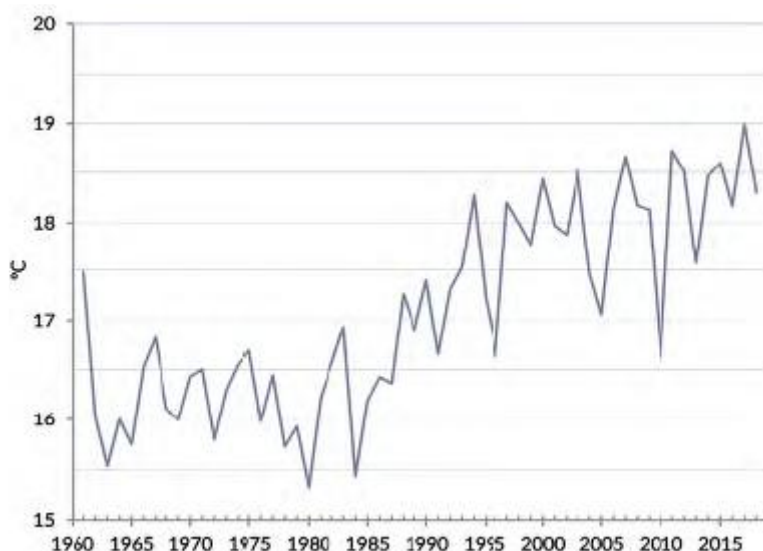


Il grafico evidenzia un trend in aumento significativo in tutti e tre i periodi analizzati; si evidenzia in particolare che nel periodo estivo la temperatura massima nell'ultimo decennio si è attestata quasi sempre sopra i 30 °C, temperatura

raggiunta solo una volta nel periodo 1951-1990 (nel 1952). Le estati del 2003 e del 2017 hanno raggiunto temperatura massime mediate per il periodo estivo superiori ai 34°C.

Su base annuale, in tutto il periodo analizzato, solo in 3 circostanze si sono superati i 21°C, negli anni 2003, 2007 e 2017.

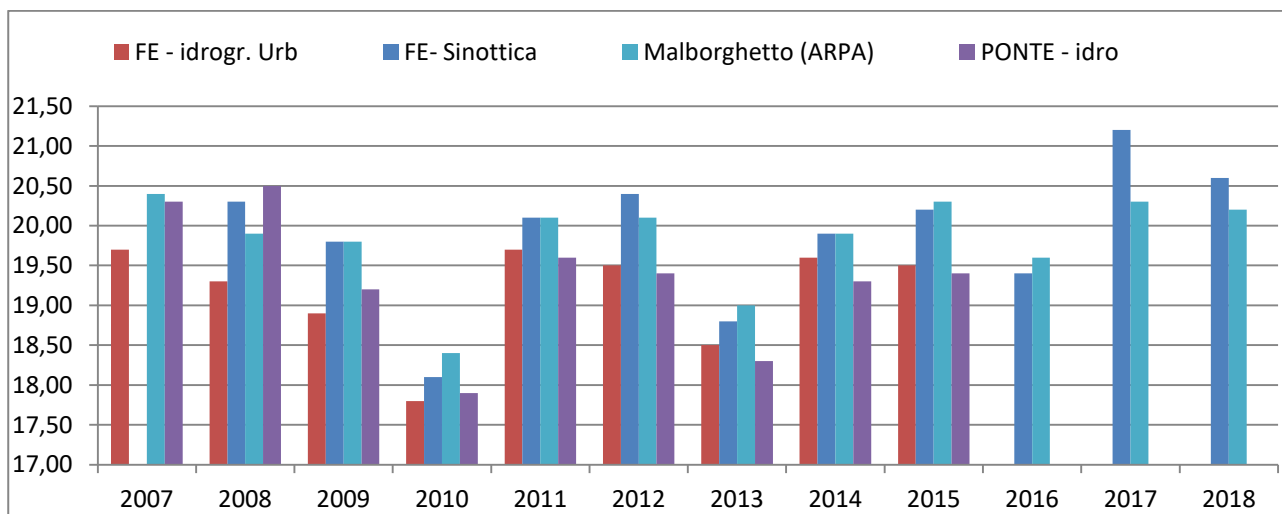
Come riportato nel grafico sotto, anche per questo indice il trend di Ferrara è in linea con quello della Regione.



Anche in questo caso il confronto con il profilo climatico locale di riferimento, evidenzia un'anomalia marcata e costante in tutti gli anni dal 2000 in poi; la Tmax di riferimento, 17,8 °C viene superata in tutti gli anni rilevati con una differenza media di 2,2 °C. L'anno più "freddo" è stato il 2010 con temperatura comunque di 1°C superiore a quella indicata dal profilo.

Il periodo venticinquennale 1991-2015 (TX = 19,3 °C) risulta in linea con i valori registrati negli ultimi tre anni.

Per un'analisi comparata delle temperature massime registrate nelle stazioni del Comune, sono stati usati i dataset del portale web di ISPRA⁷. La serie storica relativa è piuttosto limitata ed evidenzia differenze non molto significative; mediamente la stazione di Ferrara - sinottica di via Paradiso risulta quella con la temperatura massima media più alta (pari 19,9 °C).



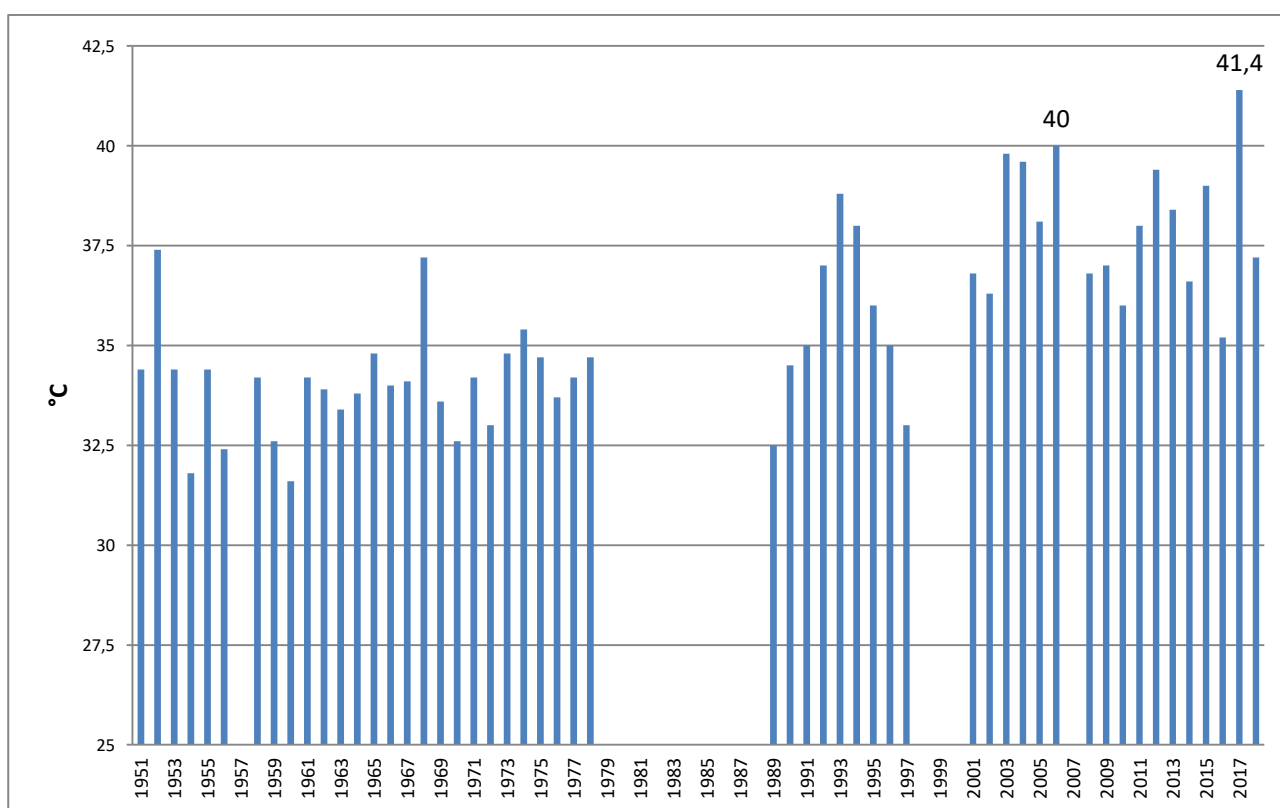
⁷ Vedere bibliografia

Temperatura massima assoluta

Codice	Descrizione indice	Stazione	Periodo	Fonte dati
Tmax	Temperatura massima assoluta registrata	Stazione di Ferrara (Sinottica)	1951-2018	ISPRA- sistema nazionale per la raccolta, elaborazione e diffusione di dati climatici

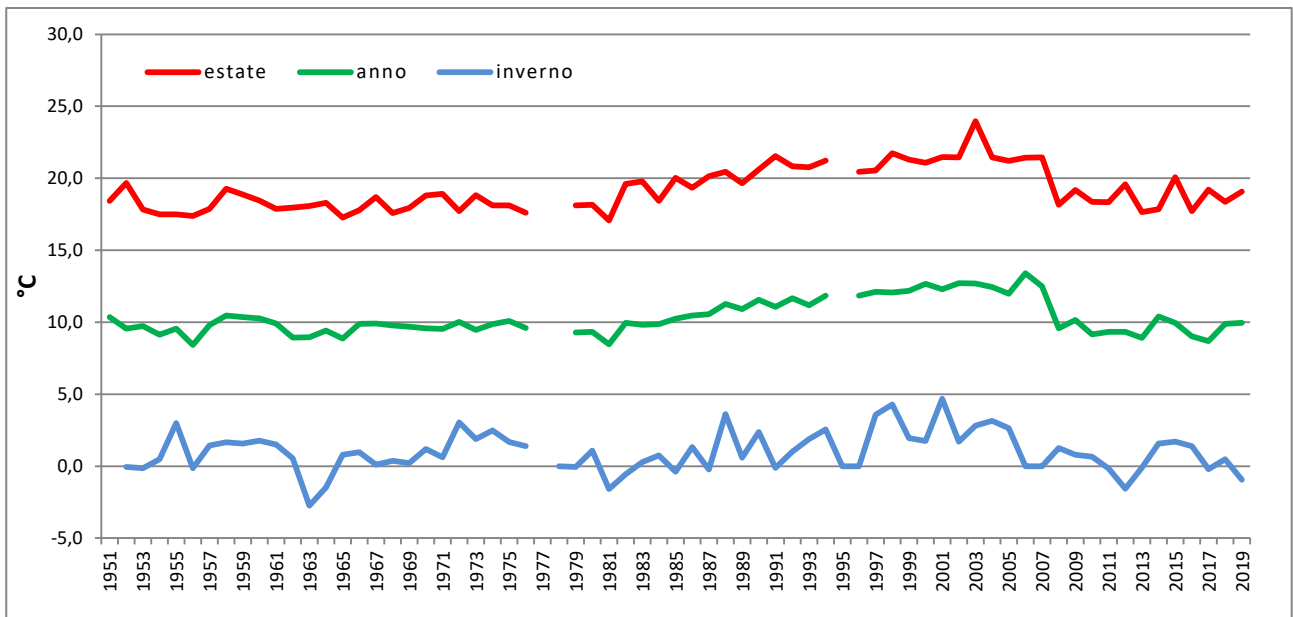
Questo indice è utile per evidenziare i picchi massimi di temperatura che, associati ad alta umidità del territorio, possono anche comportare rischi per la salute della popolazione fragile.

Il grafico evidenzia come dal 2000 in poi le temperatura massime registrate sono state costantemente al di sopra dei 35° C , spesso sopra i 37,5 ° C e in 2 situazioni hanno raggiunto i 40°C. Viceversa in tutto il periodo precedente i picchi al di sopra i 35 °C si sono verificati molto di rado e solo in 2 casi si sono superati i 37,5 °C.



Temperatura minima

codice	Descrizione indice	Stazione	Periodo	Fonte dati
TN	Media della temperatura dell'aria minima giornaliera a 2 m dal suolo	Stazione di Ferrara (via Paradiso 12)	1951-2019	European climate Assessment&dataset (www.ecad.eu)

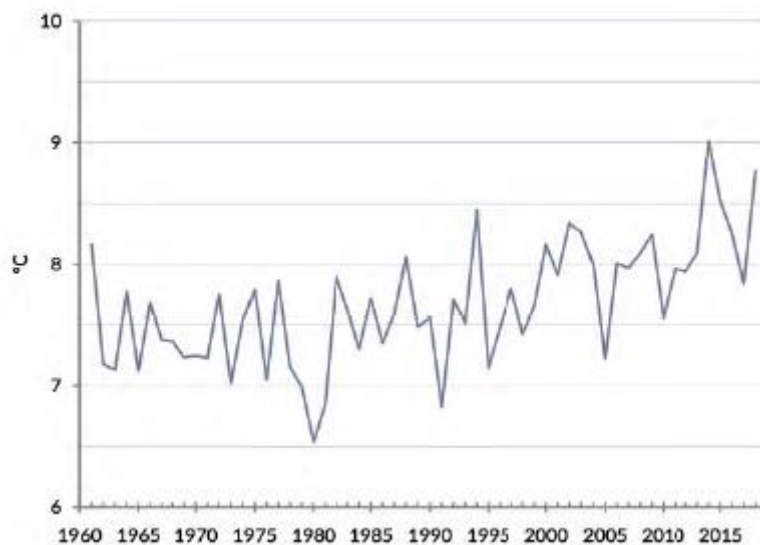


In questo grafico non sono evidenti dei trend di crescita così marcati come per la temperatura media e per la temperatura massima. Si nota come vi sia stato un incremento costante, sia per il periodo estivo che per la media annuale, fino all'inizio di questo secolo e poi, un rapido e costante abbassamento.

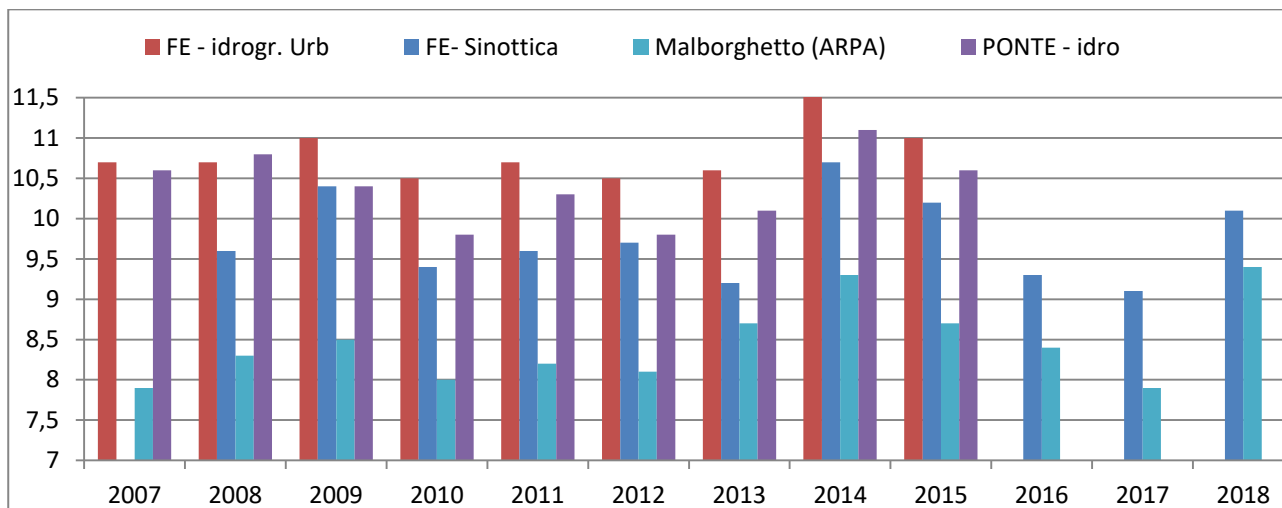
Rispetto ai profilo climatico 61-90 che identifica una TX di 8,7 °C, negli ultimi 10 anni i valori si attestano mediamente sui 9,5 °C con una variabilità da 8,7 °C a 10,2 °C.

Rispetto al profilo venticinquennale (1991-2015) che presenta un valore TX molto più alto, pari a 10,2 °C, (per via del fatto che nel decennio 1996-2006 la temperatura è sempre stata attorno ai 12°C), i dati degli ultimi tre anni sono in controtendenza (media di 9,2 °C).

Il trend regionale presenta una crescita più lineare rispetto a quello di Ferrara, anche se il tasso di crescita nel trentennio è simile, circa 1°C, e inferiore a quelli della temperatura media e massima.

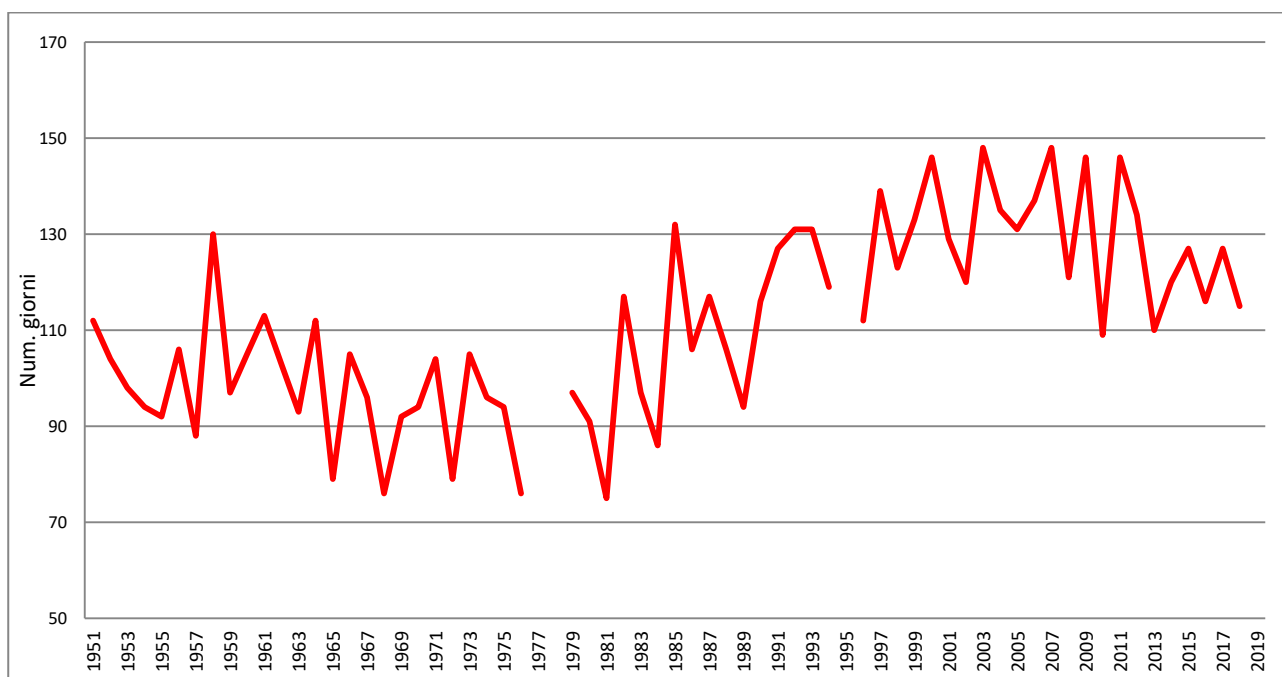


Per un'analisi comparata delle temperature minime registrate nelle stazioni del Comune, sono stati usati i dataset del portale web di ISPRA. La serie storica, seppur limitata, evidenzia differenze significative: le stazioni urbane (sia le 2 di Ferrara che quella di Pontelagoscuro) registrano temperature minime annue sempre superiori alle 2 extraurbane di Malborghetto, con differenze spesso di circa 2°C. La differenza tra la stazione sinottica di Ferrara e quella a Malborghetto di ARPA, è mediamente di 1,3°C nei dieci anni esaminati, con range compresi tra 0,5 e 1,9 °C.

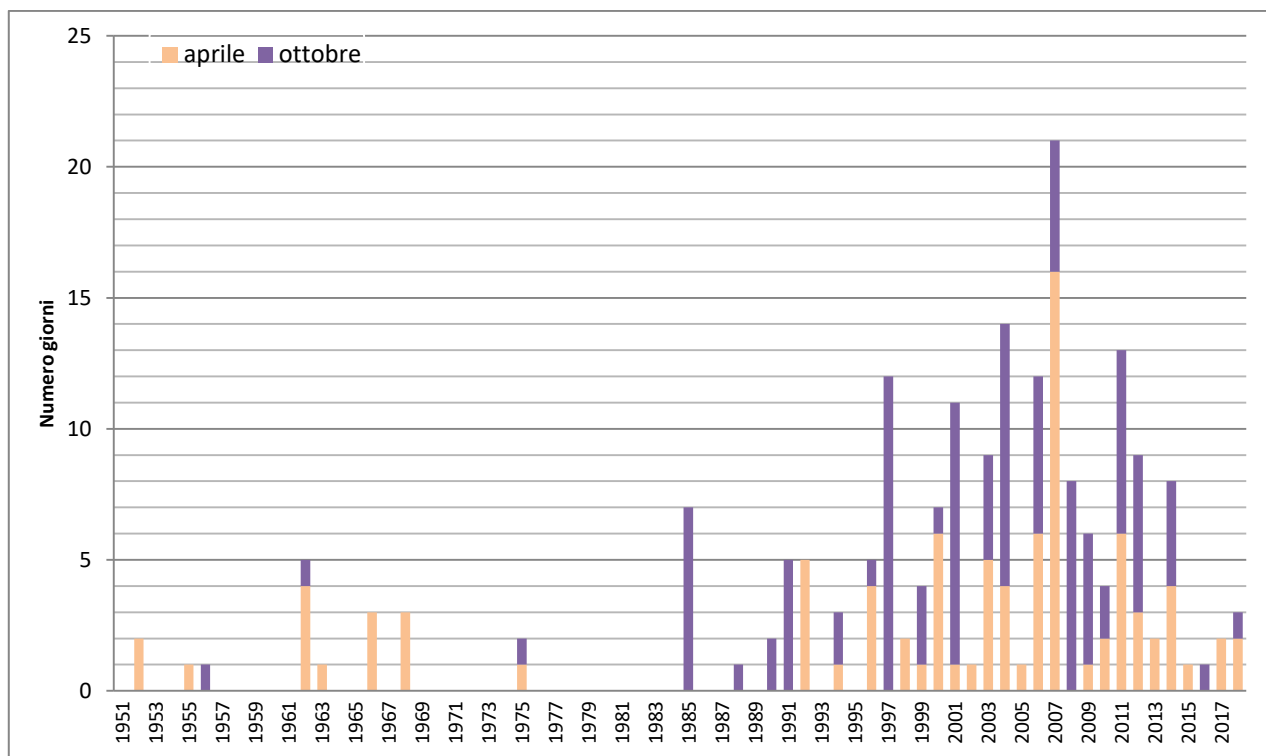


Giorni estivi

codice	Descrizione indice	Stazione	Periodo	Fonte dati
SU25	Numero di giorni nell'anno con temperatura massima >25°	Stazione di Ferrara (Palazzo Paradiso)	1951-2019	European climate Assessment&dataset (www.ecad.eu)



Dal grafico si nota un sensibile aumento di giorni all'anno in cui la temperatura massima è superiore a 25°C. Se si va confrontare il trentennio 61-90 con gli ultimi 20 anni, si nota che, l'aumento in % delle giornate *calde* è significativo (circa 20%) nei mesi centrali dell'anno (da maggio a settembre), ma risulta eccezionale nei mesi di aprile e ottobre, come espresso nel grafico sottostante:



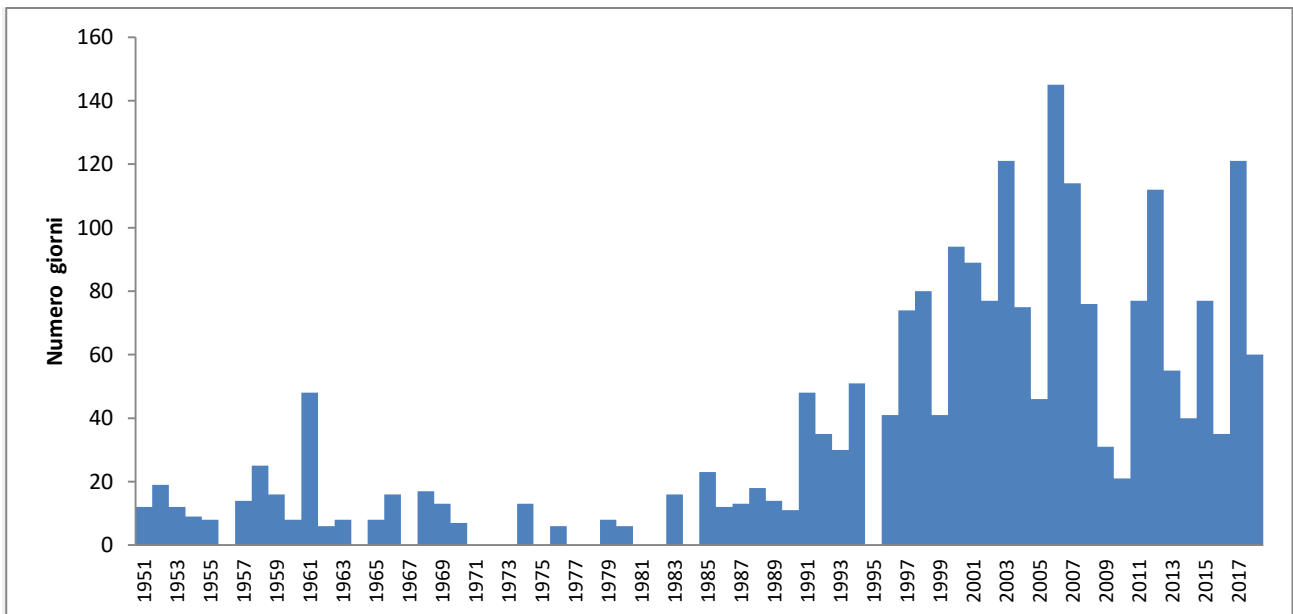
Nel trentennio 61-90, nei due mesi di aprile e ottobre complessivamente si è registrato mediamente 1 giorno con temperatura massima superiore a 25 °C, mentre dal 2000 fino al 2019, se ne sono registrati 7 all'anno.

Questo dato conferma la teoria che asserisce che uno degli effetti del surriscaldamento globale sia l'aumento della frequenza di caldo anomalo.

Ondate di calore

codice	Descrizione indice	Stazione	Periodo	Fonte dati
WSDI	Numero di giorni nell'anno in cui la temperatura massima è superiore al 90° percentile del periodo climatologico di riferimento per almeno 6 giorni consecutivi	Stazione di Ferrara (Palazzo Paradiso)	1951-2019	European climate Assessment&dataset (www.ecad.eu)

Questo indice, individua le anomalie di temperatura massima media giornaliera che abbiano una durata di almeno 6 giorni consecutivi, rispetto al profilo climatico di riferimento, ovvero alla temperatura che si attende in quella stazione meteorologica (come già detto il profilo climatico di riferimento è il trentennio 1961-1990); semplificando l'indice individua le *ondate di calore anomalo*.



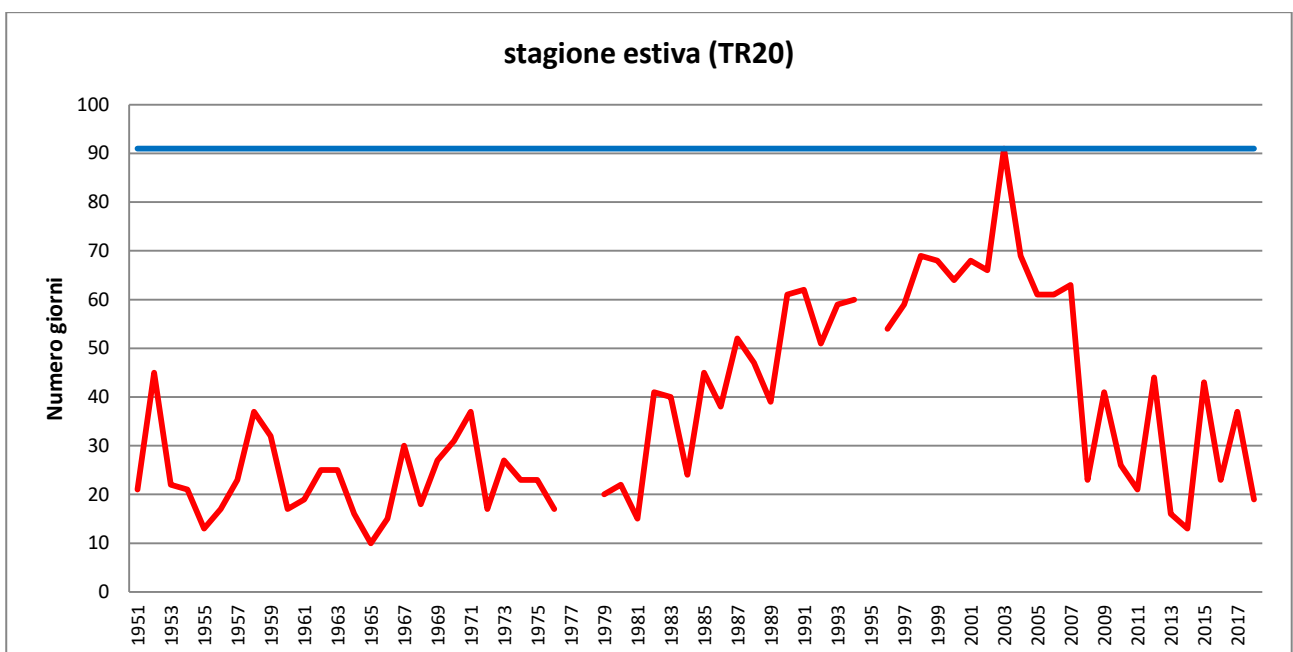
Questo grafico indica chiaramente che per gli ultimi anni il profilo climatologico definito per Ferrara non è più adeguato a descrivere, dal punto di vista della temperatura, la situazione della città.

Dal 2000 in poi, in ben 8 anni, per un quarto dei giorni dell'anno si sono registrate anomalie di temperatura rispetto al profilo climatico di riferimento: In altre parole, in questi anni, in 1 giorno su 4 la temperatura era superiore a quella attesa.

Notti tropicali

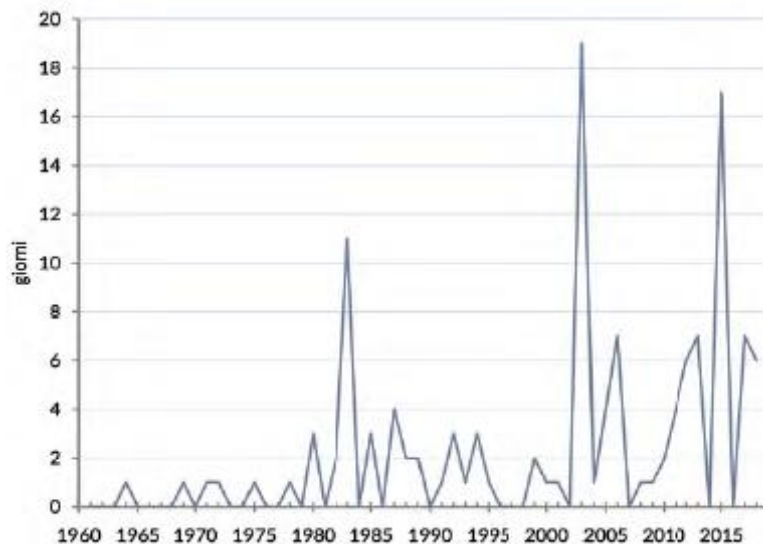
codice	Descrizione indice	Stazione	Periodo	Fonte dati
<i>TR20</i>	Numero di giorni nell'anno con temperatura minima >20° C	Stazione di Ferrara (Palazzo Paradiso)	1951-2019	European climate Assessment&dataset (www.ecad.eu)

In questo grafico viene presentato solo il dato relativo alla stagione estiva.



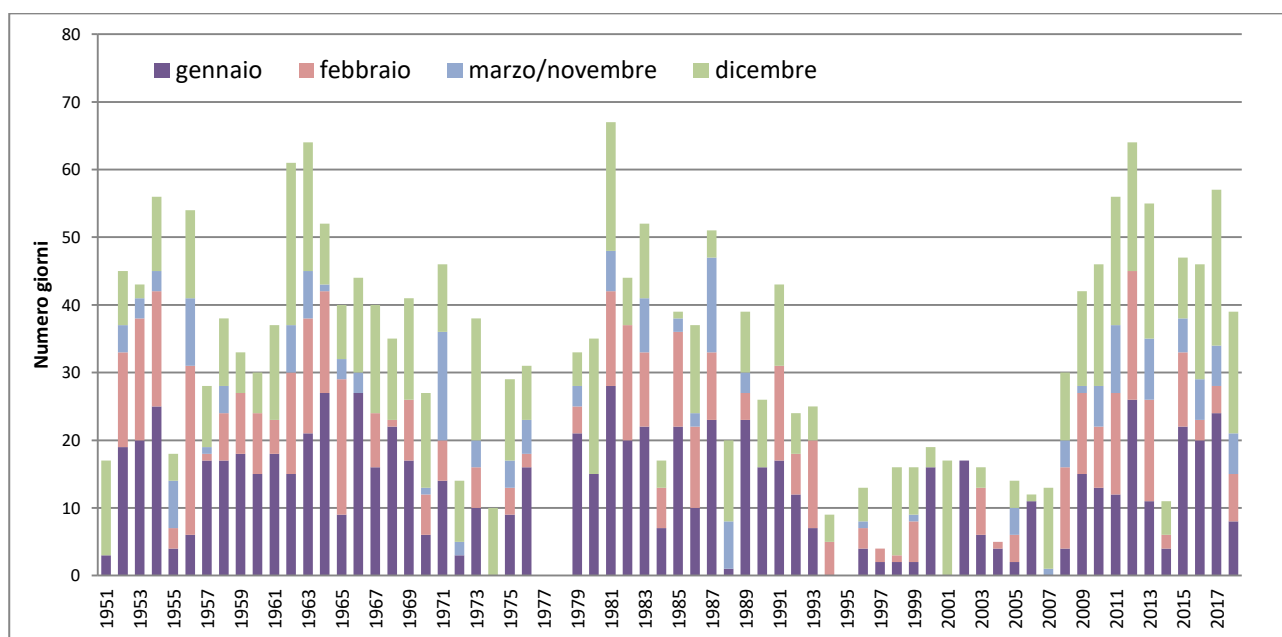
Il grafico evidenzia un incremento considerevole di questo indice nelle due decadi a cavallo del secolo; caso limite, l'anno 2003 dove in tutte le 91 notti estive si sono superati i 20°C. Negli ultimi 10 anni, il numero di notti tropicali è stata mediamente simile (circa 28) al trentennio di riferimento 61-90.

A livello regionale, il numero di giorni tropicali è molto più basso rispetto al territorio ferrarese, per la presenza dell'Appennino tosco-emiliano, e si attesta raramente sopra le 5 notti all'anno, 6 nel 2018. Il grafico sottostante illustra il trend storico.



Giorni con gelo

Codice	Descrizione indice	Stazione	Periodo	Fonte dati
FD0	Numero di giorni con temperatura minima <°C	Stazione di Ferrara (Palazzo Paradiso)	1951-2019	European climate Assessment&dataset (www.ecad.eu)

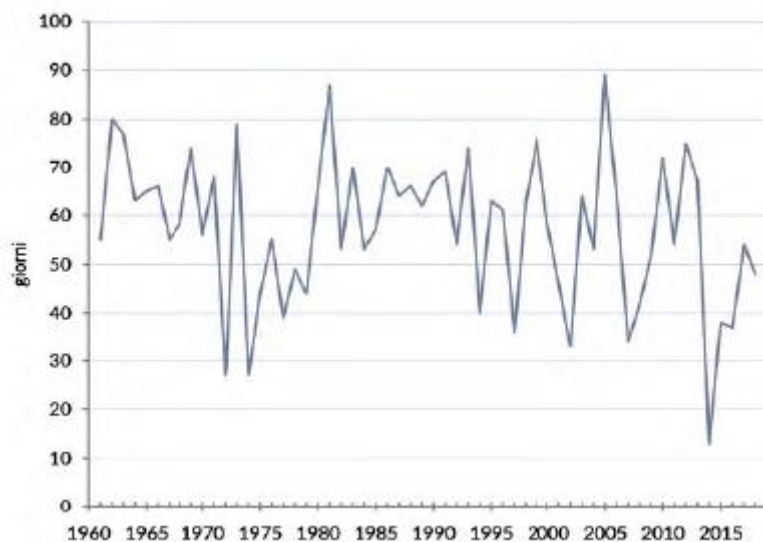


* dati non disponibili per gli anni 1977,1978 e 1995

Come per l'indice *notti tropicali* anche per questo indice si registrano per il ventennio 1990-2010 dei dati in controtendenza rispetto alla serie storica complessiva; il numero di giorni di gelo in questo ventennio si mantiene costantemente al di sotto di 20, mentre nel periodo precedente e seguente salvo rarissime eccezioni si hanno valori molto più alti, con picchi anche oltre i 50 giorni

Il profilo della macroregione individuato nel PNACC, che risulta condizionato dal decennio 91-00, indica un range compreso tra i 16 e i 24 *giorni con gelo* annui, molto inferiore a quanto registrato negli ultimi 10 anni (media oltre i 40 giorni con gelo annui).

A livello regionale, sul lungo periodo si registra una tendenza alla diminuzione dell'indice.



SINTESI DEI DATI

Dall'analisi dei dati storici per gli indici collegati con la TEMPERATURA si possono trarre sinteticamente le seguenti conclusioni:

- per quanto concerne questo indicatore, il profilo climatico locale di riferimento (61-90) non sembra più adeguato a "raccontare" lo stato del clima a Ferrara degli ultimi anni;
- la temperatura media registra una costante crescita; negli ultimi anni è di circa 2° sopra il profilo climatico;
- i trend storici evidenziano un aumento marcato soprattutto dei massimi di temperatura e degli indici ad esso collegati (temperatura massima assoluta, giorni caldi e ondate di calore);
- per quanto riguarda i minimi di temperatura il trend storico presenta un'anomalia evidente nel ventennio 1991-2010, mentre negli ultimi 10 anni i dati sono in linea con quelli dei periodi precedenti.

PRECIPITAZIONI

Per le precipitazioni sono stati analizzati gli indicatori principali per la determinazione del profilo climatico:

- precipitazione cumulata
- numero di giorni molto piovosi (R20)

Per quanto riguarda gli indici estremi, quelli selezionati sono:

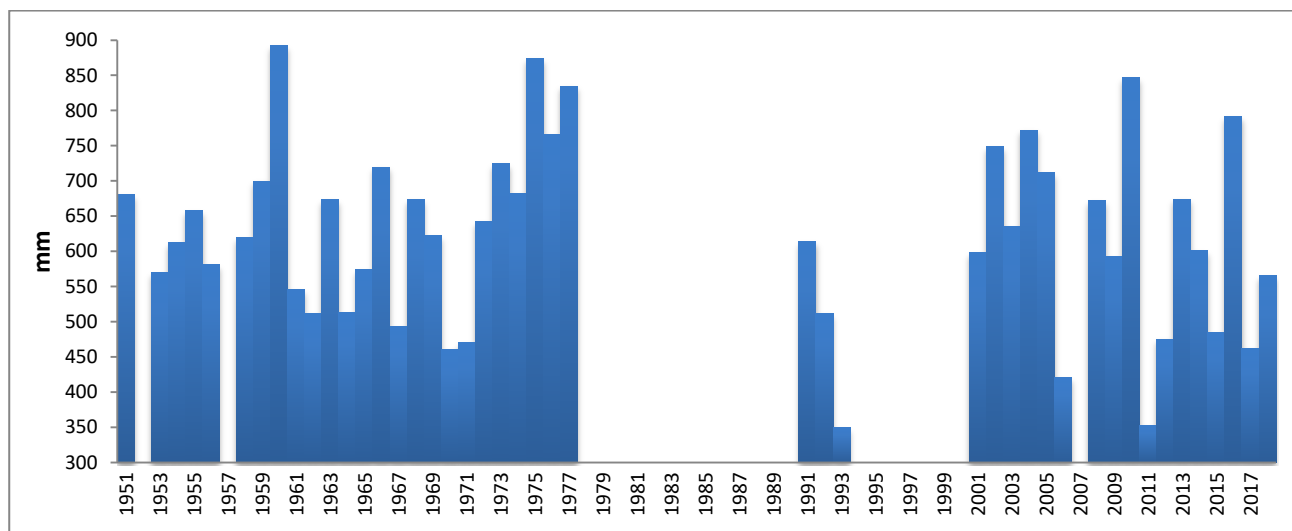
- precipitazione nei giorni molto piovosi
- massimo di precipitazione 1 ora
- massimo di precipitazione 1 giorno
- giorni consecutivi senza pioggia

Precipitazioni cumulate

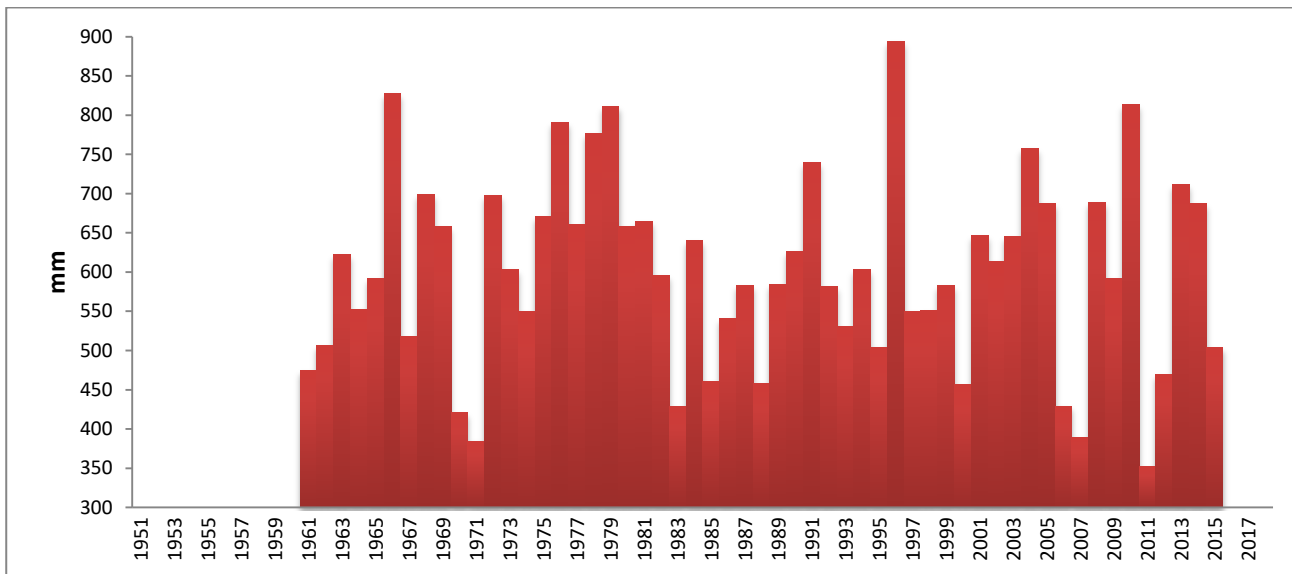
codici	Descrizione indice	Stazione	Periodo	Fonte dati
<i>Pyear</i>	Somma, espressa in millimetri, delle rilevazioni di pioggia caduta (o dell'equivalente delle neve caduta, nel corso di un anno	Stazione di Ferrara (Sinottica) Stazione di Malborghetto Idrografica	1951-2018	ISPRA- sistema nazionale per la raccolta, elaborazione e diffusione di dati climatici

Nei grafici seguenti vengono rappresentate le serie storiche per le tre stazioni di riferimento per le quali si ha un numero significativo di dati.

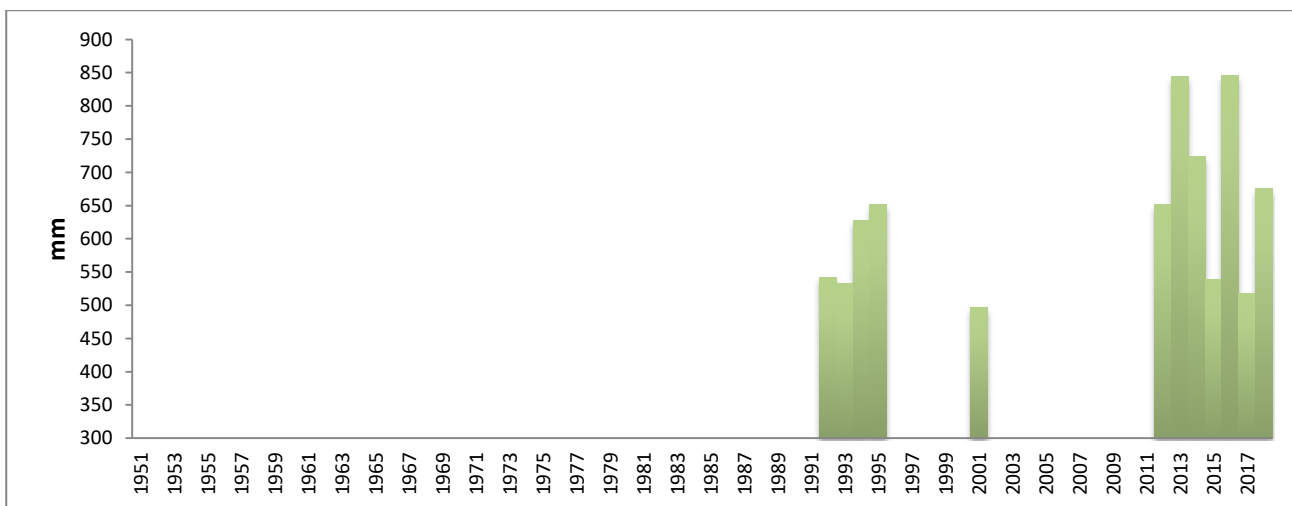
Stazione di Ferrara - Sinottica



Ferrara – Idrografica urbana



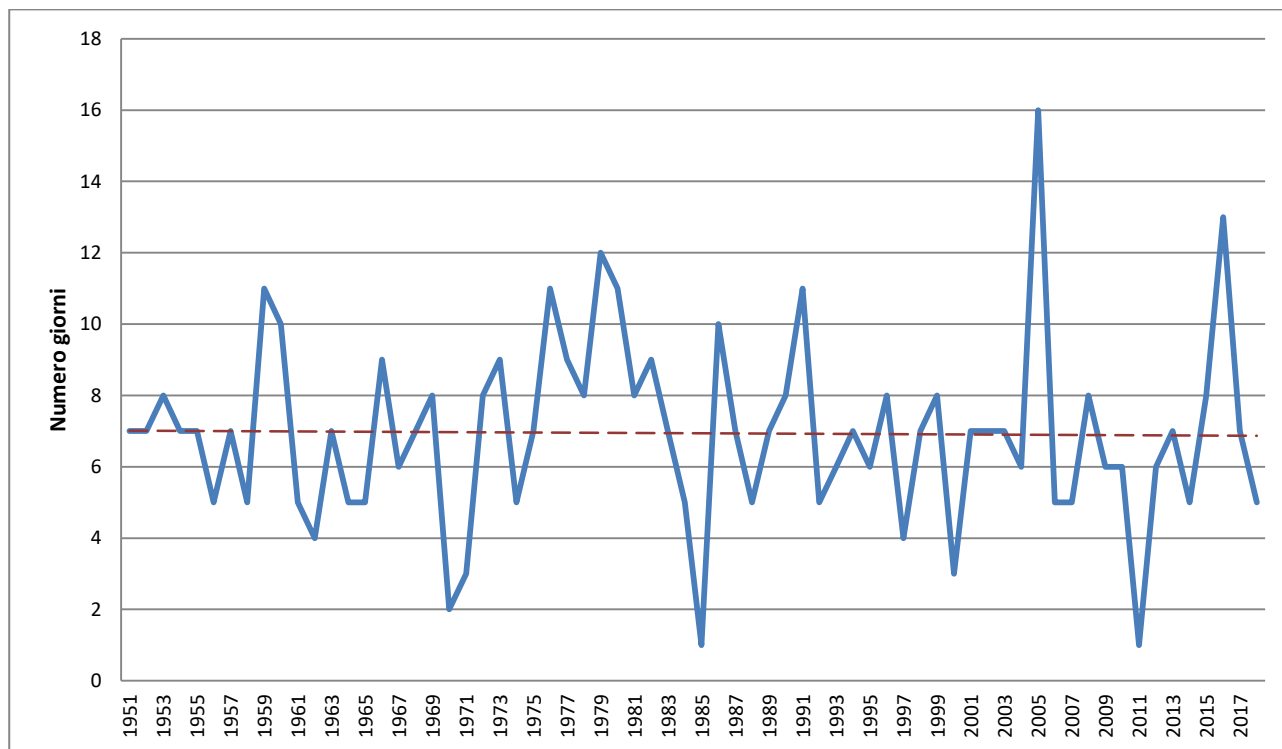
Malborghetto di Boara



Per i tre pluviometri, seppur in mancanza di alcuni rilevamenti, le precipitazioni medie cumulate annue dal 2001 si attestano tra le 600 e i 650 mm , valori che sono in linea con il trentennio di riferimento (628mm) e con il periodo 1991-2015 (645 mm). Se si limita l'analisi agli ultimi 5 anni, i dati registrati dalle 2 stazioni risultano discordanti: per la stazione urbana di Ferrara la media degli ultimi 5 anni è di 581mm, mentre per quella di Malborghetto di Boara è di 660 mm.

Giorni molto piovosi

codice	Descrizione indice	Stazione	Periodo	Fonte dati
R20	Numero di giorni con precipitazione superiori a 20 mm	Stazione di Ferrara (Palazzo Paradiso)	1951-2018	European climate Assessment&dataset (www.ecad.eu)



La linea di tendenza evidenzia un leggero decremento per la serie storica a partire dal 1951; se si vanno ad analizzare solo gli ultimi 60 anni si vede che il trend risulta invece stabile.

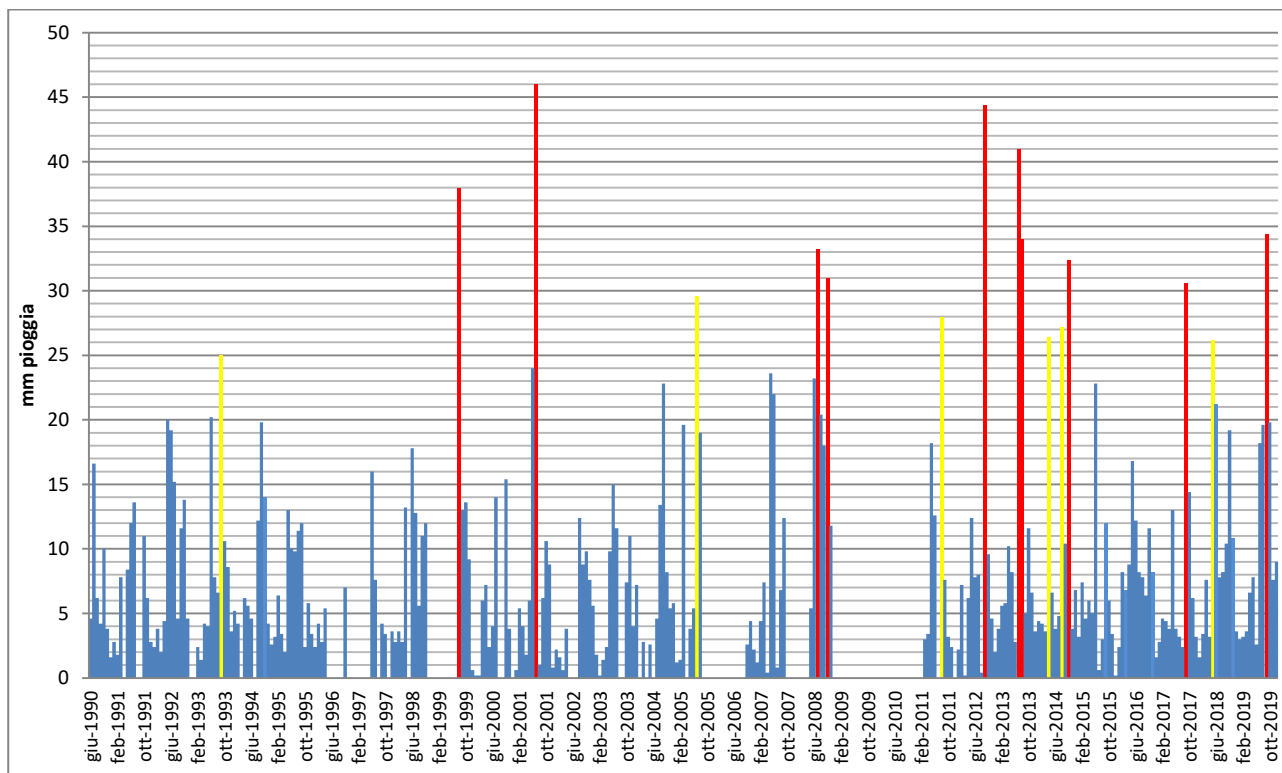
Negli 10 ultimi anni i giorni con precipitazioni intense (media 6,7) sono in linea con il profilo meteorologico definito nel trentennio di riferimento (6,1); rispetto al profilo definito nella macroregione del PNACC, che indica un valore compreso tra 3 e 5 giorni, il dato risulta invece leggermente superiore.

Massimo di precipitazione 1 ora

codice	Descrizione indice	Stazione	Periodo	Fonte dati
Rx1hour	Valore massimo di precipitazione di 1 ora	Malborghetto di Boara	1990-2019	ISPRA- sistema nazionale per la raccolta, elaborazione e diffusione di dati climatici ARPAe- portale dexter

Questo indice è utile per rilevare gli eventi estremi di pioggia, che possono creare situazioni di criticità idraulica (allagamenti); in meteorologia si definisce *nubifragio* (comunemente detto "bomba d'acqua") una precipitazione intensa e di breve durata durante la quale il tasso di pioggia caduta è almeno pari a 30 mm/ora.

Nel grafico sono evidenziati in rosso i massimi di pioggia oraria che superano i 30 mm/ora e in giallo quelli superiori a 25 mm/ora.



A differenza di quanto visto per le *precipitazioni cumulate* annue e per i *giorni di piovosità intensa* il grafico evidenzia in modo chiaro come negli ultimi anni sia è registrato un aumento degli eventi di pioggia intensa.

Nel decennio 90-99 (non disponibili dati per parte del 1996 e 1997) si è registrato un solo evento superiore a 30 mm/h e 1 superiore a 25 mm/ora, mentre per il decennio 2000-2009 (non disponibili dati per il 2005 e 2009) si sono registrati 3 nubifragi e 1 evento meteorologico superiore a 25 mm/ora; negli ultimi 9 anni (non sono disponibili dati per il 2010) si sono registrati 6 nubifragi e altri 4 eventi di pioggia sopra i 25 mm.

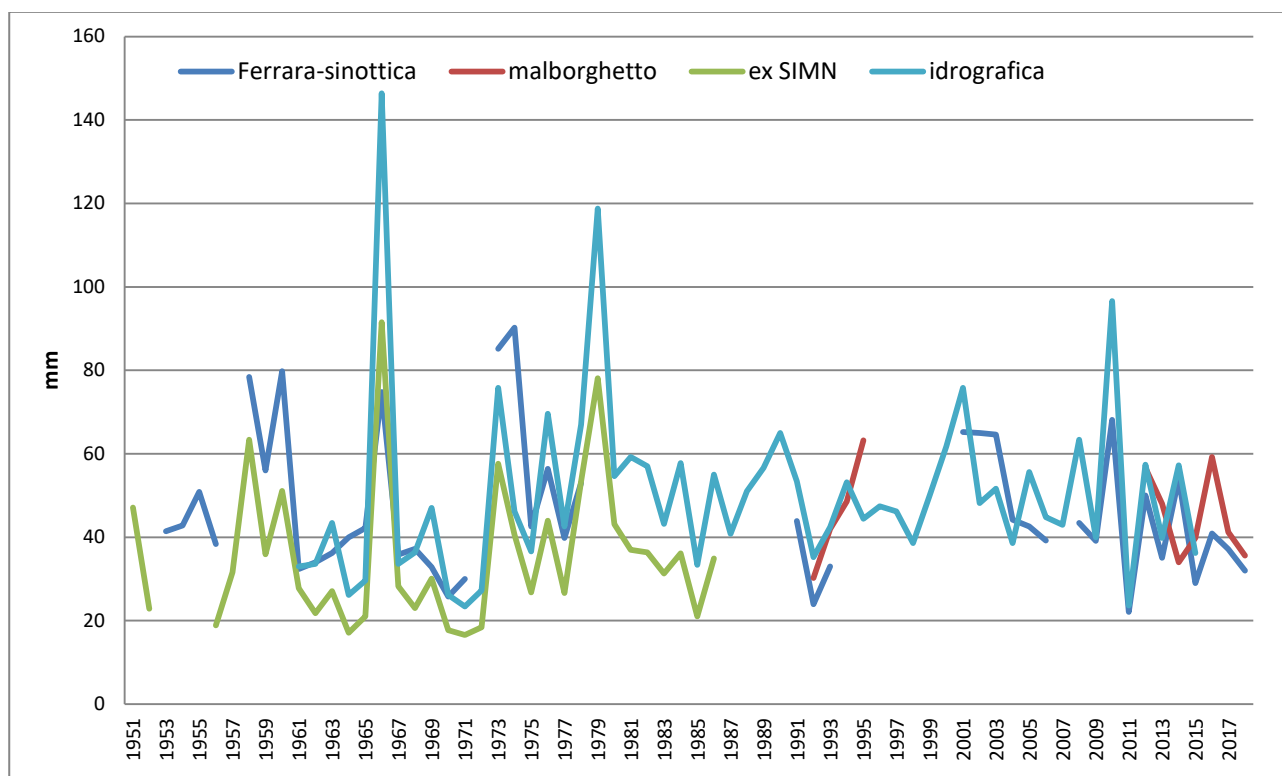
	oltre 30 mm /ora	oltre 25 mm /ora	TOT
90/99	1	1	2
00/09	3	1	4
10/19	6	4	10

Va evidenziato che per questo tipo di fenomeni, in genere molto localizzati, una sola stazione di rilevamento non risulta rappresentativa dell'intero territorio. Estendendo l'analisi all'intero territorio comunale, nel 2019 si sono verificati ben 3 nubifragi (13 luglio, 2 agosto e 6 settembre) che hanno comportato numerosi danni: sradicamento di alberi e caduta di rami, allagamento di strade e danni all'agricoltura.

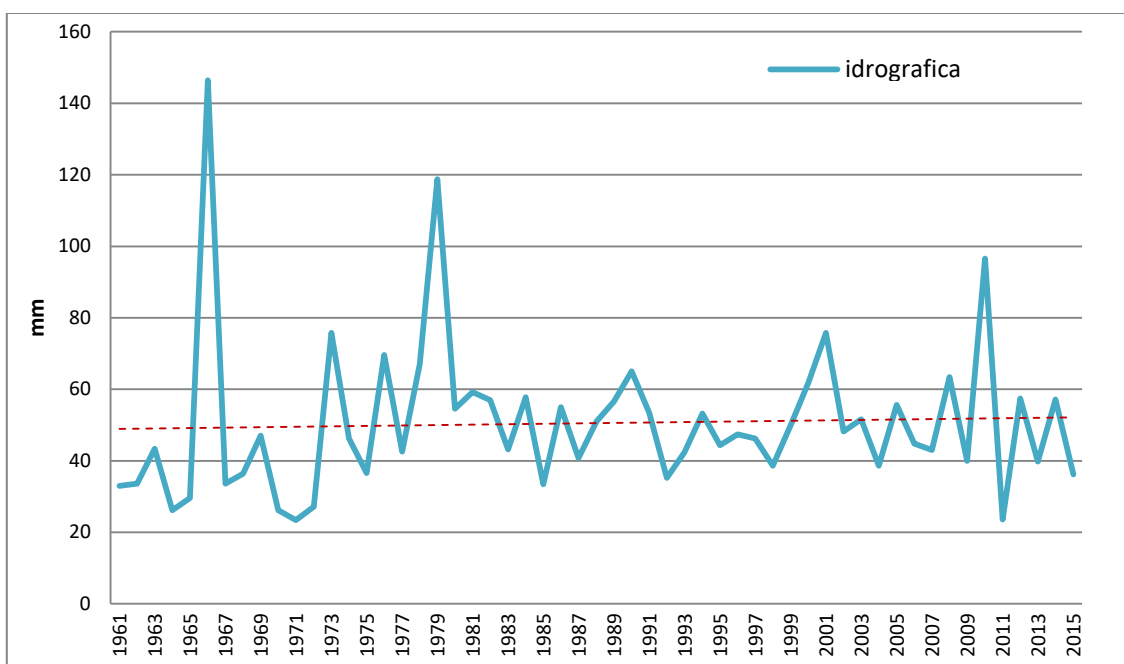
Massimo di precipitazione 1 giorno

codice	Descrizione indice	Stazione	Periodo	Fonte dati
Rx1day	Valore massimo di precipitazione in un 1 giorno	Ferrara sinottica Ferrara - Idrografica Ex - SIMN Malborghetto di Boara	1990-2019	ISPRA- sistema nazionale per la raccolta, elaborazione e diffusione di dati climatici

Nel grafico vengono presentati tutti i dati disponibili per questo indice nelle stazioni di monitoraggio di Ferrara.



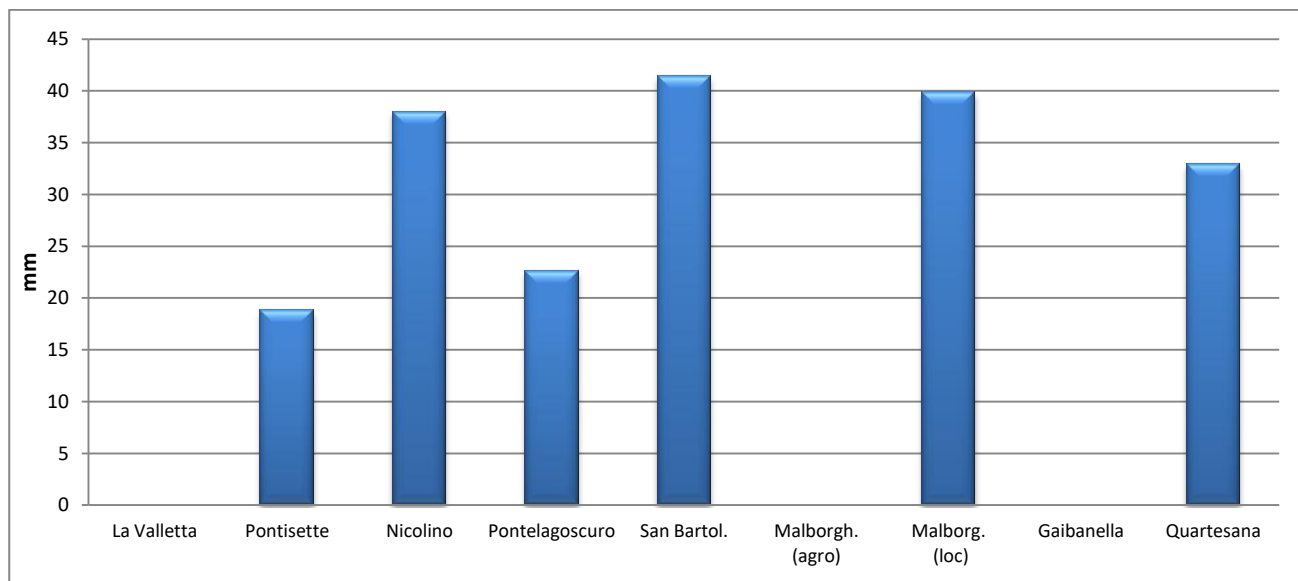
Qui sotto viene estrapolata solo la stazione *idrografica* contenente un set di dati più completo.



Per questa stazione si evidenzia una linea di tendenza in leggero aumento: per le altre 3 stazioni, data la incompletezza dei dati non è possibile identificare un trend.

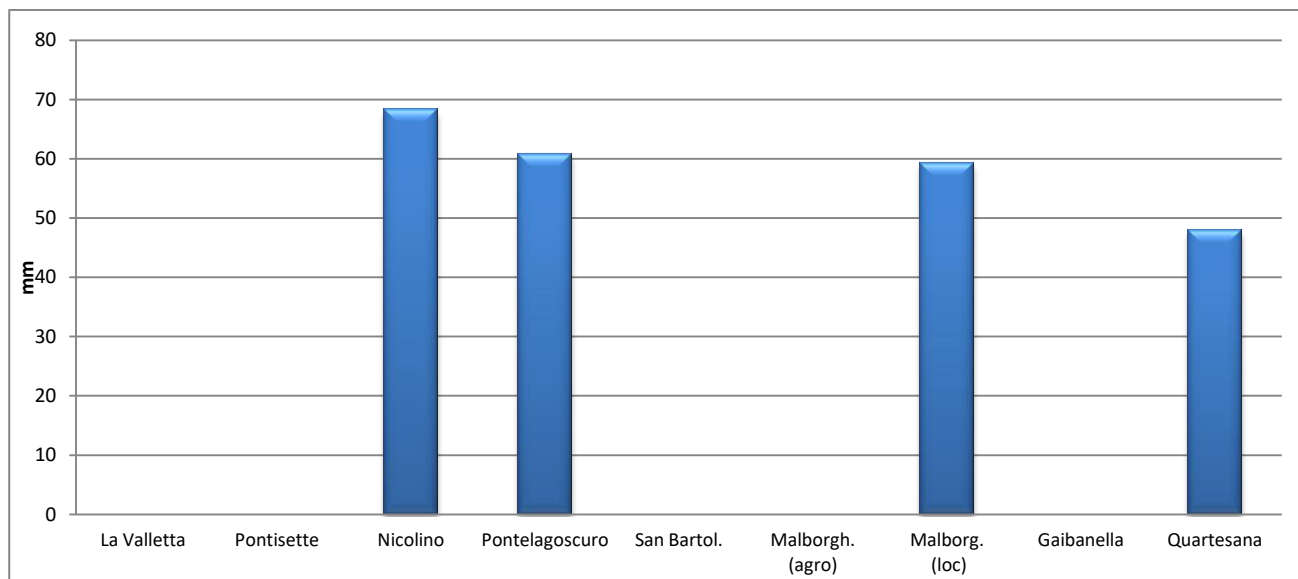
Data la vasta estensione del Comune di Ferrara e la presenza di un buon numero di pluviometri monitorati da ARPA si è fatta un'analisi comparata tra i giorni più piovosi degli ultimi 5 anni della stazione di Malborghetto di Boara con i dati registrati negli altri pluviometri del Comune, al fine di verificare la variabilità spaziale in situazioni di forti precipitazioni.

06/02/2015



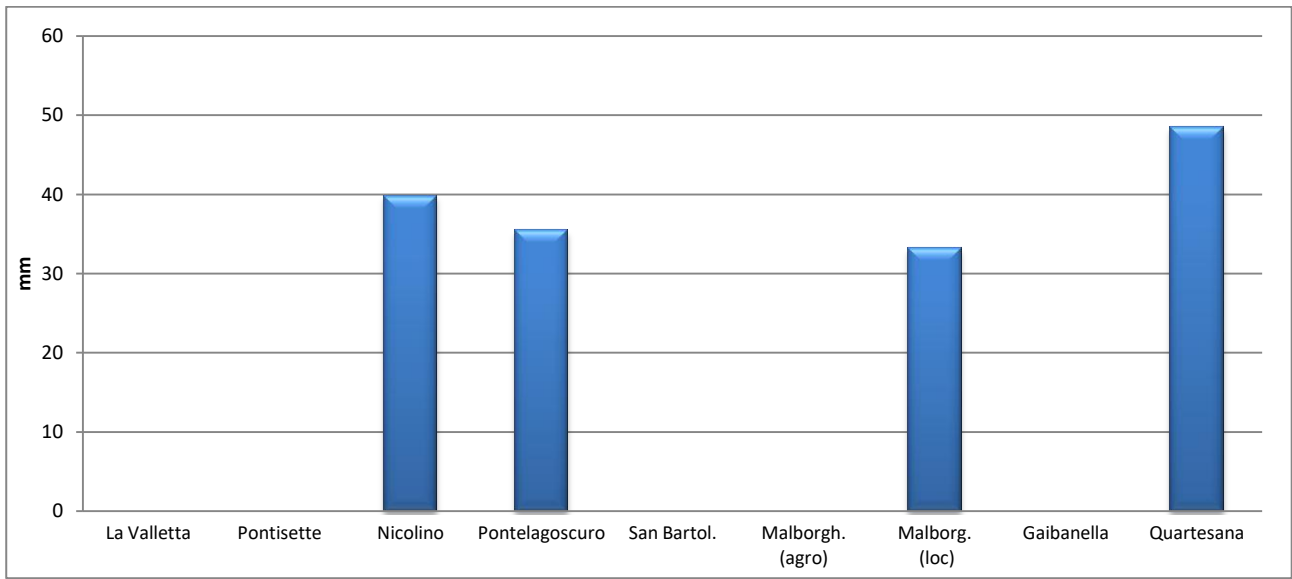
dati non disponibili per stazioni di: La Valletta, Malborghetto (agro), Gaibanella

15/10/2016



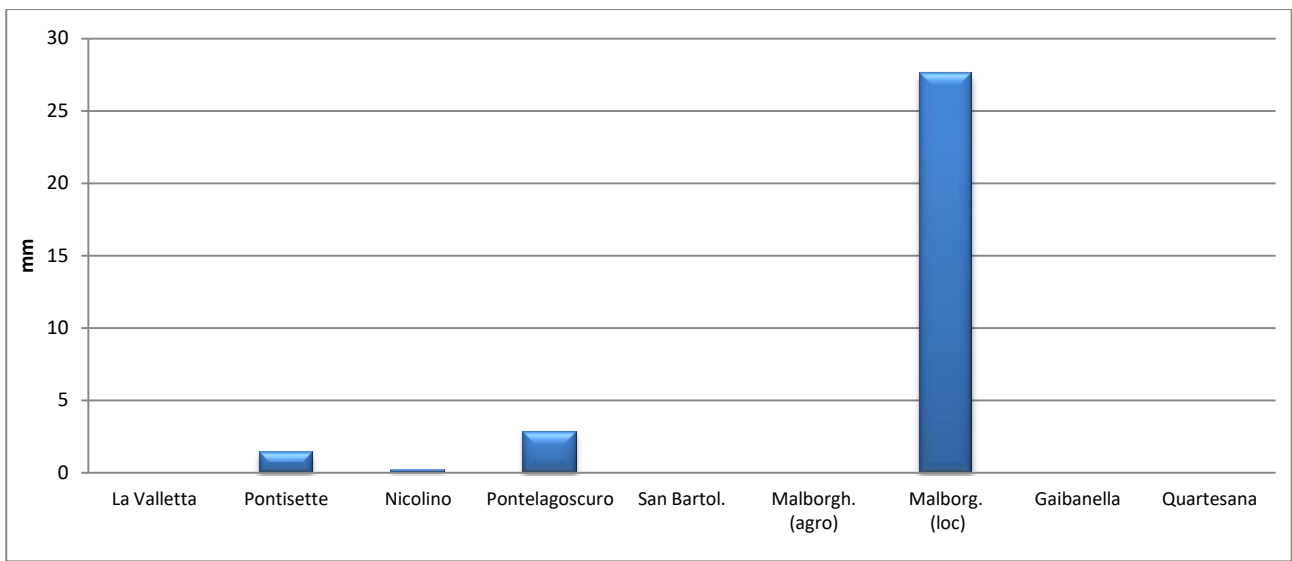
dati non disponibili per stazioni di: La Valletta, Pontisette, San Bartolomeo, Malborghetto (agro), Gaibanella

08/09/2017



dati non disponibili per stazioni di: La Valletta, Pontisette, San Bartolomeo, Malborghetto (agro), Gaibanella

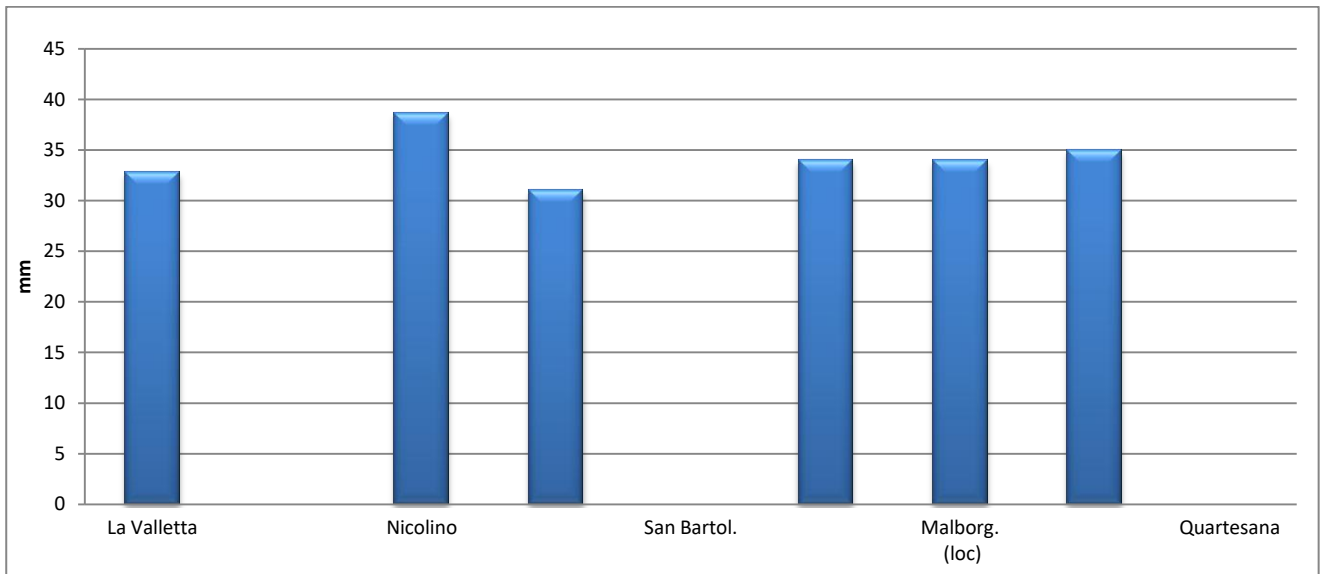
10/05/2018*



dati non disponibili per stazioni di: La Valletta, San Bartolomeo, Malborghetto (agro), Gaibanella, Quartesana

* il giorno di massima precipitazione a Malborghetto è stato il 07/10/2018 (35,6 mm) ma in quella data era attivo solo un altro idrometro, per cui il confronto risulta poco significativo

23/12/2019

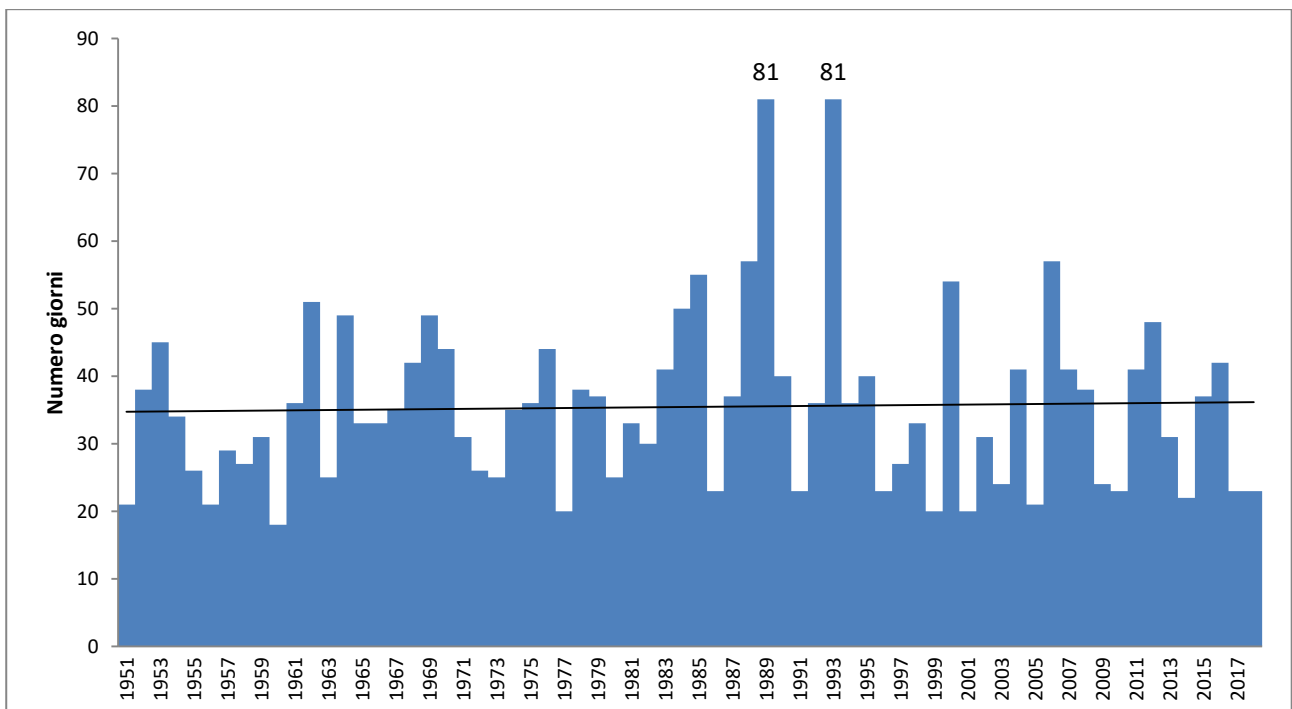


dati non disponibili per stazioni di: Pontisette, San Bartolomeo, Quartesana

Giorni consecutivi senza pioggia

codice	Descrizione indice	Stazione	Periodo	Fonte dati
CDD	Numero massimo di giorni consecutivi in cui la precipitazione giornaliera è < 1 mm (<i>dry days</i>)	Stazione di Ferrara (Palazzo Paradiso)	1951-2018	European climate Assessment&dataset (www.ecad.eu)

Questo indice evidenzia la durata massima dei periodi siccitosi.



Analizzando il trend storico dal 1879, si ha una linea di tendenza in leggera crescita, mentre se si limita agli ultimi 60 anni la tendenza è sostanzialmente costante.

Per la macroregione definita nel PNACC il numero di giorni senza pioggia consecutivi è di 32-48; analizzando i dati dal 2001 si vede che la media del periodo più lungo è di 32,6 giorni per cui all'interno del range definito.

SINTESI DEI DATI

Per quanto riguarda l'indicatore PRECIPITAZIONI, le serie storiche evidenziano una situazione abbastanza costante per quanto riguarda le precipitazioni medie annuali; appare, invece, seppur non evidente come nel caso dell'indicatore *Temperatura* un aumento dei fenomeni estremi.

Trovano conferma anche a livello locale, le pubblicazioni scientifiche che affermano che il clima nella zona mediterranea tende verso una situazione nella quale a fronte di precipitazioni annue sostanzialmente invariate, aumentano gli eventi di precipitazione molto intensa e i periodi siccitosi.

VENTO

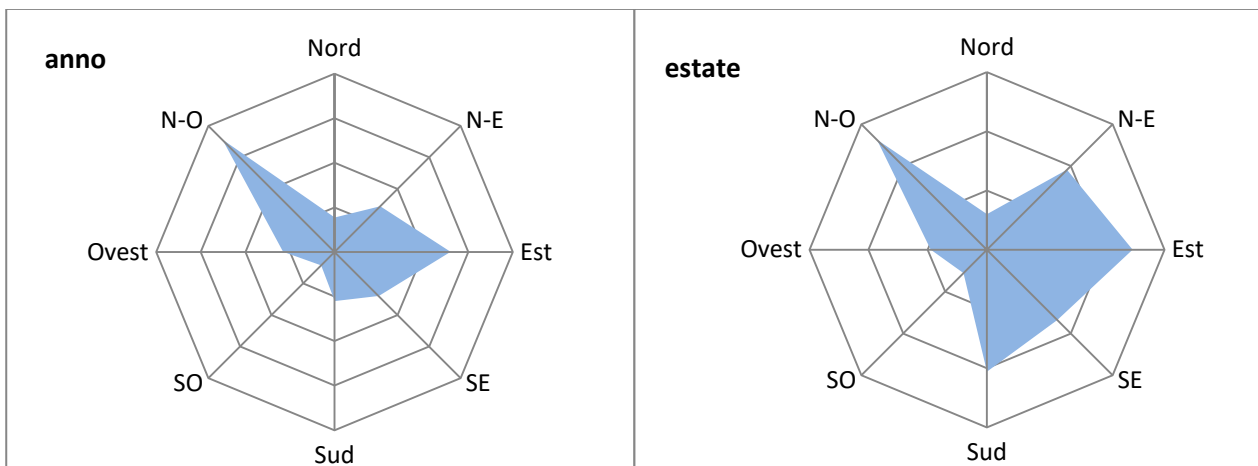
Per completare l'analisi dei dati meteorologici sono stati inseriti indici relativi al vento; indicazioni relative alla direzione e intensità del vento sono utili per poter progettare l'ambiente urbano e in particolare prevedere *nature based solutions* che tengano conto dei venti prevalenti.

Direzione del vento

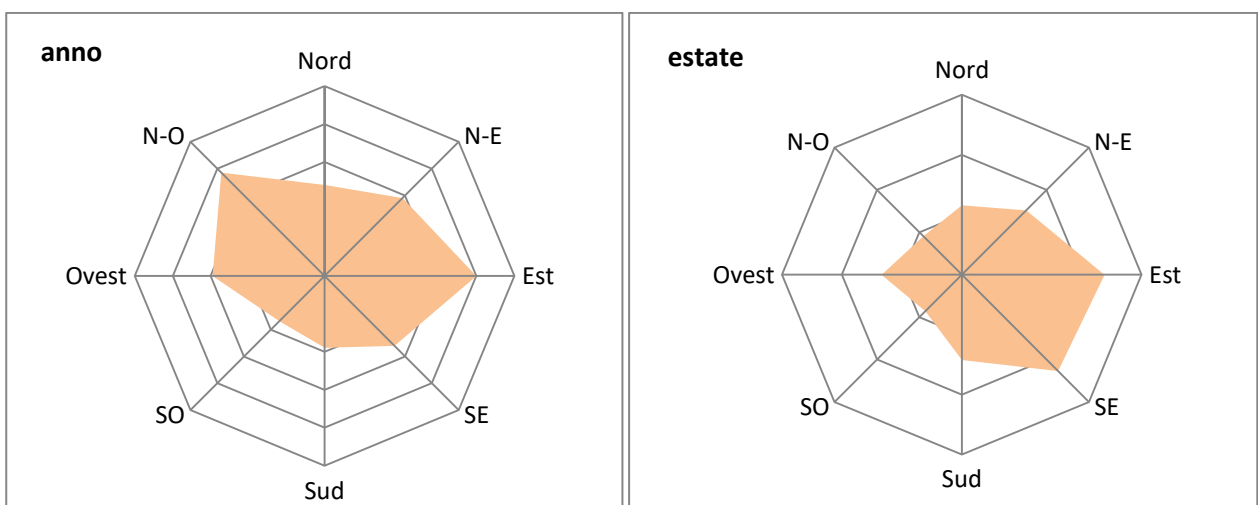
codice	Descrizione indice	Stazione	Periodo	Fonte dati
1	Direzione prevalente giornaliera del vento a 10 metri dal suolo	Stazione di Ferrara (sinottica) Malborghetto di Boara (ARPAE)	2007-2019	ARPAe- portale dexter

Oltre alle medie annuali vengono riportate anche le direzioni prevalenti dei venti della stagione estiva per le due stazioni del Comune.

Stazione di Ferrara



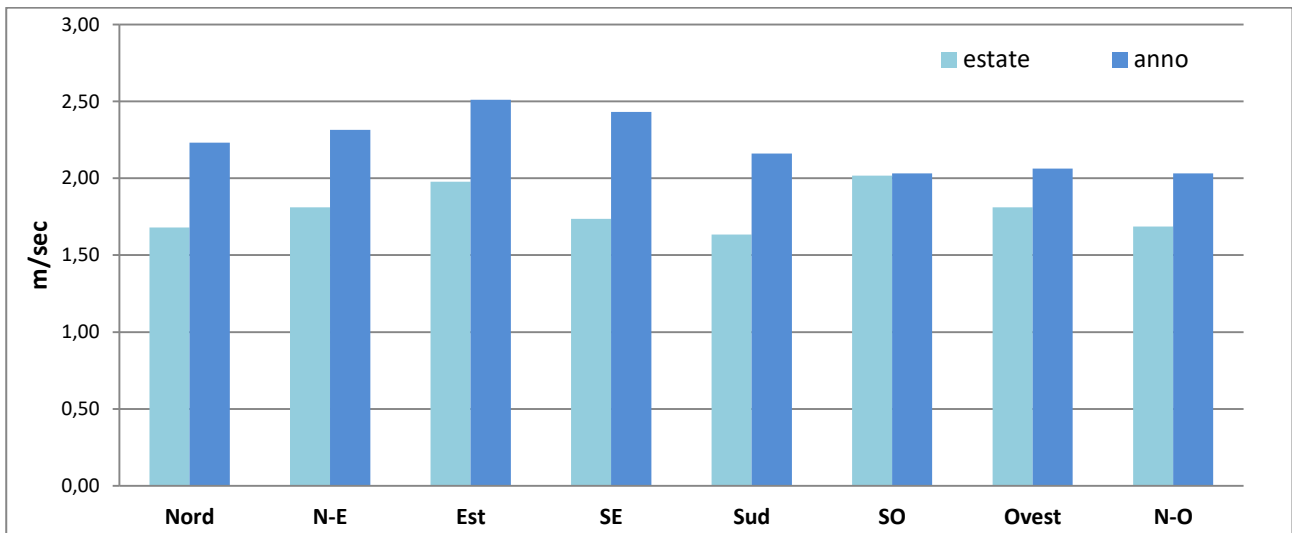
Stazione di Malborghetto



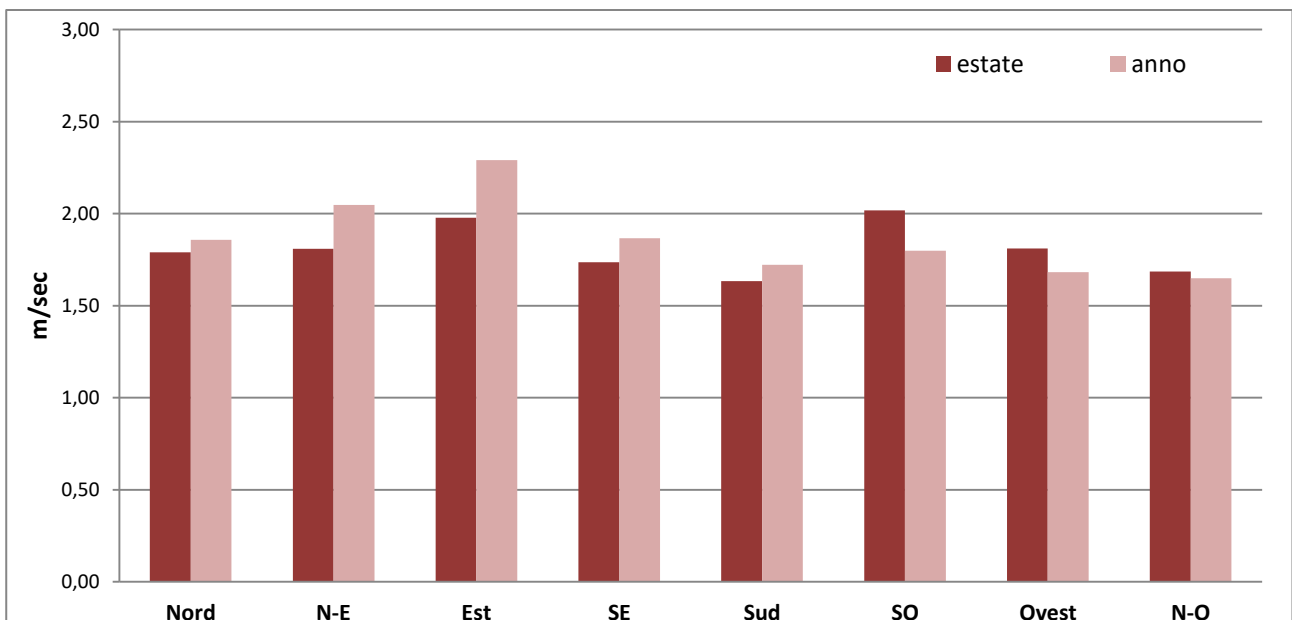
Intensità del vento

codice	Descrizione indice	Stazione	Periodo	Fonte dati
1	Intensità media giornaliera del vento (m/sec) a 10 m dal suolo	2 -Stazione di Ferrara (sinottica) 1 - Malborghetto di Boara	2008-2019	ARPAe- portale dexter

Stazione di Ferrara



Stazione di Malborghetto



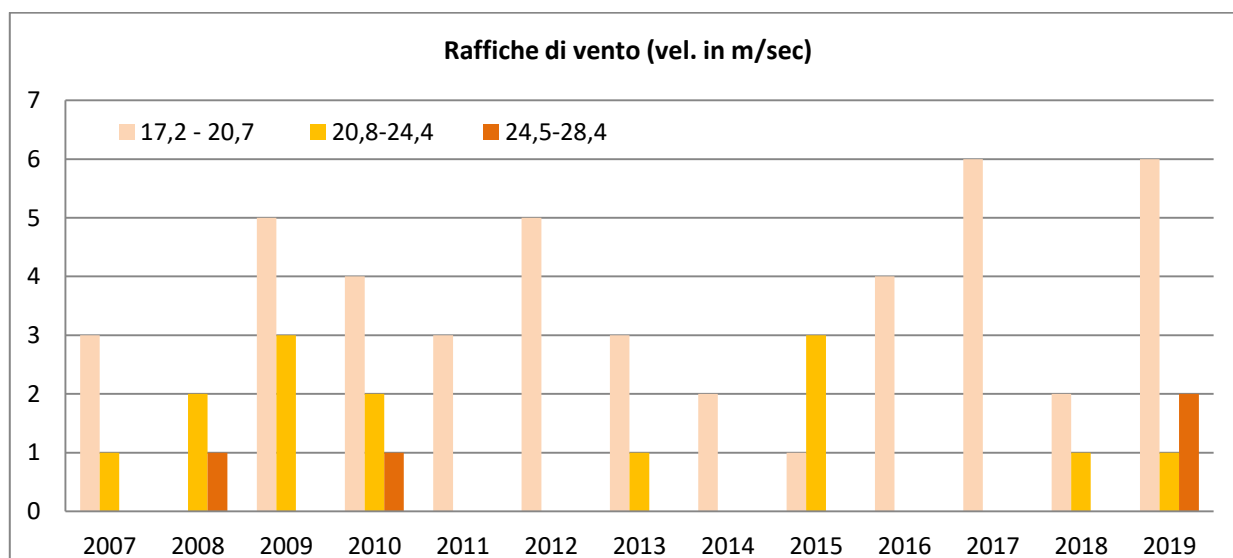
Raffiche di vento

codice	Descrizione indice	Stazione	Periodo	Fonte dati
1	Massimo valore giornaliero di raffica del vento a 10 m dal suolo (m/s)	Malborghetto di Boara	2007-2019	Arpae- dexter

Questo indice individua le situazioni di forte vento, anche discontinuo, che possono creare situazioni di pericolo, danni e disagi alla popolazione.

A partire dai dati raccolti dalle banche dati ARPAE sono state estrapolate tutte le registrazioni di raffiche di vento registrate nel periodo di riferimento. Complessivamente dal 2007 al 2019 si sono registrate 62 eventi con raffiche di vento superiori a 17,1 m/sec*⁸.

Nel 2019 si sono verificati ben 2 casi (il 13 luglio e il 2 agosto) situazioni con raffiche di vento superiore a 24,5 m/sec, che hanno comportato numerosi danni, sradicamento di alberi e problemi alla circolazione nella rete stradale in tutto il territorio provinciale.



⁸ Sono stati utilizzati, a scopo indicativo e per un semplice confronto per definire un ordine di grandezza dei possibili danni causati dalle raffiche di vento, i range di valori della **scala Beaufort**. La scala Beaufort è una misura empirica della forza del vento, basata sull'osservazione degli effetti del vento sul mare, successivamente estesa all'entroterra. Un grado Beaufort corrisponde alla velocità media di un vento di dieci minuti di durata.

Valore	Termine descrittivo	Velocità del vento	Effetti sulla terra
0	Calma	0	Calma; il fumo sale verticalmente.
1	Bava di vento	0,3 ÷ 1,5	La direzione del vento è segnalata dal movimento del fumo, ma non dalle maniche a vento
2	Brezza leggera	1,6 ÷ 3,4	Si sente il vento sulla pelle nuda. Le foglie frusciano.
3	Brezza tesa	3,4 ÷ 5,4	Foglie e rami più piccoli in movimento costante.
4	Vento moderato	5,5 ÷ 7,9	Si sollevano polvere e pezzi di carta; si muovono i rami piccoli degli alberi
5	Vento teso	8,0 ÷ 10,7	Oscillano gli arbusti con foglie. Si formano piccole onde nelle acque interne.
6	Vento fresco	10,8 ÷ 13,8	Movimento di grossi rami. Difficoltà ad usare l'ombrello. Le linee del telegrafo fischiano.
7	Vento forte	13,9 ÷ 17,1	Interi alberi agitati. Difficoltà a camminare contro vento.
8	Burrasca	17,2 ÷ 20,7	Ramoscelli strappati dagli alberi. Generalmente è impossibile camminare contro vento.
9	Burrasca forte	20,8 ÷ 24,4	Possono verificarsi leggeri danni strutturali agli edifici (caduta di tegole o di coperchi dei camini).
10	Tempesta	24,5 ÷ 28,4	(Raro nell'entroterra) Alberi sradicati e considerevoli danni agli abitati.
11	Fortunale o tempesta violenta	28,5 ÷ 32,6	Vasti danni strutturali.
12	Uragano	>32,7	Danni ingenti ed estesi alle strutture

BIBLIOGRAFIA

RACCOLTA DATASET

- **Sistema Dexter di Arpae** per l'accesso diretto al database del Servizio IdroMeteoClima. Dext3r è l'applicazione per l'estrazione dei dati meteo registrati dalla rete di rilevamento regionale RIRER (Rete idro-meteo-pluviometrica integrata) gestita da Arpae-Simc. Sono contenute serie storiche relative ad informazioni meteorologiche (temperatura dell'aria, precipitazione, pressione, vento, ecc.), idrologiche (livello idrometrico, portata media giornaliera e trasporto solido) e relative al contenuto idrico dei suoli, ai pollini allergenici e allo stato marino (altezza significativa dell'onda, ecc.).

<https://simc.arpae.it/dext3r/>

- **Banche dati SCIA di ISPRA**; è il sistema nazionale per la raccolta, elaborazione e diffusione di dati climatici, realizzato dall'ISPRA e alimentato in collaborazione con il Servizio Meteorologico dell'Aeronautica Militare e con le Agenzie regionali per l'ambiente. A partire da serie temporali di dati provenienti da diverse reti di monitoraggio, dopo armonizzazione e standardizzazione, vengono calcolati e rappresentati i valori statistici decadali, mensili e annuali delle principali variabili meteo-climatiche. Le serie di dati climatici sono sottoposte a controlli di validità con metodologie omogenee, secondo le linee guida dettate dall'Organizzazione Meteorologica Mondiale (WMO).

<http://www.scia.isprambiente.it/wwwrootscia/scia.html#>

- **ECAD (European Climate Assessment & Dataset)** progetto finanziato da Unione Europea nel quale sono raccolti e distribuiti dati su 75 indici climatici relativi, sia medi che estremi, su base mensile, stagionale e annuale; 26 di questi indici seguono le definizioni del team esperti del CLIVAR.

<https://www.ecad.eu/download/millennium/millennium.php>

- **Climdex**, progetto gestito e finanziato dall' ARC Center for Climate Extremes (CLEX); fornisce banche dati sugli estremi climatici di tutto il mondo

<https://www.climdex.org/>

- **Progetto ERACLITO di ARPA** è progetto di analisi climatica regionale. Il servizio IdroMeteoClima produce un dataset giornaliero di precipitazioni e temperature - minima e massima - che copre tutto il territorio regionale. I dati sono ottenuti tramite interpolazione spaziale su una griglia regolare a partire dai valori rilevati dalla rete delle stazioni meteorologiche storiche. Questa analisi ha costituito la sorgente informativa per l'Atlante climatico dell'Emilia-Romagna. Il dataset copre il periodo 1961-2015.

<https://dati.arpae.it/dataset/erg5-eraclito>

PUBBLICAZIONI

- *Piano azionale adattamento ai cambiamenti climatici (PNACC)*

https://www.minambiente.it/sites/default/files/archivio_immagini/adattamenti_climatici/documento_pnacc_luglio_2017.pdf

- *Rapporto idrometeoclima Emilia-Romagna 2018*

https://www.arpae.it/dettaglio_documento.asp?id=7120&idlivello=64

Il rapporto è organizzato in cinque sezioni tra cui un capitolo dedicato alla climatologia nel quale vengono riportate le distribuzioni spaziali degli indici climatici di temperatura (T massima, T minima, T media, Notti tropicali, Giorni torridi, giorni di gelo), e di precipitazione (giorni piovosi, precipitazioni totali, bilancio idroclimatico) per l'anno 2018 e le anomalie rispetto al trentennio di riferimento 61-90.

- *Rapporto clima Italia ISPRA 2018*

<http://www.isprambiente.gov.it/it/pubblicazioni/stato-dellambiente/gli-indicatori-del-clima-in-italia-nel-2018>

Il XIV rapporto della serie "Gli indicatori del clima in Italia" illustra l'andamento del clima nel corso del 2018 e aggiorna la stima delle variazioni climatiche negli ultimi decenni in Italia. Il rapporto si basa in gran parte su dati, indici e indicatori climatici derivati dal Sistema nazionale per la raccolta, l'elaborazione e la diffusione dei dati Climatologici di Interesse Ambientale.