



**Finanziato
dall'Unione europea**
NextGenerationEU



comune di
PRATO
Codice Fiscale: 84006890481

Progetto:

INTERVENTI DI RIQUALIFICAZIONE DI CAMPI ESISTENTI :

LOTTO I _ CAMPO DA RUGBY " MONTANO "

LOTTO II _ CAMPO DA CALCIO "MALISETI"

LOTTO III _ CAMPO DA CALCIO "RIBELLI"

LOTTO IV _ CAMPO DA CALCIO " FANTACCINI "

CUP: C37H21001490001

Titolo:

ALLEGATO A - RELAZIONE DNSH

Fase:

PROGETTO ESECUTIVO

Servizio:	Edilizia Scolastica e Sportiva
Dirigente del Servizio:	Arch. Laura Magni
Responsabile Unico del Procedimento:	Arch. Stefano Daddi

Progettisti:

<i>Progetto Architettonico:</i>	Arch. Laura Benfante Arch. Cecilia Arianna Gelli Geom. Serena Orlandi
<i>Progetto Impianti:</i>	Azeta Progetti Studio Tecnico Associato Ing. Rossano Nucci
<i>Coordinatore sicurezza in fase di progetto ed esecuzione:</i>	Azeta Progetti Studio Tecnico Associato Geom. Luca Giorgi
<i>Progetto strutturale:</i>	Ing. Francesco Sanzo

**Elaborato: 00_DNSH_A - Allegato A - Relazione di valutazione
del rischio climatico e della vulnerabilità**

Spazio riservato agli uffici:

Data: **Marzo 2023**



ALLEGATO A

Relazione di valutazione del rischio climatico e della vulnerabilità

OGGETTO: PNRR – M.5-Inclusione e Coesione- C.2 – Inv.2.1 “Investimenti in progetti di rigenerazione urbana, volti a ridurre situazioni di emarginazione e degrado sociale finanziato dall’Unione Europea-Next Generation EU – Progetto di rigenerazione urbana relativo a vari campi di calcio e di rugby : interventi di riqualificazione dei campi esistenti. – CUP: C37H21001490001

COMMITTENTE: COMUNE DI PRATO

Responsabile del Procedimento:

Arch. Stefano Daddi

Progettisti OPERE ARCHITETTONICHE:

Arch. Laura Benfante

Arch. Cecilia Arianna Gelli

Geom. Serena Orlandi

Progettista OPERE STRUTTURALI:

Ing. Francesco Sanzo

Progettista OPERE IMPIANTISTICHE:

Azeta Progetti Studio Tecnico Associato – Ing. Rossano Nucci

Coordinatore della sicurezza in fase di progettazione:

Azeta Progetti Studio Tecnico Associato – Geom. Luca Giorgi

Indice

ALLEGATO A.....	1
Relazione di valutazione del rischio climatico e della vulnerabilità.....	1
1 - Premessa.....	3
2 – Analisi del contesto climatico.....	4
2.1 – Temperatura.....	6
2.2 – Precipitazioni.....	14
3 – Scenari di cambiamento climatico e relative vulnerabilità.....	17
3.1 – Eventi di precipitazione intensa.....	22
3.2 – Eventi estremi di temperatura, ondate di calore e qualità dell’aria.....	23
3.3 – Scarsità idrica.....	26
4 – Misure e azioni di adattamento.....	26
4.1 – Eventi estremi di precipitazioni.....	27
4.2 – Eventi estremi di temperatura, ondate di calore e qualità dell’aria.....	32
4.3 – Scarsità idrica.....	34
4.4 – Eventi estremi legati al fattore vento.....	35

1 - Premessa

Il Regolamento (UE) 2021/241 del Parlamento Europeo e del Consiglio del 12 febbraio 2021, che istituisce il Dispositivo per la ripresa e la resilienza, stabilisce che tutte le misure dei Piani nazionali per la ripresa e resilienza (PNRR) debbano soddisfare il principio di “non arrecare danno significativo agli obiettivi ambientali” declinando tale assunto sui sei obiettivi ambientali definiti nell’ambito del sistema di tassonomia delle attività ecosostenibili.

Fra questi è compreso l’obiettivo di adattamento ai cambiamenti climatici, per il quale il danno è considerato significativo se l’intervento “conduce a un peggioramento degli effetti negativi del clima attuale e del clima futuro previsto su sé stesso o sulle persone, sulla natura o sugli attivi” (rif. art. 17 Reg. UE 2020/852).

Il riferimento per le valutazioni di cui alla presente relazione è costituito dal Regolamento Delegato UE 2021/2139 in cui sono definiti i criteri di vaglio tecnico che consentono di determinare a quali condizioni si possa considerare che un’attività economica contribuisce in modo sostanziale alla mitigazione dei cambiamenti climatici o all’adattamento ai cambiamenti climatici e se non reca nessun danno significativo a nessun altro obiettivo ambientale.

Nello specifico l’art. 7 Edilizia e attività immobiliari del suddetto regolamento, par. 7.2, definisce che l’investimento soddisfi il requisito di non arrecare un danno significativo all’ambiente per quanto attiene l’adattamento ai cambiamenti climatici, qualora l’attività garantisca i criteri di cui all’appendice A del regolamento stesso.

Tali criteri prevedono una preliminare valutazione del rischio climatico e della vulnerabilità conformemente alla procedura che segue:

- a) esame dell'attività per identificare quali rischi climatici fisici elencati nella sezione II dell’appendice possono influenzare l'andamento dell'attività economica durante il ciclo di vita previsto;
- b) se l'attività è considerata a rischio per uno o più rischi climatici fisici elencati nella sezione II dell’appendice, una valutazione del rischio climatico e della vulnerabilità per esaminare la rilevanza dei rischi climatici fisici per l'attività economica;
- c) una valutazione delle soluzioni di adattamento che possono ridurre il rischio fisico climatico individuato.

L'elenco dei pericoli legati al clima è costituito dagli elementi riportati nella seguente tabella che risulta non essere esaustiva e costituisce solo un elenco indicativo dei pericoli più diffusi di cui si deve tenere conto, come minimo, nella valutazione del rischio climatico e della vulnerabilità:

II. Classificazione dei pericoli legati al clima (6)

	Temperatura	Venti	Acque	Massa solida
Cronici	Cambiamento della temperatura (aria, acque dolci, acque marine)	Cambiamento del regime dei venti	Cambiamento del regime e del tipo di precipitazioni (pioggia, grandine, neve/ghiaccio)	Erosione costiera
	Stress termico		Variabilità idrologica o delle precipitazioni	Degradazione del suolo
	Variabilità della temperatura		Acidificazione degli oceani	Erosione del suolo
	Scongelamento del permafrost		Intrusione salina	Soliflusso
			Innalzamento del livello del mare	
			Stress idrico	
Acuti	Ondata di calore	Ciclone, uragano, tifone	Siccità	Valanga
	Ondata di freddo/gelata	Tempesta (comprese quelle di neve, polvere o sabbia)	Forti precipitazioni (pioggia, grandine, neve/ghiaccio)	Frana
	Incendio di incolto	Tromba d'aria	Inondazione (costiera, fluviale, pluviale, di falda)	Subsidenza
			Collasso di laghi glaciali	

Le proiezioni climatiche e la valutazione degli impatti si basano sulle migliori pratiche e sugli orientamenti disponibili e tengono conto delle più attuali conoscenze scientifiche per l'analisi della vulnerabilità e del rischio e delle relative metodologie.

2 – Analisi del contesto climatico

La valutazione di vulnerabilità ai cambiamenti climatici non può prescindere dalla conoscenza del clima passato e dalla stima delle possibili variazioni climatiche future, che rappresentano il presupposto indispensabile alla valutazione degli impatti dei cambiamenti climatici sulle risorse naturali e sui diversi settori socio-economici.

La ricostruzione del clima del passato, che si riferisce generalmente agli ultimi decenni, costituisce la fonte primaria di informazioni sul clima e le sue variazioni e consente di valutare se eventuali segnali climatici siano già riconoscibili sul territorio. Queste informazioni sono fornite dall'analisi di serie temporali di osservazioni meteorologiche rappresentative delle località in esame e dall'applicazione di modelli statistici

per il riconoscimento e la stima delle tendenze. Particolarmente rilevante è l'analisi degli estremi climatici, che possono causare impatti consistenti sull'ambiente.

Le variazioni climatiche su un'area specifica vengono rappresentate da una serie media regionale per ogni variabile o indice climatico. Le serie regionali sono calcolate aggregando, tramite media aritmetica, le anomalie di ogni singola serie rispetto alla propria media climatologica o normale (es. 1961-1990, 1971-2000 o 1981-2010) per evitare che nella serie regionale siano predominanti le stazioni con i valori assoluti più elevati. I valori normali, definiti dal WMO-World Meteorological Organization nella prima metà del ventesimo secolo, con l'obiettivo di consentire il confronto tra le osservazioni di tutto il mondo, costituiscono un insieme di valori di riferimento rispetto ai quali confrontare le osservazioni e calcolare le serie di anomalie (scostamenti dai valori normali).

Per quanto riguarda le precipitazioni, in considerazione sia della notevole variabilità spaziale e temporale che della distribuzione spesso non omogenea dei dati disponibili, la serie regionale può essere calcolata utilizzando metodi di interpolazione spaziale quali, ad esempio, il metodo dei poligoni di Thiessen o tassellatura di Voronoi.

Al fine di definire il profilo climatico attuale della zona di intervento, sono stati analizzati i dati e le analisi climatologiche messe a disposizione dal consorzio LaMMA (Laboratorio di Monitoraggio e Modellistica Ambientale per lo sviluppo sostenibile) che si occupa, su incarico della Regione Toscana, di osservazione e modellistica meteorologica a diverse scale spaziali e di climatologia locale. In particolare, si fa riferimento ai dati relativi alla climatologia della Toscana, messi a disposizione dal Consorzio Lamma e relativi al periodo intercorrente tra la metà degli anni '50 ed il 2015, nonché nello specifico i dati relativi alla climatologia di Prato disponibili per tre periodi climatici di riferimento 1971-2000, 1981 - 2010 e 1991 – 2020.

Qui di seguito alcune delle principali tendenze climatiche emerse dalle suddette ricerche riguardanti la Toscana dalla metà degli anni cinquanta ad oggi:

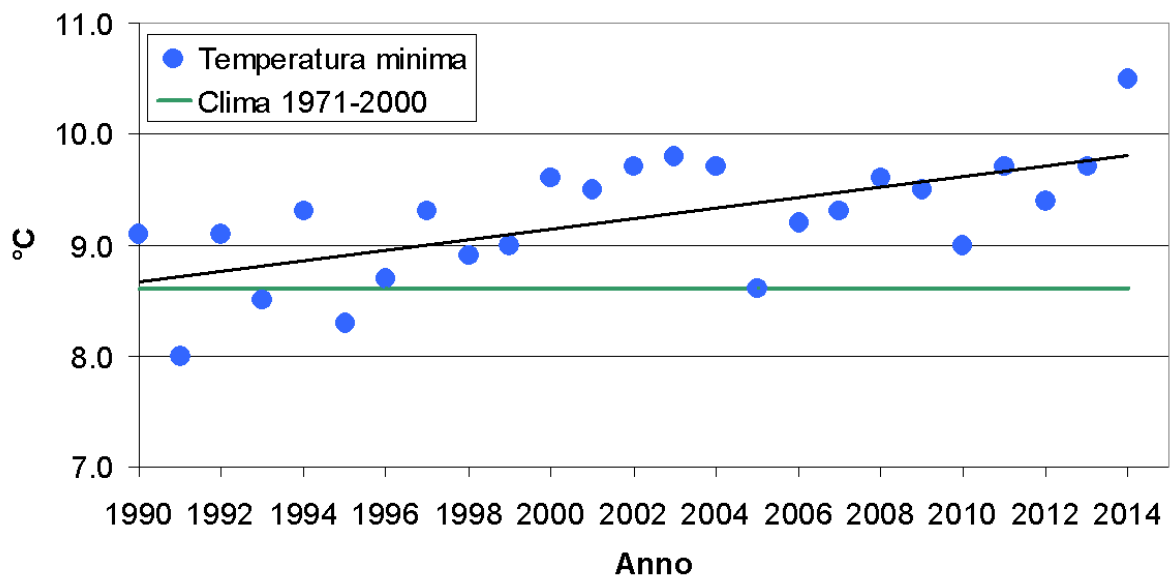
- le temperature aumentano soprattutto in primavera ed in estate (anche in autunno sembrano essere in aumento, soprattutto dal 2000 in poi, ma questa tendenza è da confermare in futuro)
- il numero delle ondate di calore e dei giorni di calore in estate aumenta
- il numero delle ondate di freddo e dei giorni di freddo in inverno è stabile
- le precipitazioni cumulate mostrano una lieve diminuzione (non significativa) a livello annuale, in primavera ed in inverno (negli ultimi 6-7 anni possibile inversione di tendenza, ma da confermare in futuro)
- negli ultimi 25 anni le precipitazioni non mostrano tendenze particolari, ma si alternano sempre più spesso anni o periodi con forte carenza idrica ad anni o periodi con forte disponibilità idrica
- il numero di eventi con pioggia giornaliera molto intensa è stabile (in aumento negli ultimi 6-7 anni, ma da confermare in futuro); aumenta però la proporzione di pioggia annua dovuta a questi eventi
- aumenta l'irregolarità nella distribuzione temporale delle piogge sia nella stagione secca che in quella piovosa; questo favorisce un aumento degli eventi alluvionali che hanno raggiunto il picco all'inizio degli anni novanta.

2.1 – Temperatura

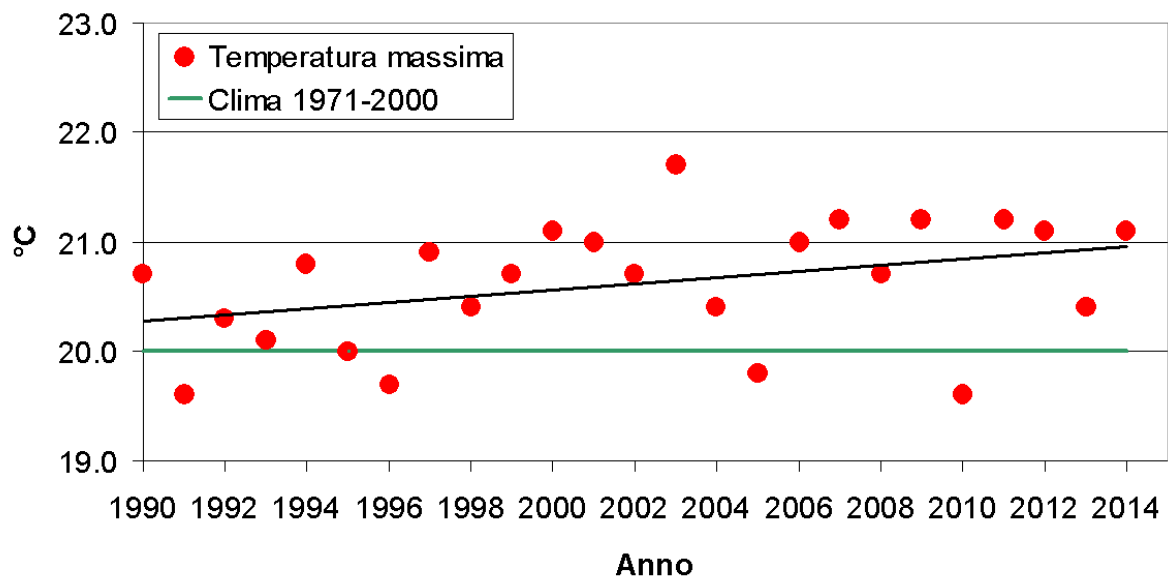
TEMPERATURE MEDIE GIORNALIERE

Si riportano qui di seguito alcuni grafici che mostrano l'andamento della temperatura minima, massima e media giornaliera a livello annuale per il periodo 1990-2014; l'analisi è stata eseguita mediando i valori delle stazioni meteorologiche di Firenze, Arezzo, Grosseto e Pisa che possono essere considerate rappresentative per l'intera regione. Si riportano nei grafici anche le linee di tendenza nel tempo e il valore medio "normale" climatologico relativo al periodo di riferimento 1971-2000.

Temperatura minima media annua



Temperatura massima media annua



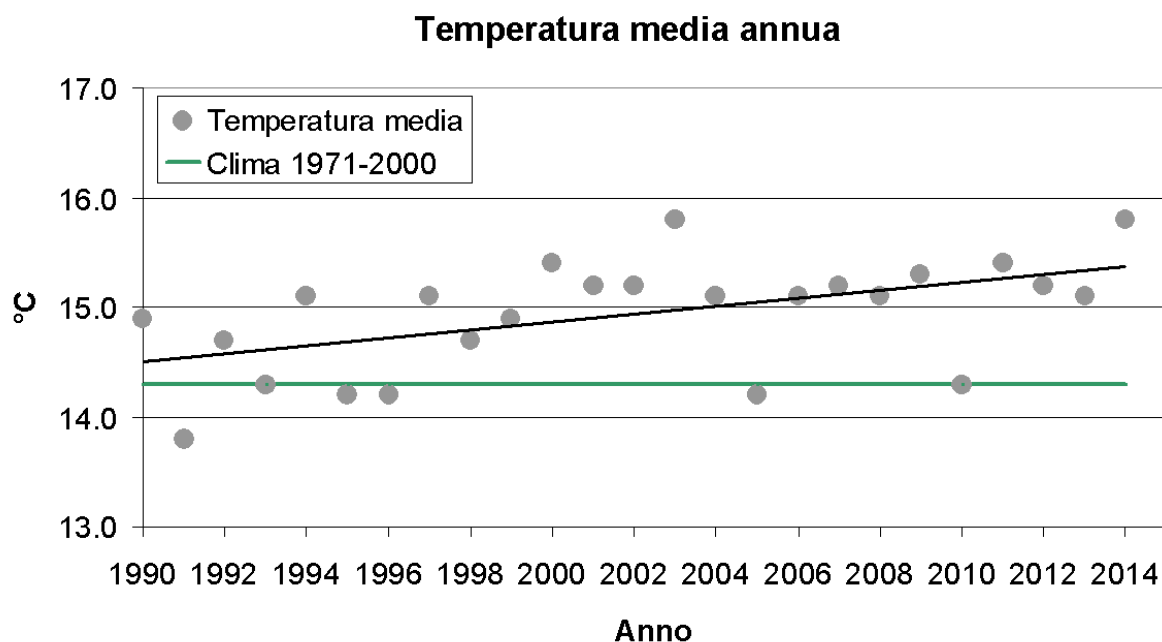


Figura 1: temperatura minima a), massima (b) e media (c) giornaliera media annua. È indicata la linea di tendenza nel tempo (linea nera) e la temperatura “normale” di riferimento (linea verde) relativa al periodo 1971-2000

Dalle tre immagini emerge, nel periodo preso in esame (1990-2014), una tendenza verso l’aumento della temperature giornaliere. Si noti anche come negli ultimi 25 anni la maggior parte delle osservazioni si trovi sopra la linea verde, ovvero al di sopra della media climatica. L'anno 2014 a pari merito con il 2003 è l'anno più caldo della serie.

ESTREMI DI TEMPERATURA

Temperatura massima estiva

Il grafico seguente mostra il numero di giorni estivi (media tra le stazioni di Firenze, Arezzo, Grosseto e Pisa; periodo 1990-2015) con temperature massime estreme, ovvero temperature che nel periodo 1971-2000 si sono verificate solo nel 5% dei giorni estivi (per Arezzo temperature massime superiori a 35.2 °C, per Firenze 36.2 °C, per Grosseto 34.4 °C e per Pisa 33.6 °C). Emerge la tendenza verso l’aumento di questi giorni con temperature massime estreme; si noti anche come negli ultimi 26 anni la maggior parte delle osservazioni si trovi sopra la linea verde, e cioè sopra la media climatica.

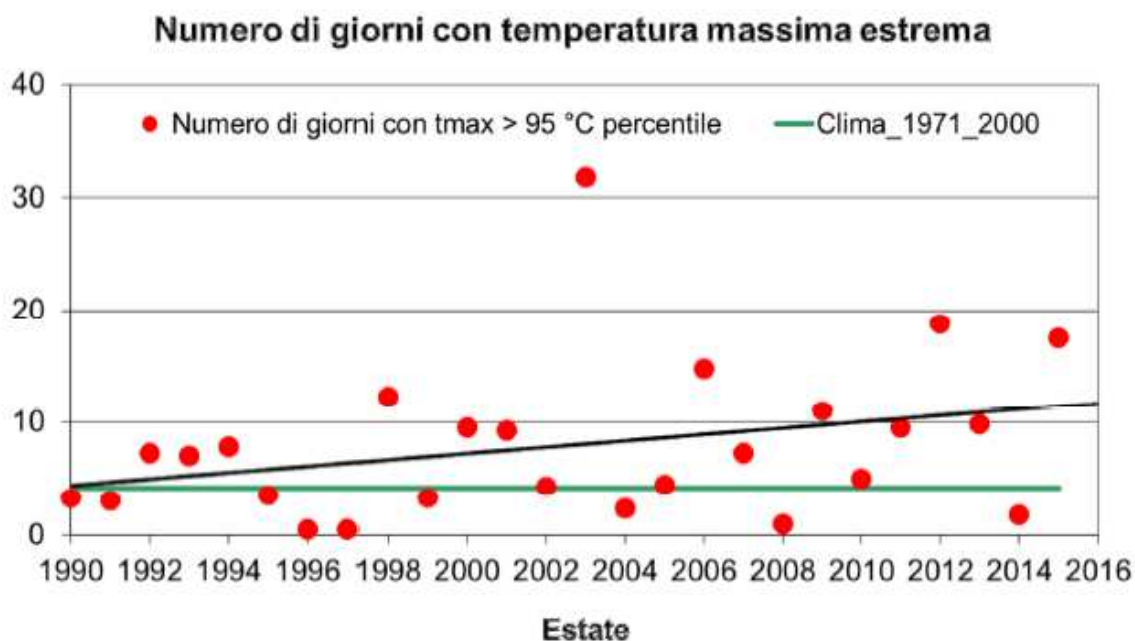


Figura 2: andamento nel tempo del numero dei giorni con temperature massime estreme. È indicata la linea di tendenza nel tempo (linea nera) e il numero di giorni "normale" di riferimento (linea verde) relativo al periodo 1971-2000

Temperature inferiori a 0 °C

La figura successiva mostra, invece, l'andamento del numero dei giorni annui (media tra le stazioni di Firenze, Arezzo, Grosseto e Pisa; periodo 1990-2014) con temperatura minima inferiore a 0 °C.

In questo caso si nota come questo indicatore mostra una tendenza verso una lieve diminuzione.

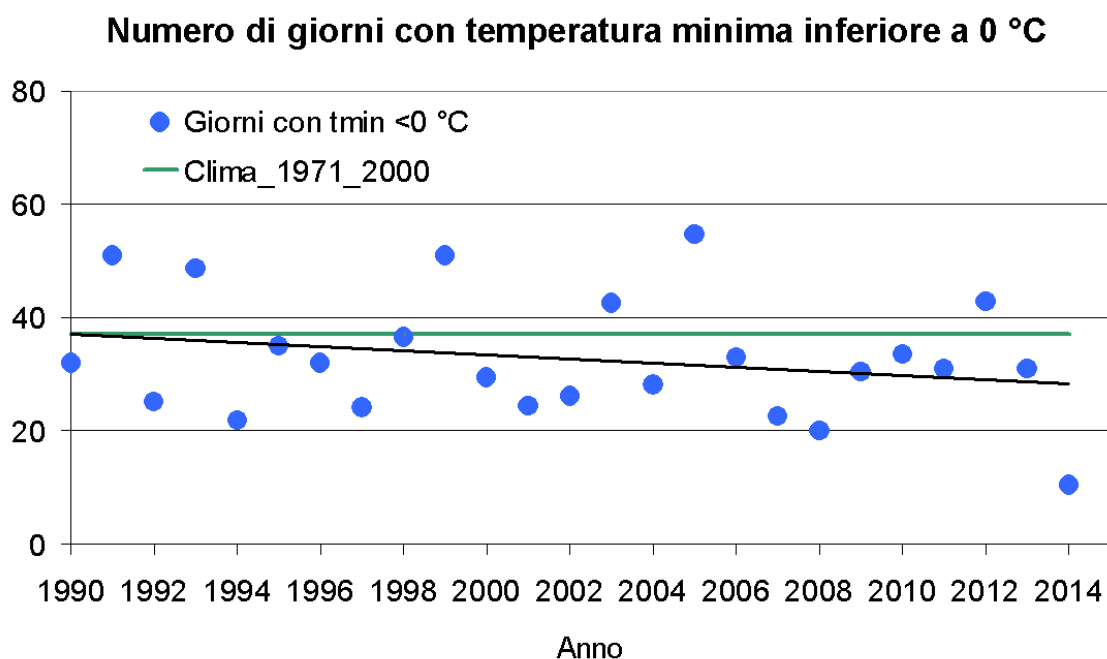


Figura 3: numero dei giorni annui con temperature minime inferiori a 0°C. È indicata la linea di tendenza nel tempo (linea nera) e il numero di giorni "normale" di riferimento (linea verde) relativo al periodo 1971-2000

La figura 4 mostra l'andamento del numero dei giorni con gelate tardive (media tra le stazioni di Firenze, Arezzo e Grosseto; periodo 1990-2015) e cioè con temperatura minima inferiore a 0 °C nei mesi di Aprile e Maggio. In questo caso si nota come negli ultimi anni non si siano verificate gelate tardive nelle località considerate. Ciò non esclude che in alcune aree rurali, specialmente di fondovalle, non si possano essere verificate gelate tardive.



Figura 4: andamento nel tempo del numero dei giorni con gelate tardive

ONDATE DI CALORE/ONDATE DI FREDDO

Ondate di calore

Per l'identificazione delle ondate di calore e di freddo è stata scelta la definizione secondo la quale una ondata di calore è un evento, di durata pari ad almeno 7 “giorni di calore” consecutivi, intendendo per “giorno di calore” un giorno con temperatura media giornaliera superiore di almeno una deviazione standard (calcolata sul periodo 1971-2000), alla temperatura media giornaliera climatologica (calcolata sempre sul periodo 1971-2000) di quel giorno stesso.

L'immagine 5 mostra il numero di ondate di calore in estate dal 1990 al 2015 (media tra le stazioni di Arezzo, Firenze, Grosseto e Pisa). Anche in questo caso emerge la tendenza verso un aumento. In figura 6 si mette a confronto il numero medio di ondate di calore nei periodi 1990-2015 e 1971- 2000. Emerge come negli ultimi anni il verificarsi di ondate di calore sia più che raddoppiato.

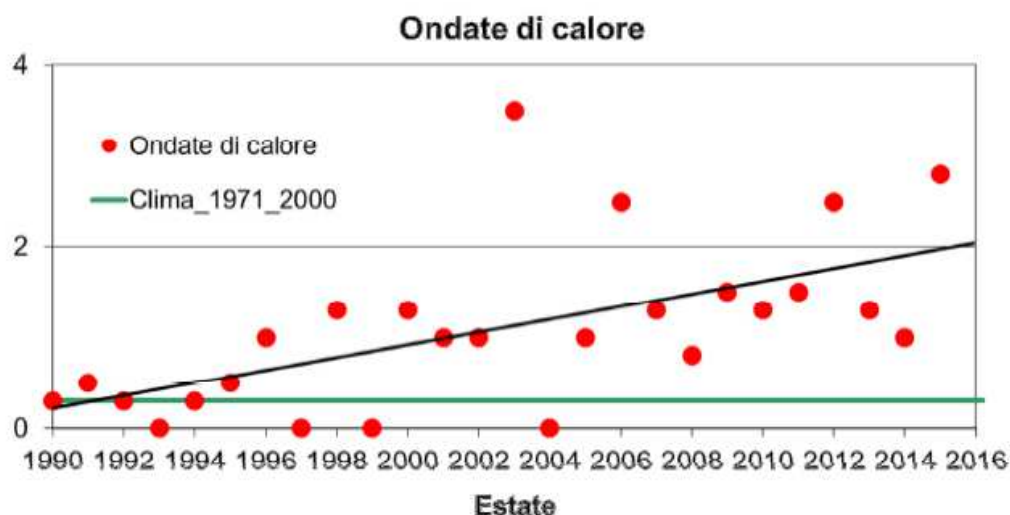


Figura 5: andamento nel tempo del numero di ondate di calore in estate. È indicata la linea di tendenza nel tempo (linea nera) e il numero di ondate di calore "normale" di riferimento (linea verde) relativo al periodo 1971-2000

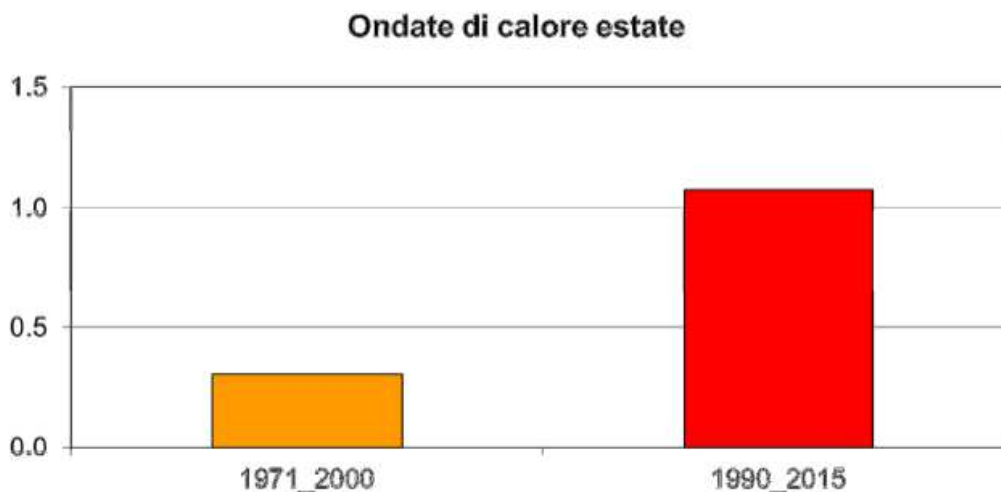


Figura 6: numero medio di ondate di calore in estate nei due periodi 1990-2015 e 1971-2000

Poiché possono verificarsi anche ondate di calore decisamente più durature dei 7 giorni indicati nella definizione di ondata di calore, abbiamo ritenuto opportuno riportare anche il numero di "giorni di calore" nelle diverse estati. Le figure 7 e 8 mostrano rispettivamente l'andamento del numero di "giorni di calore" ed il confronto tra il numero medio di "giorni di calore" tra i periodi 1990-2015 e 1971-2000.

Nella figura 7 spicca l'eccezionalità dell'estate 2003, dove a fronte di "sole" 3 ondate di calore (figura 5), comunque il massimo registrato negli ultimi 23 anni, si sono osservati ben 85 giorni di calore. Si noti in figura 8 come negli ultimi anni il numero di "giorni di calore" in estate sia praticamente raddoppiato. Ciò vuol dire che, se "prima" in Toscana mediamente 15 giorni dei circa 90 giorni estivi facevano registrare temperature molto elevate, nelle "estati di oggi" 30 giorni fanno registrare temperature molto elevate.

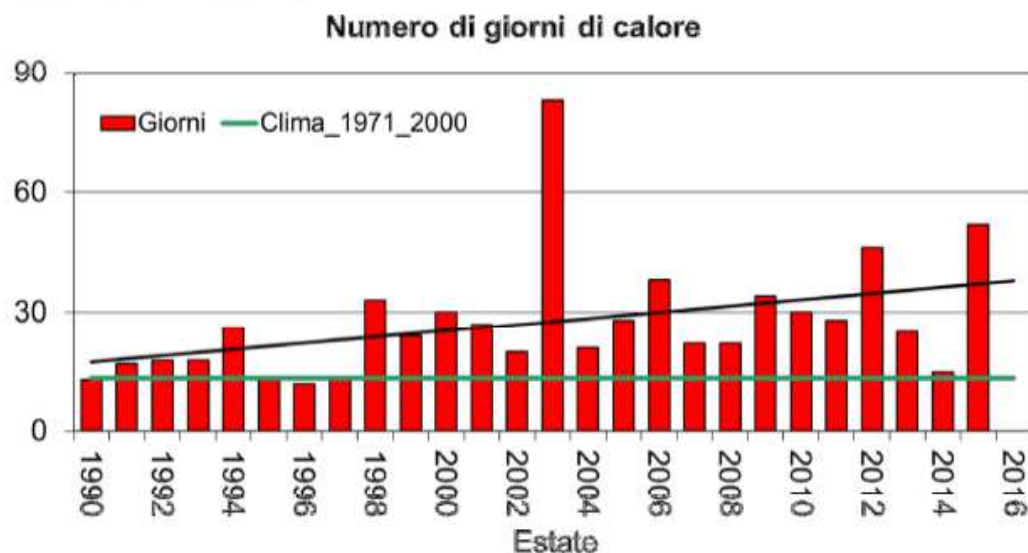


Figura 7: numero di "giorni di calore" in estate

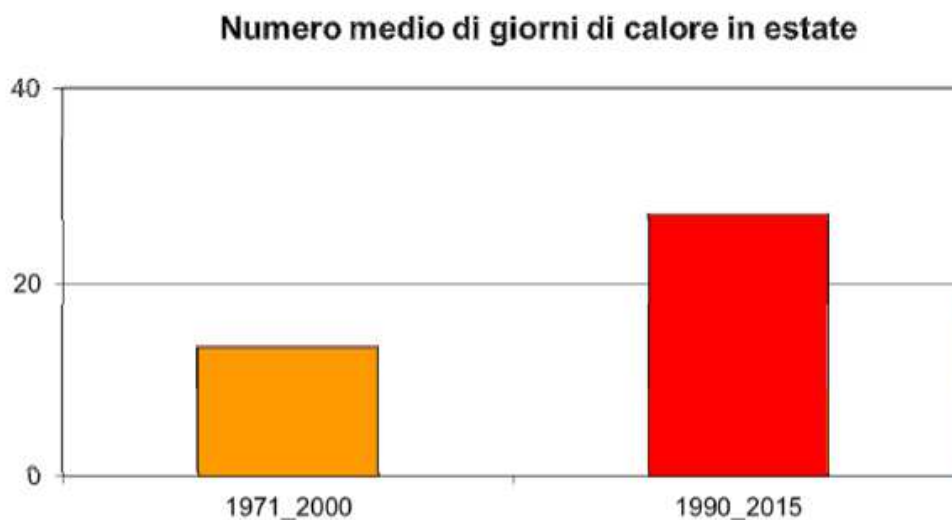


Figura 8: numero medio di "giorni di calore" in estate nei due diversi periodi 1990-2015 e 1971-2000

Ondate di freddo

Allo stesso modo una ondata di freddo è un evento, di durata pari ad almeno 7 "giorni di freddo" consecutivi, intendendo per "giorno di freddo" un giorno con temperatura media giornaliera inferiore di almeno una deviazione standard (calcolata sul periodo 1971-2000), alla temperatura media giornaliera climatologica (calcolata sempre sul periodo 1971-2000) di quel giorno stesso.

La figura 9 mostra il numero di ondate di freddo in inverno dal 1990 (dall'inverno 1989/1990 all'inverno 2014/2015; media tra le stazioni di Arezzo, Firenze, Grosseto e Pisa). In questo caso la tendenza è praticamente stazionaria. Nella figura 10 si mette a confronto il numero medio di ondate di freddo nei due periodi 1990-2015 e 1971-2000. Emerge anche in questo caso come negli ultimi anni l'occorrenza di ondate di freddo non sia così diversa rispetto al periodo 1971-2000.

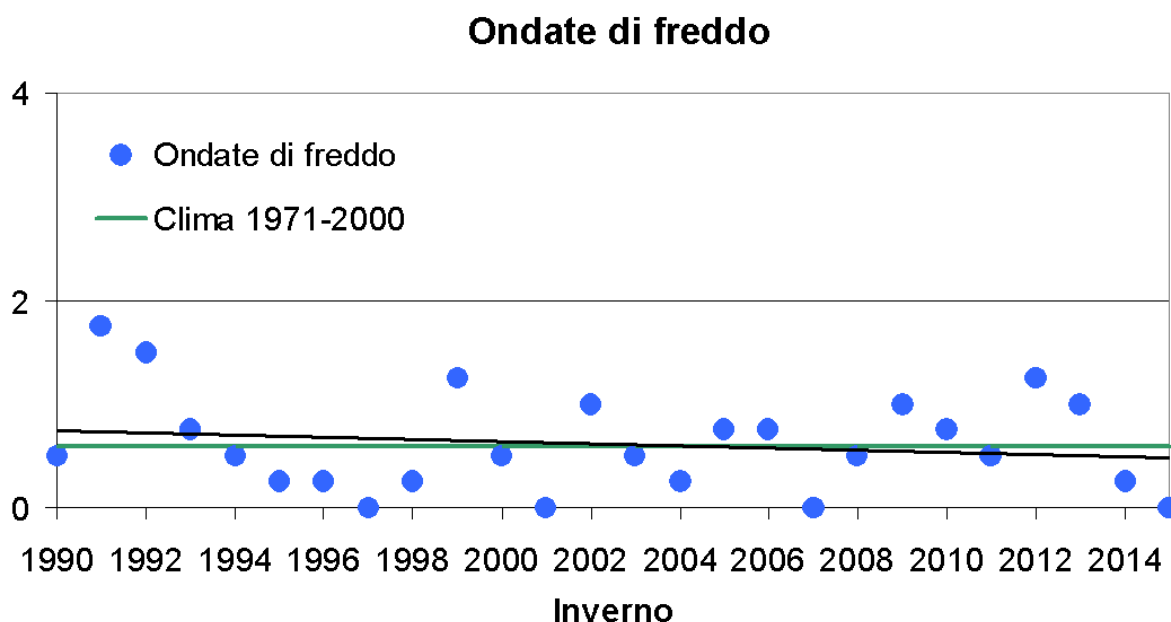


Figura 9: andamento nel tempo del numero di ondate di freddo in inverno. È indicata la linea di tendenza nel tempo (linea nera) e il numero di ondate di calore "normale" di riferimento (linea verde) relativo al periodo 1971-2000.

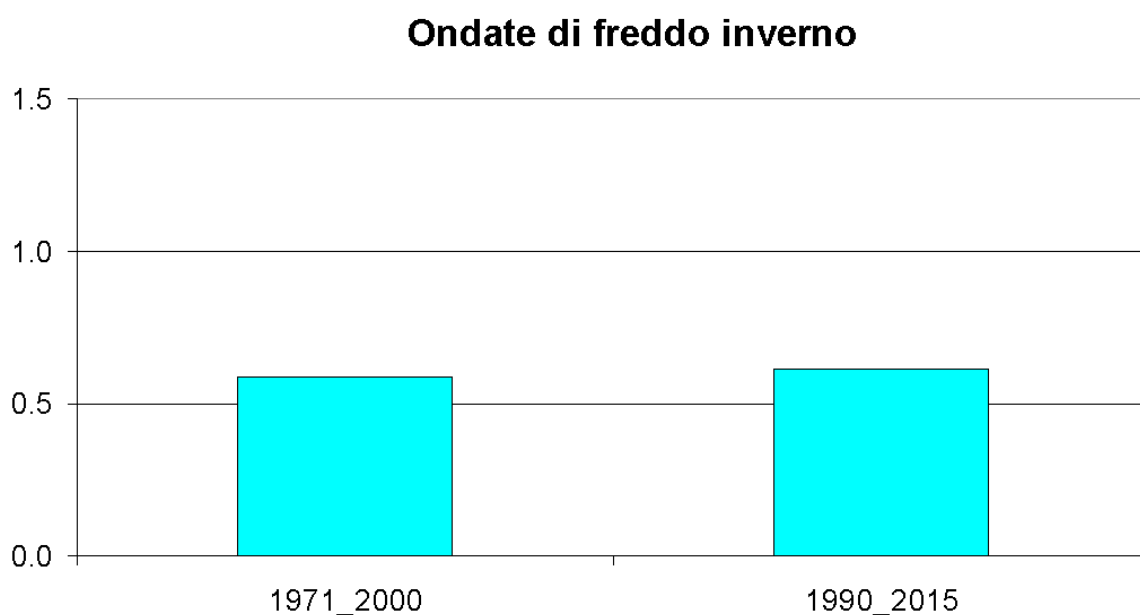


Figura 10: numero medio di ondate di freddo in inverno nei due periodi 1990-2015 e 1971-2000

Poiché possono verificarsi anche ondate di freddo decisamente più durature dei 7 giorni indicati nella definizione di ondata di freddo, abbiamo ritenuto opportuno riportare anche qui il numero di “giorni di freddo” nei diversi inverni.

Le figure 11 e 12 mostrano rispettivamente l’andamento del numero di “giorni di freddo” ed il confronto tra il numero medio di “giorni di freddo” nei periodi 1990-2015 e 1971-2000. La tendenza è stazionaria in entrambi i casi. Ciò vuol dire che in Toscana gli episodi di freddo intenso invernale non hanno subito variazioni significative negli ultimi anni rispetto al passato.

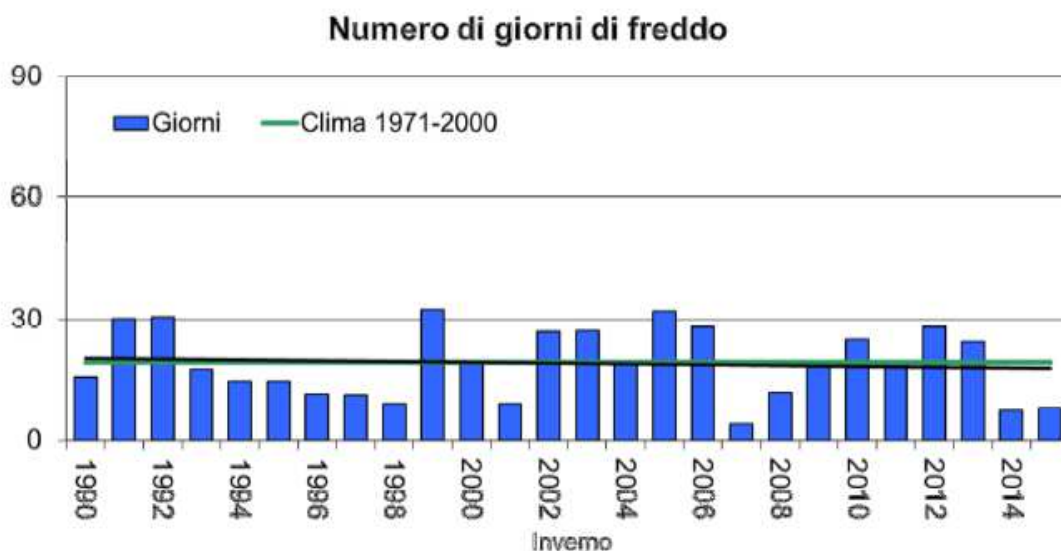


Figura 11: numero di “giorni di freddo” in inverno

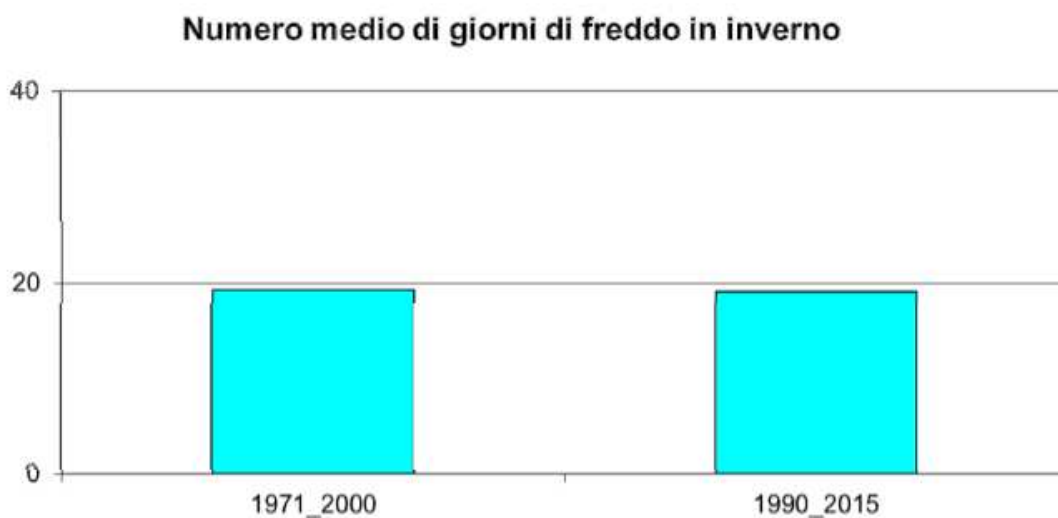


Figura 12: numero medio di “giorni di freddo” in inverno nei due diversi periodi 1990-2015 e 1971-2000

2.2 – Precipitazioni

Precipitazioni annuali

I risultati relativi al periodo 1990-2014 non mostrano particolari tendenze per quanto riguarda il dato di precipitazione annuale (media tra le stazioni di Arezzo, Firenze, Grosseto e Pisa; figure 13 e 14). Si nota comunque, soprattutto dalla figura 14, come negli ultimi anni sia aumentata la variabilità con alternanza di forti surplus e forti deficit. Questa tendenza è ben evidenziata dalla figura 15 dove si osserva un aumento della variabilità (espressa in termini di deviazione standard mobile su base quinquennale delle anomalie di pioggia) del cumulado di pioggia annuale nel tempo.

Ciò significa che recentemente si alternano, più di prima, anni con forte carenza idrica ad anni con forte disponibilità idrica.

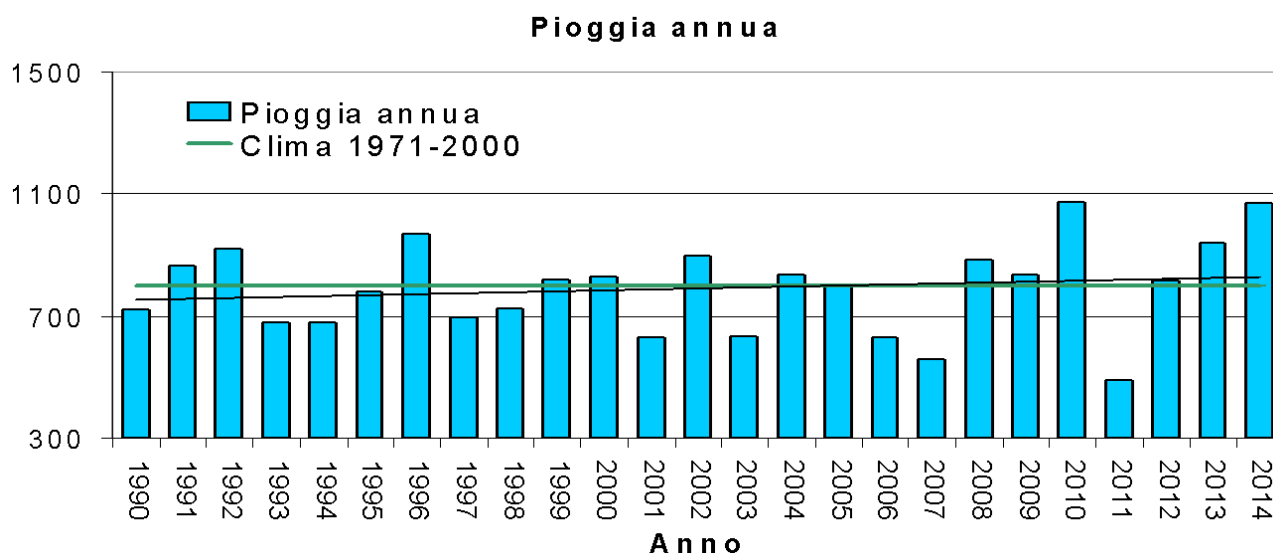


Figura 13: pioggia cumulata annua. È indicata la linea di tendenza nel tempo (linea nera) e la pioggia “normale” di riferimento (linea verde) relativa al periodo 1971-2000

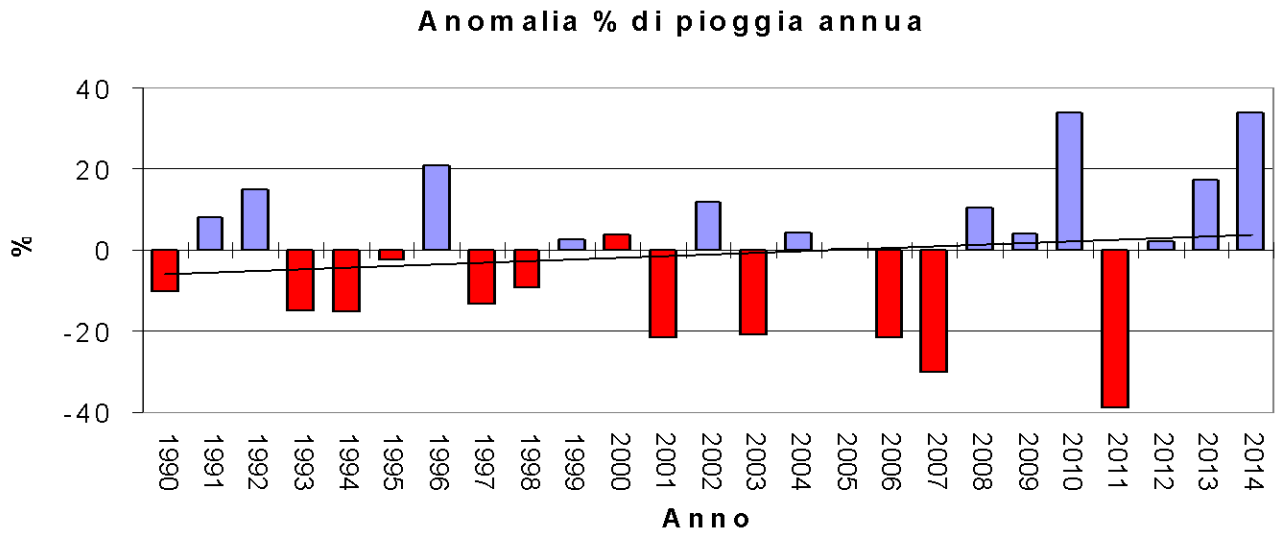


Figura 14: anomalia (%) di pioggia annua. Gli istogrammi blu rappresentano surplus pluviometrici, mentre gli istogrammi bianchi rappresentano anni con deficit pluviometrico

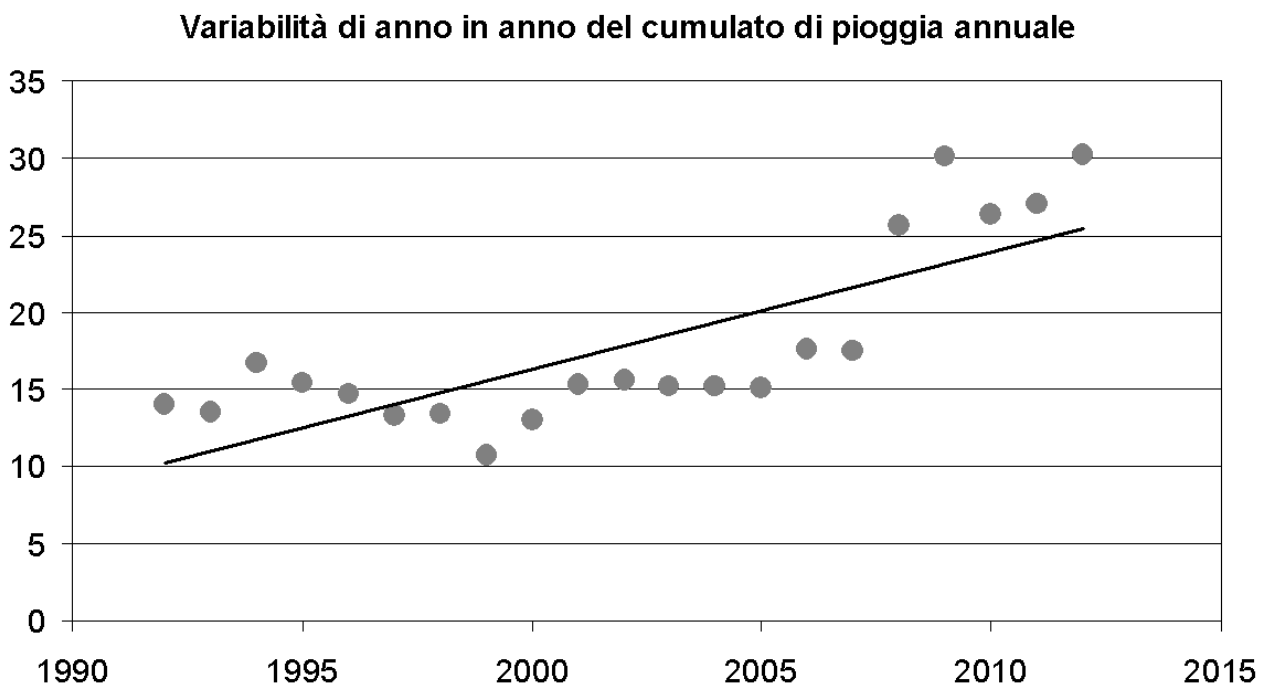


Figura 15: deviazione standard su base quinquennale delle anomalie di pioggia annua. È indicata la linea di tendenza nel tempo (linea nera)

Precipitazioni estreme giornaliere

L'analisi del numero di giorni in cui si verificano cumulati giornalieri estremi non mostra variazioni significative nel periodo considerato (1990-2014). Ciò significa che l'occorrenza di questi eventi sembra non

essere cambiata nel tempo; tuttavia il rischio di precipitazioni estreme continua ad essere rilevante data la particolare posizione geografica della Toscana ed il regime climatico che ne consegue.

Negli anni ricompresi tra il 2008 ed il 2014, tuttavia, 5 anni su 7 (per quanto riguarda i casi di pioggia intensa) e 6 anni su 7 (per quanto riguarda i casi di pioggia molto intensa) hanno fatto registrare un numero di casi superiore alla media 1971-2000 (vedi figure 16 e 17).

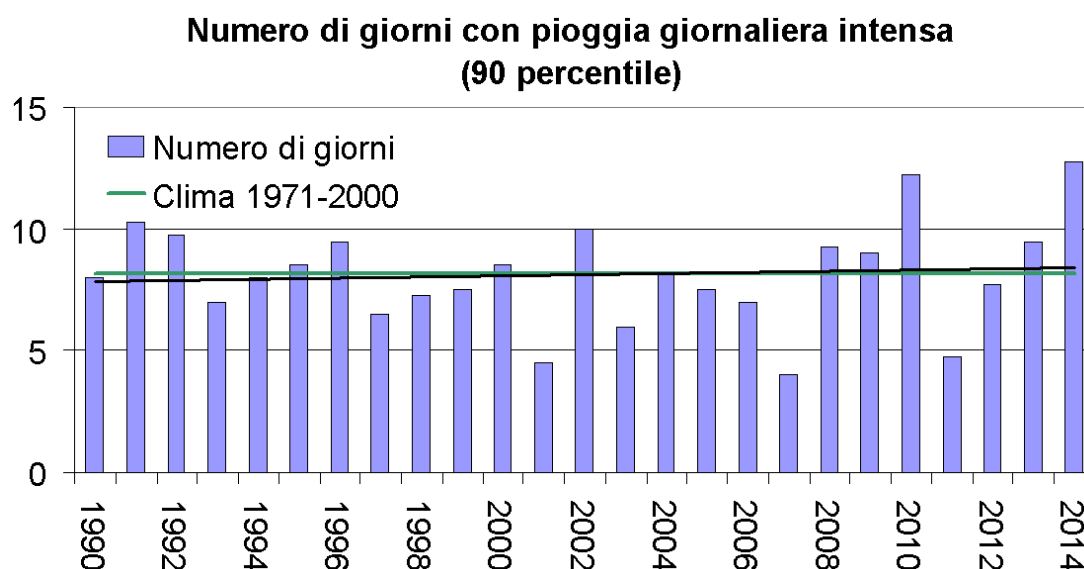


Figura 16: numero di giorni con pioggia giornaliera superiore al 90° percentile. È indicata la linea di tendenza nel tempo (linea nera) e il numero di giorni “normale” di riferimento (linea verde) relativa al periodo 1971-2000.

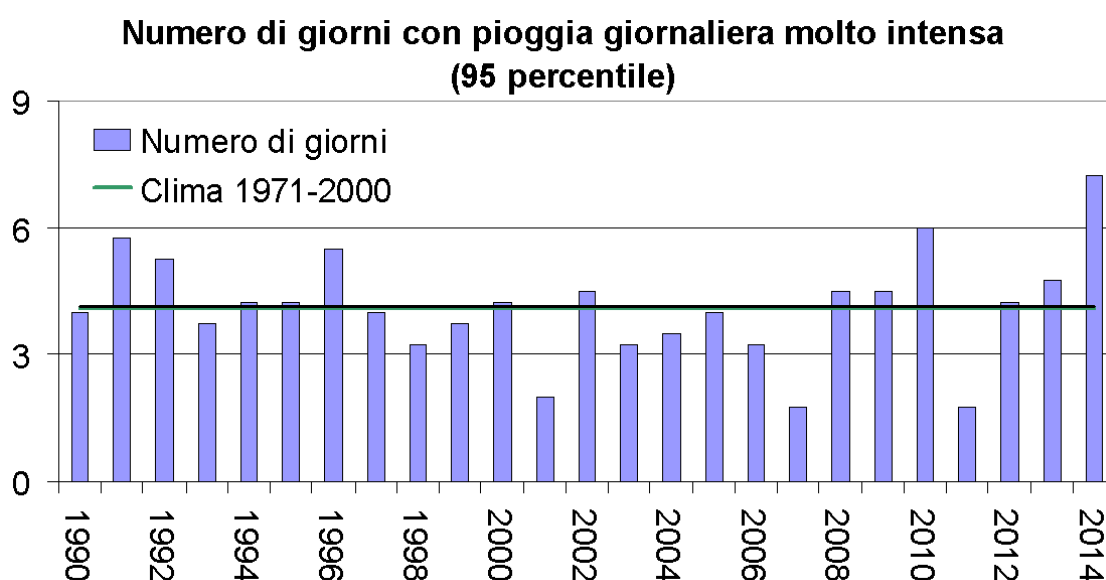
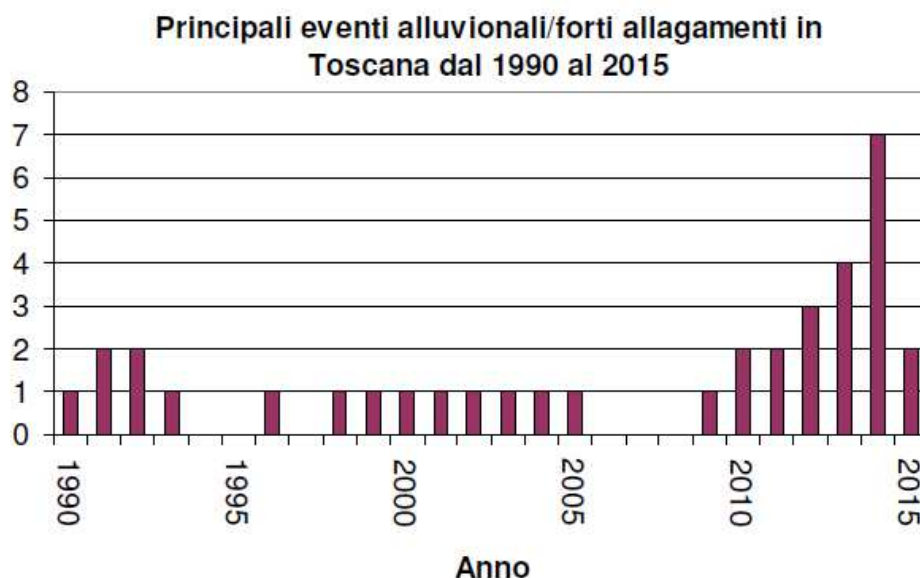


Figura 17: numero di giorni con pioggia giornaliera superiore al 95° percentile. È indicata la linea di tendenza nel tempo (linea nera) e il numero di giorni “normale” di riferimento (linea verde) relativa al periodo 1971-2000.

Principali eventi alluvionali o forti allagamenti

Di seguito si riporta il numero dei principali eventi alluvionali/forti allagamenti in Toscana (con danni a cose e/o persone) dal 1990 a novembre 2015, evidenziando come nell'ultimo decennio analizzato il grafico dimostri un innalzamento della frequenza di eventi eccezionali.



3 – Scenari di cambiamento climatico e relative vulnerabilità

La conoscenza delle variazioni climatiche sul territorio italiano, in corso e previste, è il presupposto fondamentale della valutazione degli impatti e della strategia di adattamento ai cambiamenti climatici.

Mentre la conoscenza del clima presente e passato e delle variazioni in corso si fonda sulla osservazione delle variabili climatiche e sull'applicazione di metodi e modelli statistici di riconoscimento e stima delle tendenze in corso, la conoscenza del clima futuro si basa sulle proiezioni dei modelli climatici.

Secondo la definizione della World Meteorological Organization (WMO), le proiezioni climatiche forniscono la probabilità con cui determinate variazioni del clima possono verificarsi nei prossimi decenni, in relazione a diverse possibili evoluzioni dello sviluppo socio-economico globale. Tali condizioni (scenari) comportano, in particolare, diversi andamenti delle emissioni di gas climalteranti in atmosfera. A tale proposito, l'Intergovernmental Panel for Climate Change (IPCC) ha recentemente ridefinito gli scenari futuri a scala globale (Representative Concentration Pathways – RCP), allo scopo di fornire informazioni sulla probabile evoluzione delle diverse componenti della forzante radiativa (emissioni di gas serra, inquinanti e uso del suolo), da utilizzare come input per i modelli climatici. Gli scenari RCP sostituiscono i precedenti scenari pubblicati dall'IPCC nello Special Report on Emission Scenarios (SRES) e utilizzati nei rapporti TAR e AR4. I quattro nuovi RCP includono uno scenario di mitigazione, che stima un valore molto basso della forzante radiativa al 2100 (2.6 W/m² - RCP2.6), due scenari intermedi (4.5 W/m² - RCP4.5 e 6 W/m² - RCP6) e uno scenario caratterizzato da un'elevata emissione e da un elevato valore della forzante radiativa (8.5 W/m² - RCP8.5).

La fonte più importante e aggiornata di proiezioni modellistiche sull'area del Mediterraneo e quindi sull'Italia è costituita da Med-CORDEX, un'iniziativa proposta dalla comunità scientifica che studia il clima del Mediterraneo. Med-CORDEX costituisce una parte del più ampio esperimento CORDEX (Coordinated Regional Climate Downscaling Experiment ed è supportato dai programmi internazionali HyMeX (HYdrological cycle in Mediterranean EXperiments) e MedCLIVAR (Mediterranean CLImate VARIability and Predictability). Le proiezioni fornite da Med-CORDEX si basano sui nuovi scenari di emissione RCP4.5 e RCP8.5 e utilizzano modelli RCM ad alta risoluzione.

Per ciascuna variabile presa in considerazione, sono stati selezionati i dati che ricoprono l'intero territorio nazionale. Per tre orizzonti temporali, rappresentati da periodi di 30 anni (2021-2050, 2041-2060 e 2061-2090), sono stati calcolati sia i valori medi che gli indici rappresentativi degli estremi di temperatura e precipitazione. Proprio la conoscenza degli estremi meteorologici e delle loro variazioni è infatti particolarmente rilevante nella definizione delle strategie di adattamento ai cambiamenti climatici, a causa degli impatti che essi producono sull'ambiente e sulla società in genere.

Per approfondire con maggiore dettaglio la situazione italiana e nel dettaglio quella regionale e locale, si è fatto uso dei riscontri del Piano Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici, qui di seguito PNACC, elaborato nel dicembre 2022 dal Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica con il supporto del Centro Euro-Mediterraneo sui Cambiamenti Climatici.

L'obiettivo del Piano è quello di offrire uno strumento di indirizzo per la pianificazione e l'attuazione delle azioni di adattamento più efficaci nel territorio italiano, in relazione alle criticità riscontrate, e per l'integrazione dei criteri di adattamento nelle procedure e negli strumenti di pianificazione esistenti.

La zonazione climatica per l'Italia sviluppata nel PNACC identifica 6 macroregioni climatiche, a loro volta caratterizzate da 5 cluster di anomalie che ne descrivono l'evoluzione fino alla metà del secolo secondo due scenari di concentrazione di gas climalteranti, l'RCP4.5 e l'RCP8.5 (IPCC, 2013). La zonazione viene riproposta nella Figura sottostante per offrire una orientativa corrispondenza tra stressor climatici e impatti ragionevolmente attesi sugli insediamenti urbani, operazione ritenuta utile ai fini della successiva identificazione delle azioni di adattamento da includere nel PNACC.

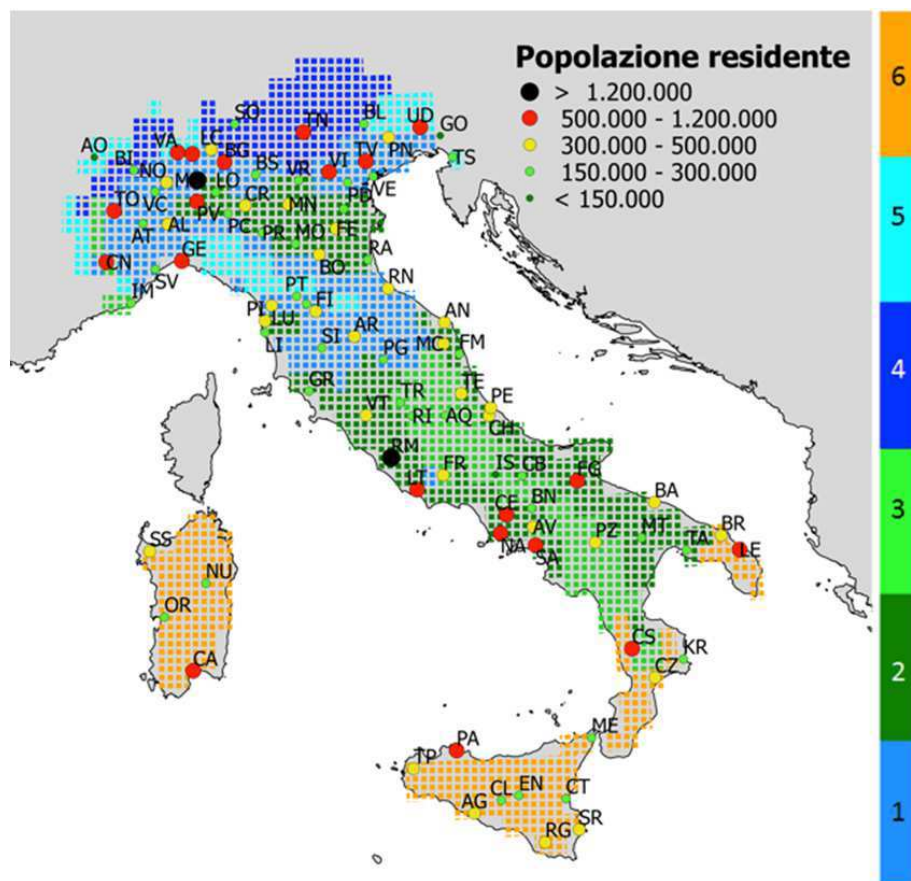


Figura 18: Macroregioni identificate dal PNACC

L'area metropolitana Pistoia – Prato – Firenze ricade nella **Macroregione 1: Prealpi e Appennino settentrionale**.

Per individuare compiutamente gli effetti dell'intervento proposto sull'ambiente e stimare le migliori misure di adattamento ai cambiamenti climatici sono state prese in considerazione gli impatti e le vulnerabilità settoriali previste dal PNACC per le attività antropiche (insediamenti urbani) ricadendo l'intervento proposto in area densamente edificata.

Ciò premesso si individuano quali sono i principali stressor climatici che possono applicarsi agli insediamenti urbani: la macroregione 1 è attualmente caratterizzata da valori intermedi di precipitazioni invernali ed estive, ma da valori elevati degli indicatori relativi ai fenomeni di precipitazione estrema (R20 e R95p).

In un contesto generalizzato di aumento delle temperature medie, i due scenari climatici analizzati prevedono:

- per l'**RCP 4.5** una riduzione delle precipitazioni estive e invernali, anche se per la Toscana e per alcune zone del Veneto queste ultime sono previste in aumento, ed un loro aumento di intensità;
- per l'**RCP 8.5** un aumento più marcato delle temperature medie ed estreme, una riduzione delle precipitazioni estive ed un aumento di quelle invernali. Nella parte dell'area che ricade sulla Toscana si prevede un aumento complessivo dei fenomeni di precipitazione e degli estremi.

Gli *stressor* climatici più rilevanti per gli insediamenti urbani dell'area sono quindi l'intensificarsi delle precipitazioni medie ed estreme, che in parte di Toscana e Veneto possono diventare anche più frequenti aggravando un'esposizione già esistente e la riduzione delle precipitazioni nel periodo estivo. Gli impatti potenziali più rilevanti sugli insediamenti urbani saranno ragionevolmente quelli associati ad eventi di dissesto idrogeologico in area urbana, con possibili incidenze su infrastrutture e servizi, nonché problemi legati alla scarsità e relativa gestione delle risorse idriche, soprattutto nel periodo estivo.

La propensione al rischio dei centri urbani al cambiamento climatico, in quanto ambienti artificiali, è determinata tanto dai fattori climatici quanto da quelli non climatici che contribuiscono a definirne esposizione, sensibilità e resilienza.

Tra i fattori non climatici, si rilevano: l'elevata densità di popolazione, beni e servizi indispensabili per la salute e la sicurezza (per es. distribuzione di acqua potabile ed energia, funzionamento del sistema fognario e rimozione dei rifiuti, infrastrutture di trasporto e comunicazione), la posizione (per es. rispetto a fiumi o coste, pendii più o meno stabili etc.), le caratteristiche morfologico-strutturali (per esempio scarsità di vegetazione e abbondanza di superfici riflettenti, densità e altezza delle costruzioni, suoli altamente impermeabilizzati), che ne accentuano la vulnerabilità a modificazioni nella temperatura dell'aria, nella direzione del vento e nel regime delle precipitazioni medie ed estreme.

Gli insediamenti urbani non sono poi dotati di resilienza "naturale": ovvero non sono in grado di rispondere in maniera autonoma a queste pressioni con trasformazioni utili ad adattare il sistema ai mutamenti esterni che, già presenti, verranno ulteriormente esacerbati dai cambiamenti climatici.

Nella tabella seguente viene riportato un elenco dei principali fattori di stress climatico e delle relative ripercussioni di natura sociale ed economica specifici per le aree urbane.

Stressor climatico	Evento indotto	Impatti
Eventi estremi di precipitazione (generalizzato, ma particolarmente rilevante nelle macroregioni 1, 2D RCP4.5, 2C RCP8.5, 3C RCP8.5 e 6D RCP4.5, 6C RCP8.5)	Alluvioni urbane	<ul style="list-style-type: none"> - Distruzione di case, luoghi di lavoro e infrastrutture - Degradazione del verde pubblico - Perdita di biodiversità - Perdita del patrimonio immobiliare e delle comunità private - Perdita di posti di lavoro e fonti di reddito - Danni al patrimonio culturale - Incertezza nella pianificazione dell'uso del suolo a lungo termine e nella progettazione di infrastrutture - Interruzione servizi pubblici e non - Costi per l'installazione di sistemi e incremento dei costi assicurativi - Costi per periodi improduttivi
Eventi estremi di temperatura (generalizzato e in particolare macroregioni 2 e 6, 5B RCP4.5)	Ondate di calore esacerbate da effetti di isola di calore urbana e diminuzione qualità dell'aria	<ul style="list-style-type: none"> - Problemi di salute pubblica - Danni al patrimonio culturale - Aumento domanda energetica degli edifici - Aumento del fenomeno dell'isola di calore - Aumento di aree geografiche e stagionalità per la diffusione di malattie trasmesse da vettori - Aumento rischio incendi - Perdita di biodiversità - Ridotta capacità di lavorare, ridotta produttività, ritardate consegne di prodotti e servizi ai clienti - Riduzione nell'uso degli spazi pubblici e quindi della vita sociale - Ostacoli nella fornitura di beni e nel trasporto di pendolari per danni a infrastrutture (strade/binari deformati dalle alte temperature) - Problemi di raffreddamento delle centrali energetiche e mancata erogazione di energia - Costi per periodi improduttivi
Aumento delle temperature medie (generalizzato e in particolare macroregioni 2 RCP8.5, e 4)	Riscaldamento area urbana	<ul style="list-style-type: none"> - Anticipo e aumento della durata di periodi di pollinazione - Problemi di salute pubblica
Riduzione media delle precipitazioni (macroregioni 1, 2, 3B RCP4.5, 3 RCP8.5 e soprattutto zona 6)	Scarsità/qualità idrica	<ul style="list-style-type: none"> - Competizione per uso dell'acqua con altri settori (agricoltura e turismo) - Diminuzione fornitura acqua - Limitato accesso all'acqua potabile - Aumentato rischio di contaminazione delle acque - Aumento rischio incendi
Aumento del livello del mare	Aumento erosione costiera e inondazioni	<ul style="list-style-type: none"> - Perdita di patrimonio privato di proprietà della comunità - Perdita di porzioni di spiaggia - Modifiche alle zone umide per livello del mare, erosione costiera e intrusione di acqua salata - Perdita di biodiversità - Perdita del patrimonio culturale

Nota: qualora non indicato il cluster di anomalie (A, B, C, D, E), le medesime sono da considerarsi caratterizzanti l'intera macroregione climatica.

Tabella: Principali stressor climatici e impatti dei cambiamenti climatici sulle città e sui servizi erogati

I tre eventi di maggiore stressor climatico per l'area in esame risultano quindi essere:

- eventi estremi di precipitazione
- eventi estremi di temperatura, ondate di calore e qualità dell'aria
- scarsità idrica

3.1 – Eventi di precipitazione intensa

L'analisi condotta finora evidenzia come, gli indicatori R20 (relativo al numero di giorni con precipitazione giornaliera superiore ai 20 mm) e R95p (relativo al 95° percentile della precipitazione), sia per lo scenario RCP4.5 che RCP8.5, mostrino una tendenza quasi generalizzata all'aumento, già in un prossimo futuro e per praticamente tutte le macroregioni climatiche della Penisola.

La vulnerabilità urbana agli eventi di precipitazione intensa è ben rappresentata dagli episodi che negli ultimi anni si sono verificati in Italia provocando danni importanti e, in alcuni casi, anche vittime nelle aree urbane. Prendendo a riferimento l'ultimo quinquennio, a titolo di esempio si cita Genova, dove nel 2011 durante due eventi di questo tipo verificatisi a distanza di pochi giorni hanno perso la vita 19 persone e sono stati provocati danni nell'ordine di diverse decine di milioni di Euro, e sempre Genova nel 2014 con una vittima e danni nell'ordine di circa 100 milioni di Euro.

Gli eventi di precipitazione intensa espongono le città a rischi dovuti principalmente a due fenomeni:

- esondazione di corpi idrici superficiali in seguito a eventi che interessano bacini idrici più o meno grandi a monte delle aree urbane,
- inondazioni nelle aree urbane per mancata capacità dei sistemi di drenaggio di smaltire quantità di acqua superiori ai valori per i quali essi erano stati progettati.

Il deflusso di queste acque avviene di conseguenza prevalentemente per via superficiale creando accumuli e corsi di acqua nelle strade, nelle zone e infrastrutture più basse come sottopassi, metro, etc., e nei piani inferiori degli edifici.

L'esposizione degli insediamenti urbani in Italia agli impatti degli eventi di precipitazione intensa deriva, in parte dalle caratteristiche oggettive *geografiche e idrogeologiche* del territorio, ma soprattutto dalla loro forma e ubicazione. Qui, fattori antropogenici legati principalmente al processo di urbanizzazione scarsamente controllato nel corso di tutto l'ultimo secolo, hanno spesso privilegiato le aree alluvionali e i fondo valle di fiumi e torrenti, contribuendo al sostanziale incremento del rischio idrogeologico in tutte le aree urbane. Anche la trasformazione del territorio e dei corsi d'acqua indotta dall'urbanizzazione ha agito in questo senso. Trasformando infatti suoli permeabili in superfici impermeabili quali strade, parcheggi, piazze ed edifici, e cementificando argini e letti dei corsi d'acqua, si è sostanzialmente aumentata la frequenza e l'intensità delle onde di piena nei centri abitati.

Desti particolare preoccupazione notare come nonostante il trend demografico che aveva spinto l'urbanizzazione in Italia nella seconda metà del ventesimo secolo sia ormai decisamente rallentato, quello della trasformazione del suolo in aree impermeabili, continui a crescere.

E' importante sottolineare che l'eterogeneità nella vulnerabilità tra i diversi insediamenti urbani si riproduce anche all'interno degli stessi. I tassi di sensibilità variano tra aree a seconda del modo in cui zone residenziali, servizi, aree produttive e infrastrutture sono disposte.

3.2 – Eventi estremi di temperatura, ondate di calore e qualità dell'aria

Gli ultimi decenni in Italia sono stati caratterizzati da aumenti significativi delle temperature medie e degli eventi di ondate di calore, definiti da alcuni indici tra i quali il WSDI (*Warm Spell Duration Index*) che negli ultimi 50 anni (dal 1961 al 2013) ha sempre superato la media climatologica. I valori più elevati si sono registrati nel 2003 (con una anomalia della durata media in Italia dell'ondata di calore di 45 giorni), ma anche il 2007 e il 2011 hanno registrato valori delle anomalie prossimi ai 30 giorni. Le stime, inoltre, mostrano un incremento nella durata delle ondate di calore in Italia con un ritmo di circa 4 giorni ogni 10 anni, un incremento delle notti tropicali (cioè con temperature > 20°C), dei *summer days* (con temperature medie > 25°C) e ad una riduzione dei *frost days* (con temperature < 0°C).

Gli anni 2013, 2014 e 2015 sono stati progressivamente, anche in Italia, gli anni più caldi (temperatura media più elevata) a partire dal 1880, confermando il trend di incremento a scala globale. Nel 2015, la temperatura media in Italia è stata superiore di +1.6°C rispetto alla serie storica 1961-1990, con un'anomalia più marcata in estate (+2.5°C).

Le proiezioni effettuate per i due scenari di concentrazione di CO₂ RCP 4.5 e 8.5 evidenziano un intensificarsi di questi fenomeni nel corso del secolo in particolare nelle macroregioni 2 e 6 che saranno quindi particolarmente vulnerabili a ondate di calore e temperature estreme.

Essendo un sistema artificiale, l'ambiente urbano è caratterizzato dalla presenza di superfici ricoperte da cemento e asfalto e con poche aree di carattere naturale (suolo e vegetazione). Gran parte del suolo risulta impermeabilizzato dall'asfalto ed estremamente secco, mentre gli edifici, attraverso i loro materiali di costruzione e le superfici lisce, assorbono la radiazione solare (diretta e riflessa dalle superfici circostanti come raggi infrarossi) accumulando e liberando calore che va ad aggiungersi a quello proveniente dai processi di combustione dei veicoli, dall'industria e dagli impianti di climatizzazione.

Le temperature medie dei centri urbani possono quindi risultare più elevate anche di 5-10 °C rispetto alle aree rurali circostanti, aumentando progressivamente dalla periferia al centro. Questo è il cosiddetto fenomeno della “*isola di calore*” particolarmente intenso nel periodo notturno in virtù della capacità degli edifici di cedere in modo differito il calore accumulato durante il giorno. Il fenomeno è esasperato dalla particolare struttura di molti agglomerati urbani (es. canyon), che riduce i moti convettivi, la ventilazione, e quindi anche la capacità di dispersione del calore rispetto alle aree naturali più aperte, cui segue un aumento della temperatura percepita.

Le principali conseguenze sono impatti sulla salute da stress termico che si traducono in incrementi di mortalità per cardiopatie ischemiche, ictus, nefropatie, disturbi metabolici etc. Particolarmente vulnerabili sono pazienti con patologie già in atto, anziani (> 75 anni), bambini, e persone che vivono in condizioni economiche svantaggiate, ma anche i lavoratori costretti ad esposizioni prolungate alle alte temperature per motivi professionali (lavoratori *outdoor*).

Come evidenziato da recenti studi, esiste inoltre una associazione piuttosto stretta tra condizioni climatiche

e inquinamento atmosferico. Le attività antropiche proprie degli insediamenti urbani (traffico veicolare, centrali termoelettriche, riscaldamento e condizionamento degli edifici) sono responsabili dell'immissione in atmosfera non solo di gas ad effetto serra (CO₂, CH₄), ma anche di sostanze quali SO₂, NO₂, CO, benzene (C₆H₆), particolato fine (PM₁₀ e PM_{2.5}) e ozono troposferico (O₃) che compromettono la qualità dell'aria (IPCC, 2013). Oltre che dall'immissione diretta, queste sostanze derivano anche da reazioni chimiche secondarie, a partire dai loro precursori in atmosfera, innescate dall'energia fornita dal sole. I fenomeni atmosferici regolano i processi di trasporto, dilavamento e trasformazione chimica di questi composti. Pertanto i cambiamenti climatici, alterando i primi (soprattutto il regime dei venti, delle precipitazioni, l'altezza dello strato di rimescolamento degli inquinanti, temperature e irraggiamento solare), incidono anche sui secondi .

Sia l'Unione Europea (D.lgs. 155/2010) sia l'Organizzazione Mondiale della Sanita (WHO 2000) hanno stabilito dei valori soglia nelle concentrazioni giornaliere e annuali di tali composti, che consentono di monitorare il rischio per la popolazione derivante da prolungate esposizioni ad elevati livelli di inquinanti.

Inquinante	Valore limite giornaliero/orario	Valore limite annuale	Fonte	Rischi per la salute umana
PM ₁₀	50 µg/m ³ (giornaliero) meno di 35 volte/anno	40 µg/m ³	D.lgs. 155/2010	- Malattie apparati respiratorio e cardiovascolare - Tumore polmonare - Parto pre-termine e basso peso neonati
PM _{2.5}		25 µg/m ³ entro 1/1/2015 20 µg/m ³ entro 1/1/2020	D.lgs. 155/2010 Direttiva 2008/50/CE	- Malattie apparato respiratorio e polmonare - Parto pre-termine e basso peso neonati
NO ₂	200 µg/m ³ (orario) meno di 18 volte/anno	40 µg/m ³	D.lgs. 155/2010	- Irritazioni apparato respiratorio, occhi - Disturbi respiratori e cardiovascolari
O ₃		120 µg/m ³ (OLT = Ob. Lungo Termine)	D.lgs. 155/2010	- Irritazioni/infiammazioni apparato respiratorio e polmonare - Disturbi respiratori e cardiovascolari - Morte prematura in presenza di malattie cardio-vascolari
Benzene		5 µg/m ³	D.lgs. 155/2010	- Agente cancerogeno
Arsenico		6 ng/m ³	D.lgs. 155/2010	- Agente cancerogeno
Cadmio		5 ng/m ³	D.lgs. 155/2010	- Agente cancerogeno
Nichel		20 ng/m ³	D.lgs. 155/2010	- Agente cancerogeno

Tabella – Valori soglia dei principali inquinanti e principali rischi associati.

Se analizziamo il territorio Italiano, particolarmente a rischio in seguito a cambiamenti delle variabili climatiche maggiormente coinvolte nei processi di formazione e trasporto degli inquinanti atmosferici, risultano le macroregioni 2, 3 e 6.

Un aumento della concentrazione media estiva di O₃ troposferico di circa 4 — 2 ppm è inoltre previsto per il Centro e Nord Italia entro la fine del secolo, rispetto alla concentrazione media del periodo 1991-2000, mentre incrementi trascurabili sono previsti nell'Italia del Sud.

il clima in Toscana nel 2022

2022: l'anno più caldo

Il 2022 è risultato in Toscana l'anno più caldo della serie storica a partire dal 1955. L'anomalia di temperatura media, rispetto al recente periodo 1991-2020, è stata di +1.3°C, mentre, rispetto alla climatologia 1961-1990, lo scarto è stato addirittura di +2,2 °C.

+1.3°C

rispetto al 1991-2020

+2.2°C

rispetto al 1961-1990



il clima in Toscana nel 2022

ESTATE da record

L'estate 2022 è stata la **più calda** mai registrata **in Europa**. In Italia si è rivelata la **seconda più calda** mai registrata dal 1800, seconda solo al 2003.

In Toscana l'**estate 2022 è la seconda più calda**, con un'anomalia di +2.4 °C rispetto alla T. media e +2.8 °C per le temperature massime.

+2.4°C

rispetto al 1991-2020



Registrata una ondata di calore di lunga durata e cinque ondate di calore di breve durata.



Estratti dei dati sull'anno climatico 2022 per la Regione Toscana, elaborati e presentati dal LaMMA lo scorso 25 gennaio 2023.

3.3 – Scarsità idrica

Un ulteriore *stressor* climatico rilevante per le aree urbane deriva dalla riduzione delle precipitazioni, soprattutto nel periodo estivo, caratteristica saliente in tutte le macroregioni climatiche italiane ad eccezione di alcune zone del Veneto e della Toscana e delle zone alpine. Questo fenomeno determinerà situazioni di siccità e scarsità idrica più frequenti con conseguente aumento della competizione tra domanda d'acqua potabile per uso urbano e per usi agricoli, industriali-energetici e per garantire il funzionamento dei servizi ecosistemici. Questo conflitto potenziale si colloca in un contesto di stress idrico medio-alto già oggi, in cui si sfrutta più del 30% delle risorse idriche rinnovabili, a fronte di un obiettivo di un'Europa efficiente nell'impiego delle risorse che prevede di non estrarre più del 20% delle risorse idriche rinnovabili disponibili. In realtà, la richiesta di acqua potabile rappresenta solo il 12% delle derivazioni di acqua a livello nazionale e la legislazione attribuisce inoltre la priorità dell'uso potabile su tutti gli altri usi (d. lgs. n 152/2006).

Tuttavia, le città rimangono altamente vulnerabili alla scarsità idrica, soprattutto per la dipendenza da singole (e potenzialmente limitate) fonti di approvvigionamento. Questa vulnerabilità è emersa per esempio durante gli eventi di siccità del 2003/2007, in città come Ferrara e Parma che dipendono principalmente da prelievi da fiume. Un secondo fattore che determina la vulnerabilità delle aree urbane rispetto alla scarsità idrica è dovuto al fatto che il fabbisogno di acqua potabile sta crescendo. A fronte di consumi pro capite medi nazionali in diminuzione, grazie a strategie di incentivazione economica e di comunicazione che hanno promosso il risparmio idrico, sia la quantità di acqua prelevata per uso potabile, sia la quantità di acqua immessa nelle reti comunali di distribuzione, sono cresciute del 3,8 e del 2,6% rispettivamente.

Al contempo, le quantità di acqua disperse nella rete sono aumentate dal 2008 al 2012 dal 32,1% al 37,4%. Questo aumento può in parte essere attribuito ad una migliore contabilizzazione e maggiore diffusione di contatori, a correzione di una precedente sottostima del fenomeno. Si osserva però anche una oggettiva riduzione degli investimenti nel settore idrico, che comporta una riduzione delle attività di manutenzione degli impianti e contribuisce al fenomeno di dispersione. Il fenomeno non è distribuito in maniera uniforme tra le regioni e i tassi di efficienza della rete di distribuzione sono tendenzialmente inferiori proprio in quelle macroregioni climatiche (3, appennino centro-meridionale e 5, sud e isole) che sono maggiormente esposte a scarsità idrica.

4 – Misure e azioni di adattamento

Adattamento significa anticipare gli effetti avversi dei cambiamenti climatici e adottare misure adeguate a prevenire o ridurre al minimo i danni che possono causare oppure sfruttare le opportunità che possono presentarsi.

Secondo il PNACC 2022 le misure di adattamento ai cambiamenti climatici possono classificarsi in soft, verdi (green) o infrastrutturali/tecnologiche (gray).

Misure soft: includono misure di policy, giuridiche, sociali, gestionali, finanziarie, che possono modificare il comportamento e gli stili di vita, contribuendo a migliorare la capacità adattiva e ad aumentare la consapevolezza sui temi del cambiamento climatico.

Misure verdi (green): prevedono azioni basate sulla natura/ecosistemi, che impiegano i servizi multipli forniti dagli ecosistemi naturali per migliorare la resilienza e la capacità adattiva.

Misure infrastrutturali/tecnologiche (gray): interventi fisici e/o misure costruttive utili a rendere gli edifici, le infrastrutture, le reti, i territori, più resilienti ai cambiamenti climatici.

Le azioni settoriali di adattamento che verranno declinate all'interno delle singole misure dovranno poi essere valutate rispetto ai criteri di efficacia, efficienza economica, effetti di secondo ordine, performance in presenza di incertezza e considerazioni per l'implementazione politica, al fine di individuare le giuste priorità nell'elenco delle misure scelte.

I criteri sui quali è basato il giudizio delle azioni risultano di più facile applicazione alle azioni *grey* e *green* rispetto a quelle *soft* (applicare criteri come efficacia, efficienza economica ed effetti di secondo ordine ad azioni non strutturali può risultare complesso a causa della loro intrinseca immaterialità) ma, nonostante questo, le azioni *soft* tendono tutte ad essere robuste, flessibili e soprattutto urgenti. È molto importante, quindi, che esse precedano le azioni *green* e *grey* facendo da “precursori all'azione” e creando le condizioni ottimali di governo del territorio alla base di una efficace pianificazione e successiva attuazione delle azioni “materiali”.

Mentre le azioni *soft* e *green* risultano di fatto da inserirsi più compiutamente in un contesto di governance a livello nazionale o regionale, le azioni infrastrutturali e tecnologiche possono essere declinate con maggiore dettaglio a livello locale, con alcune applicazioni materiali all'intervento proposto.

A partire dall'analisi del contesto climatico del territorio locale precedentemente approfondito e del contesto ambientale, si analizzano pertanto di seguito gli scenari di pericolosità collegabili direttamente o indirettamente al cambiamento climatico dai quali potrebbero derivare effetti negativi sull'intervento stesso o sul contesto in cui questo si inserisce e le misure di adattamento che potrebbero essere adottate.

4.1 – Eventi estremi di precipitazioni

Elementi di contesto climatico

L'analisi del contesto climatico e le proiezioni fin qui esplicitate hanno messo in luce un certo e graduale peggioramento delle condizioni di vulnerabilità climatica dovuta ad eventi estremi di precipitazioni sia per lo scenario RCP4.5 che RCP8.5, mostrando una tendenza quasi generalizzata all'aumento, già in un prossimo futuro e per praticamente tutte le macroregioni climatiche della Penisola.

Gli eventi di precipitazione intensa espongono le città a rischi dovuti principalmente a due fenomeni:

- esondazione di corpi idrici superficiali in seguito a eventi che interessano bacini idrici più o meno grandi a monte delle aree urbane, fenomeno le cui adeguate misure di adattamento attengono

Rimane pertanto di particolare rilevanza sull'edificato esistente effettuare la manutenzione periodica delle caditoie al fine di mantenerne le adeguate prestazioni sull'impianto di smaltimento acque meteoriche.

Per le nuove realizzazioni sugli spazi esterni le soluzioni adattive che possono essere adottate prevedono sostanzialmente l'utilizzo di materiali a ridotta impermeabilità che limitino il fenomeno del *run-off* come:

- aggregati quali materiali minerali grezzi di origine naturale o artificiale;
- pavimentazioni a giunto aperto e a giunto aperto inerbite;
- superfici porose come asfalto o cemento porosi;
- aree verdi.

Oltre alle misure infrastrutturali e tecnologiche sopra evidenziate, si rileva che possano essere adottate anche misure di policy, giuridiche, sociali, gestionali, finanziarie, cosiddette misure soft, che possono contribuire a migliorare la capacità adattiva e ad aumentare la consapevolezza degli utenti sui temi del cambiamento climatico. Tra quest'ultime si annoverano lo sviluppo sistemi di early warning (agendo sulla capacità di risposta della popolazione) e la redazione di piani di emergenza aggiornati che tengano conto degli eventi a pericolosità da flash flood elevata.

TABELLA RIEPILOGATIVA

Valutazione del rischio	Sorgente di pericolo	Aumento in frequenza ed intensità delle piogge estreme
	Impatto atteso	Inondazione aree urbane
	Elementi esposti	Edifici ed infrastrutture urbane Popolazione
	Vulnerabilità degli elementi esposti	Sensitività: infrastrutture non adeguate
	Rischio	Danni a strutture e persone
Individuazione obiettivi ed opzioni	Obiettivo specifico	Ridurre i danni
	Misure di adattamento	Adegamenti strutturali ed impiantistici. Corretta manutenzione periodica dei sistemi di smaltimento acque meteoriche.
		Sviluppo di sistemi di early warning (agendo sulla capacità di risposta)
		Redazione piani di emergenza

4.2 – Eventi estremi di temperatura, ondate di calore e qualità dell’aria

Elementi di contesto climatico

L’analisi del contesto climatico e le proiezioni effettuate per i due scenari di concentrazione di CO₂ RCP 4.5 e 8.5 evidenziano un intensificarsi futuro degli eventi estremi di temperatura e ondate di calore nel corso del secolo in particolare nelle macroregioni 2 e 6 che mostrano quindi una particolare vulnerabilità di cui tenere conto.

L’aumento delle temperature medie e delle temperature massime estreme e del numero delle ondate di calore può influire sulla fruizione dell’ambiente da parte degli utilizzatori e del personale, per cui l’impatto associato a questo rischio rimane elevato.

Elementi di contesto ambientale

I 4 lotti costituenti l’intervento in oggetto ricadono in aree cittadine fortemente antropizzate con la presenza ampie superfici impermeabili e risultano pertanto esposte agli effetti degli eventi climatici in esame.

Impatti attesi

- Problemi di salute pubblica
- Aumento domanda energetica edifici ed impianti
- Aumento del fenomeno isola di calore
- Aumento rischi incendi
- Ridotta capacità di lavorare e produttività
- Costo per periodi improduttivi

Misure di adattamento applicabili

La vulnerabilità al pericolo di ondate di calore e all’aumento delle temperature massime estreme dipende dalla temperatura dell’aria e dalla temperatura superficiale:

- la temperatura dell’aria è influenzata principalmente dalla possibilità di ventilazione di uno spazio;
- la temperatura superficiale è invece influenzata da diversi fattori tra cui la radiazione solare, l’albedo, la presenza di superfici evapotraspiranti, la velocità con cui i materiali assorbono e disperdono calore (ovvero in base alla conduttività ed all’inerzia termica dei materiali).

Per quanto sopra esposto, le misure di adattamento che potrebbero essere messe in atto al fine di ridurre il rischio prevedono:

- l’adozione di soluzioni per l’ombreggiamento di edifici e superfici esterne per attenuare l’intensità della radiazione solare;
- la determinazione delle caratteristiche dei nuovi edifici al fine di promuovere la ventilazione urbana

- la riduzione delle fonti di caldo diretto come, ad esempio, le macchine termiche dei sistemi di condizionamento;
- l'applicazione dei sistemi della bioclimatica alla progettazione di nuovi insediamenti o fabbricati;
- l'incremento dell'evaporazione attraverso l'aumento di superfici verdi (tetti e pareti) e la piantumazione di alberi e arbusti;
- l'utilizzo di materiali da rivestimento e finiture di copertura, facciate e pavimenti da esterno dotati di particolari caratteristiche radiative e colori chiari.

Per il tipo di investimento oggetto della presente relazione, risultano di difficile adozione le misure di tipo infrastrutturale e tecnologico, non essendoci interventi diretti su fabbricati.

Si ritiene tuttavia possano considerarsi proficue le misure di tipo soft, dirette a migliorare la capacità adattiva degli utenti dei 4 impianti sportivi aumentandone la consapevolezza sui temi del cambiamento climatico.

TABELLA RIEPILOGATIVA

Valutazione del rischio	Sorgente di pericolo	Aumento in frequenza ed intensità delle ondate di calore. Aumento generalizzato delle temperature estreme.
	Impatto atteso	Problemi di salute pubblica. Aumento rischi incendi.
	Elementi esposti	Edifici ed infrastrutture urbane. Popolazione.
	Vulnerabilità degli elementi esposti	Sensitività: infrastrutture ed aree esterne non adeguate
	Rischio	Danni a strutture e persone
Individuazione obiettivi ed opzioni	Obiettivo specifico	Ridurre i danni
	Misure di adattamento	Informativa rivolta alla popolazione sui rischi legati alle ondate di calore Sviluppo di sistemi di early warning (agendo sulla capacità di risposta)

4.3 – Scarsità idrica

Elementi di contesto climatico

L'analisi del contesto climatico sopra completata ha evidenziato che i cambiamenti climatici in atto comporteranno una sempre maggiore alternanza tra periodi di forte siccità a periodi soggetti ad alluvioni, per cui l'impatto associato a questo rischio rimane elevato.

Elementi di contesto ambientale

I 4 lotti costituenti l'intervento in oggetto risultano esposti agli effetti degli eventi climatici in esame, in particolare in considerazione del fatto che il progetto dei 4 impianti sportivi prevede la realizzazione di nuovi impianti di irrigazione con recupero delle acque piovane e di dilavamento che integrano pertanto il sistema irriguo alimentato da acquedotto cittadino.

Impatti attesi

- Difficile reperimento risorse idriche per uso irriguo
- Aumento rischi incendi
- Aumento rischio degrado infrastrutture sportive

Misure di adattamento applicabili

Si ritiene di poter intervenire per limitare gli impatti attesi dal rischio climatico in esame prevedendo un impianto di irrigazione con vasche di recupero che possa ottimizzare le risorse idriche nel tempo.

Tra le misure soft da poter adottare si annoverano delle idonee campagne di sensibilizzazione sull'utenza degli impianti sportiva per una gestione attenta ed oculata della risorsa idrica.

TABELLA RIEPILOGATIVA

Valutazione del rischio	Sorgente di pericolo	Scarsità idrica
	Impatto atteso	Difficile reperimento risorse idriche per uso irriguo. Aumento rischi incendi.
	Elementi esposti	Edifici ed infrastrutture urbane. Popolazione.
	Vulnerabilità degli elementi esposti	Sensibilità: infrastrutture ed aree esterne non adeguate
	Rischio	Danni a strutture e persone
Individuazione obiettivi ed opzioni	Obiettivo specifico	Ridurre i danni
	Misure di adattamento	Predisposizione sistemi recupero acque piovane e di

		dilavamento
		Informativa contro lo spreco della risorsa idrica

4.4 – Eventi estremi legati al fattore vento

Elementi di contesto climatico

Non sono presenti indicatori climatici strettamente correlati al fattore vento per l'area di intervento.

La formazione di trombe d'aria e tornado richiede la presenza simultanea di diverse condizioni: elevata umidità, instabilità atmosferica (marcati gradienti verticali di temperatura) e forte variazione della direzione e dell'intensità del vento con la quota.

I modelli previsionali per i cambiamenti climatici prevedono nel futuro una maggiore energia rilasciata dal mare e una maggiore instabilità atmosferica è possibile quindi attendersi una diminuzione del numero di tornado e trombe d'aria ma un aumento dell'intensità dei singoli fenomeni.

Elementi di contesto ambientale

I 4 lotti costituenti l'intervento in oggetto ricadono in aree cittadine fortemente antropizzate e risultano pertanto esposte agli effetti degli eventi climatici in esame.

Impatti attesi

- Danni al patrimonio immobiliare
- Interruzione pubblici servizi e servizi privati
- Pericolo per incolumità di persone e animali
- Perdita posti di lavoro
- Incremento costi assicurativi
- Costi per periodi improduttivi

Misure di adattamento applicabili

Dal momento che questo fenomeno è occasionale e difficilmente prevedibile, la misura di adattamento soft più efficace rimane lo sviluppo di un sistema di allerta a livello locale.

Per l'intervento specifico del Lotto IV impianto sportivo "O. Fantaccini" si rileva invece che, prevedendo la sostituzione dell'impianto di illuminazione esistente con la fornitura e posa di 4 nuovi torri faro, le stesse sono state soggette alle previste verifica di stabilità a vento secondo la normativa vigente.

TABELLA RIEPILOGATIVA

Valutazione del rischio	Sorgente di pericolo	Tempeste di vento. Trombe d'aria
	Impatto atteso	Danni al patrimonio immobiliare Interruzione pubblici servizi e servizi privati Pericolo per incolumità di persone e animali Perdita posti di lavoro Incremento costi assicurativi Costi per periodi improduttivi
	Elementi esposti	Edifici ed infrastrutture urbane. Popolazione.
	Vulnerabilità degli elementi esposti	Sensitività: infrastrutture ed aree esterne non adeguate
	Rischio	Danni a strutture e persone
Individuazione obiettivi ed opzioni	Obiettivo specifico	Ridurre i danni
	Misure di adattamento	Sviluppo di sistemi di early warning (agendo sulla capacità di risposta)

Firmato da:

SERENA ORLANDI

codice fiscale RLNSRN69M62G999G

num.serie: 7201182421660051815

emesso da: ArubaPEC EU Qualified Certificates CA G1

valido dal 17/02/2022 al 15/01/2024

CECILIA ARIANNA GELLI

codice fiscale GLLCLR82C55G999Y

num.serie: 1083271728816790199

emesso da: ArubaPEC EU Qualified Certificates CA G1

valido dal 16/02/2022 al 27/11/2023

LAURA BENFANTE

codice fiscale BNFLRA91R51D575M

num.serie: 341788607412676946

emesso da: ArubaPEC EU Qualified Certificates CA G1

valido dal 17/06/2022 al 17/06/2025