



Finanziato
dall'Unione europea
NextGenerationEU



comune di
PRATO
Codice Fiscale: 84006890481

Progetto

MUSEO D'ARTE CONTEMPORANEA L. PECCI - INTERVENTI DI MANUTENZIONE STRAORDINARIA DELLA CORTE INTERNA AL TEATRO

CUP

C37H21000470004

Titolo

Valutazione rischio climatico e analisi adattabilità

Fase

Progetto Esecutivo

Servizio	Servizio Edilizia storico monumentale e immobili comunali, Politiche energetiche e Datore di Lavoro
Dirigente del servizio	Arch. Francesco Caporaso
Responsabile Unico del Procedimento	Arch. Antonio Silvestri

Progettisti delle opere architettoniche

Arch. Antonio Silvestri - Comune di Prato
Arch. Elena Vitali - Comune di Prato

Collaboratore

Arch. tir. Gabriele Pierini

Progettista degli impianti elettrici e antincendio

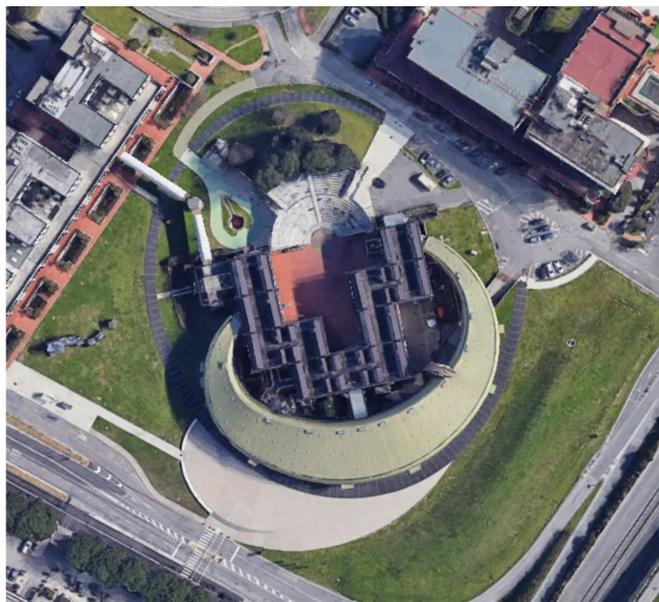
CMA srl - PI Alessio Diegoli

Coordinatore alla sicurezza in fase di progettazione

Geom. Marco Polidori

Legenda codici

A - opere architettoniche
E - impianti elettrici
M - impianti meccanici
Sic - sicurezza



Elaborato: R - RCA

Scala: ---

Spazio riservato agli uffici:



PNRR - Missione 5 – Inclusione e Coesione – Componente 2 - Investimento 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: “MUSEO D'ARTE CONTEMPORANEA L. PECCI – INTERVENTI DI MANUTENZIONE STRAORDINARIA DELLA CORTE INTERNA AL TEATRO”.

CUP: C37H21000470004

FASE: PROGETTO ESECUTIVO

VALUTAZIONE RISCHIO CLIMATICO E ANALISI ADATTABILITÀ

ABBREVIAZIONI

CMCC	Centro Euro-Mediterraneo sui Cambiamenti Climatici
CORDEX	Coordinated Regional Climate Downscaling Experiment
FD	<i>Frost day</i> – Media annuale del numero di giorni con temperatura minima al di sotto del 0° C
GCM	Global Circuition Model
IPPC	Intergovrnmental pannel on Climate Change
PNACC	Piano Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici
R20	Giorni di precipitazione intense
R95p	95° percentile di precipitazione
RCM	Regional Climate Model
Scenari PCR	Representative Concentration Pathways – scenari di emissione nonché rappresentazioni plausibili del futuro sviluppo delle concentrazioni dei gas effetto serra e degli aerosol.
SP	Cumulata delle precipitazioni estive
SPEI	Standardized Precipitation Evopatrpiration Index
SU95p	<i>Summer day</i> – Media annuale del numero di giorni con temperatura massima maggiore di 29.2° C (valore medio del 95° percentile della distribuzione delle temperature massime osservate tramite E-OBS)
SVF	<i>Sky view factor</i>
Tmaen	Temperatura media annuale
WP	Cumulata delle precipitazioni invernali



1. PREMESSA

Secondo quanto disposto dal Regolamento UE 2021/241, ogni investimento compreso nel piano per la ripresa e la resilienza (PNRR) deve essere conforme al principio di “non arrecare un danno significativo” a sei obiettivi ambientali espressi dal regolamento Tassonomia (Regolamento UE 2020/852). 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 presenti valutazioni 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.

In particolare, per quanto attiene alle attività oggetto di valutazione (par 7.2 Ristrutturazione di edifici esistenti), in merito all’adattamento ai cambiamenti climatici il regolamento prevede che l’intervento soddisfi i criteri di cui all’Appendice A, ovvero che sia effettuata una solida valutazione del rischio climatico e della vulnerabilità con cui, per i pericoli climatici fisici (Figura 1) che possono rappresentare un rischio rilevante per l’intervento, valutare opportune misure di adattamento per la riduzione del rischio.



	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	

Figura 1: Classificazione dei pericoli legati al clima, da Regolamento Delegato UE 2021/2139, Sezione II Appendice A all'Allegato 1

Obiettivo del presente elaborato è quindi quello di sviluppare una valutazione del rischio climatico e della vulnerabilità dell'intervento e, conformemente alla procedura definita dal criterio di vaglio tecnico, prevede i seguenti passaggi:

- a) esame dell'attività per identificare quali rischi climatici fisici elencati nella sezione II della presente 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 della presente 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.

2. ANALISI DEL CONTESTO CLIMATICO

Gli ultimi rapporti dell'Intergovernmental Panel on Climate Change IPCC (IPCC, 2014; 2018) hanno confermato l'esistenza del fenomeno del riscaldamento globale, che si sta verificando già su scala multidecennale.



La temperatura media globale attuale è di circa 1°C superiore rispetto ai livelli dell'era preindustriale e ciò sta già determinando importanti effetti, tra i quali l'aumento di fenomeni meteorologici estremi (ondate di calore, siccità, forti piogge), l'innalzamento del livello del mare, la diminuzione del ghiaccio Artico, l'incremento di incendi boschivi, la perdita di biodiversità, il calo di produttività delle coltivazioni.

La regione Mediterranea è considerata uno degli "hot - spot" del cambiamento climatico, con un riscaldamento che supera del 20% l'incremento medio globale e una riduzione delle precipitazioni in contrasto con l'aumento generale del ciclo idrologico nelle zone temperate comprese tra i 30° N e 46° N di latitudine.

L'Accordo di Parigi del 12 dicembre 2015, tra gli Stati membri della Convenzione quadro delle Nazioni Unite sui cambiamenti climatici (UNFCCC), ha l'obiettivo di rafforzare la risposta mondiale alla minaccia posta dai cambiamenti climatici, nel contesto dello sviluppo sostenibile e degli sforzi volti a eliminare la povertà. In particolare, lo scopo è quello di mantenere l'aumento della temperatura media mondiale al di sotto di 2 °C rispetto ai livelli preindustriali e proseguendo l'azione volta a limitare tale aumento a 1,5 °C rispetto ai livelli preindustriali, riconoscendo che ciò potrebbe ridurre in modo significativo i rischi e gli effetti dei cambiamenti climatici. Dall'altra si intende aumentare la capacità di adattamento agli effetti negativi dei cambiamenti climatici e promuovendo la resilienza climatica e lo sviluppo a basse emissioni di gas a effetto serra. In questo ambito le città sono state riconosciute come attori chiave nell'attuazione della stessa politica climatica ed è stata una delle priorità nella realizzazione della Strategia dell'UE di adattamento.

In tal direzione il Patto dei Sindaci per il Clima e l'Energia è l'iniziativa europea per poter coinvolgere più di 7.000 città in tutto il mondo per la condivisione di politiche e strategie per l'adattamento ai cambiamenti climatici.

Per quanto attiene la Regione Toscana, il dibattito sul tema dei cambiamenti climatici ha avuto inizio già a metà degli anni 2000 in particolare attraverso la produzione scientifica del Consorzio LAMMA (si segnala, come esempio: *I cambiamenti climatici in Toscana. Un excursus sulle vulnerabilità del territorio della regione. Pubblicazione realizzata nel 2006*) e di IRPET (*Toscana CO2 - Prime valutazioni sulla sfida dei cambiamenti climatici nel 2009*).

In Regione Toscana è vigente il **Piano Ambientale ed Energetico Regionale (Paer)**, istituito dalla L.R. 14/2007 è stato approvato dal Consiglio regionale con deliberazione n.10 dell'11 febbraio 2015, pubblicata sul Burt n.10 parte I del 6 marzo 2015.

Il Paer si configura come lo strumento per la programmazione ambientale ed energetica della Regione Toscana, e assorbe i contenuti del vecchio Pier (Piano Indirizzo Energetico Regionale), del Praa (Piano Regionale di Azione Ambientale) e del Programma regionale per le Aree Protette.

Il Paer contiene interventi volti a tutelare e a valorizzare l'ambiente ma si muove in un contesto ecosistemico integrato che impone particolare attenzione alle energie rinnovabili e al risparmio e recupero delle risorse.

Il metaobiettivo perseguito dal Paer è la lotta ai cambiamenti climatici, la prevenzione dei rischi e la promozione della green economy.

Tale metaobiettivo si struttura in 4 obiettivi generali, che richiamano le quattro Aree del VI Programma di Azione dell'Unione Europea:

- Contrastare i cambiamenti climatici e promuovere l'efficienza energetica e le energie rinnovabili.
- Tutelare e valorizzare le risorse territoriali, la natura e la biodiversità.
- Promuovere l'integrazione tra ambiente, salute e qualità della vita.
- Promuovere un uso sostenibile delle risorse naturali.



2.1 Analisi dei dati storici

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 di Prato disponibili per tre periodi climatici di riferimento 1971-2000, 1981 - 2010 e 1991 - 2020.

Dai grafici di Figura 2 è possibile rilevare come la temperatura media annua del periodo climatico più recente (1991 - 2020) sia più elevata di +0,3°C e +0,7°C rispetto allo stato climatico dei trentenni 1971 - 2000 e 1971 - 2000.

Le elaborazioni evidenziano inoltre un progressivo incremento della temperatura media annuale, tendenza riscontrabile anche per la temperatura media massima annua e media minima annua (Figura 2). Si noti anche come negli ultimi 20 anni la maggior parte delle osservazioni si trovi sopra delle medie climatiche.

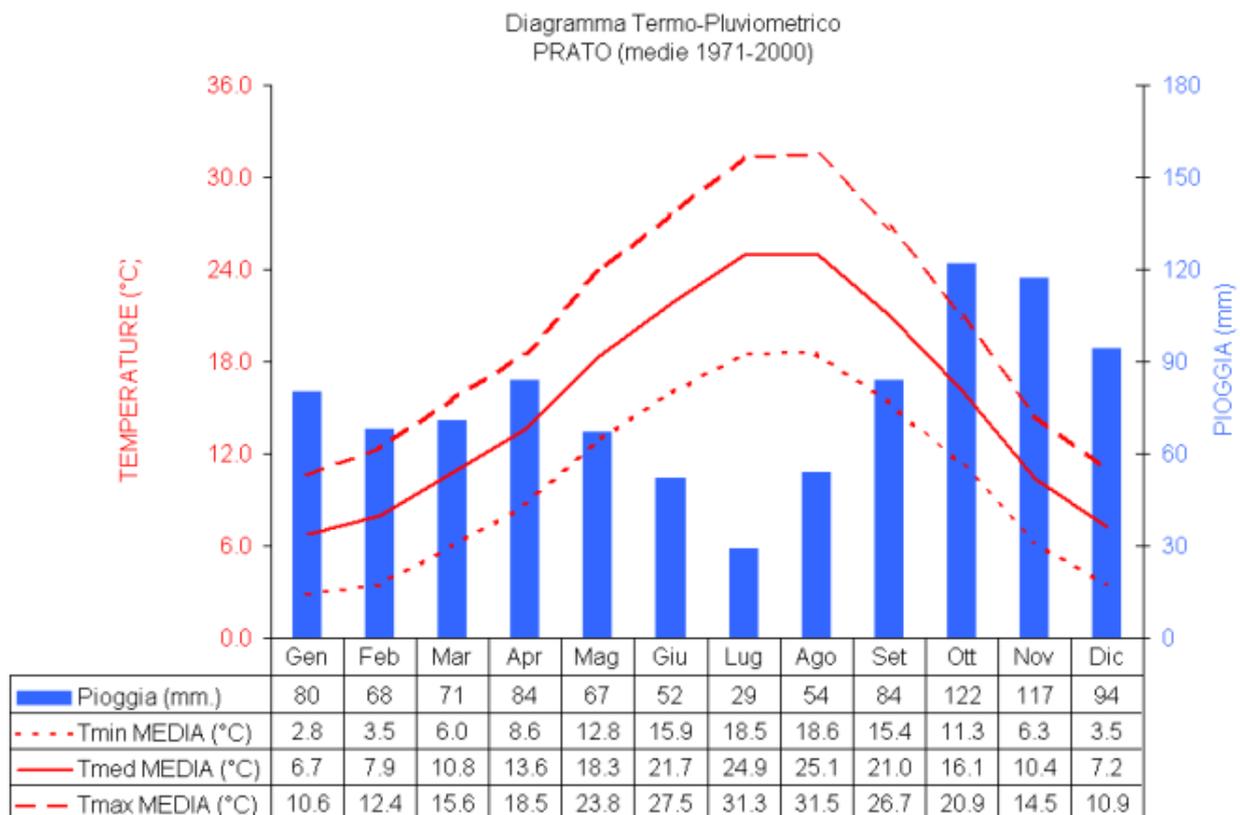




Diagramma Termo-Pluviometrico
PRATO (medie 1981-2010)

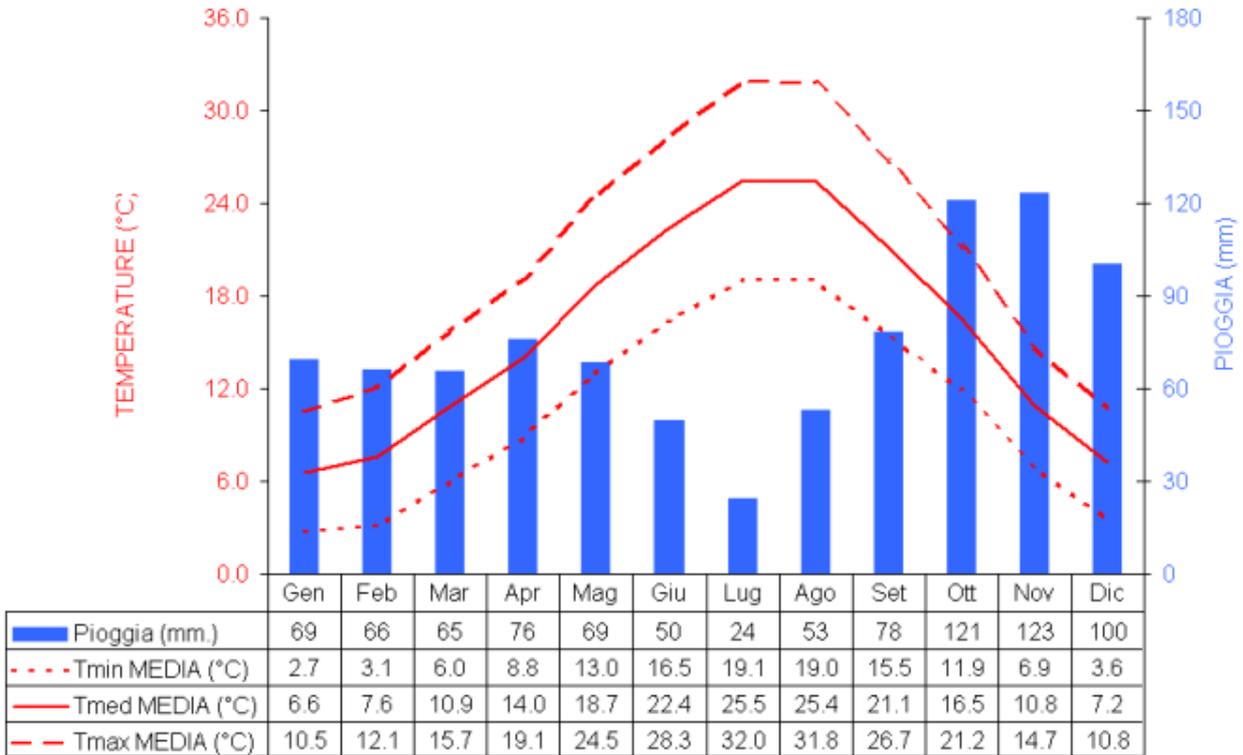


Diagramma Termo-Pluviometrico
PRATO (medie 1991-2020)

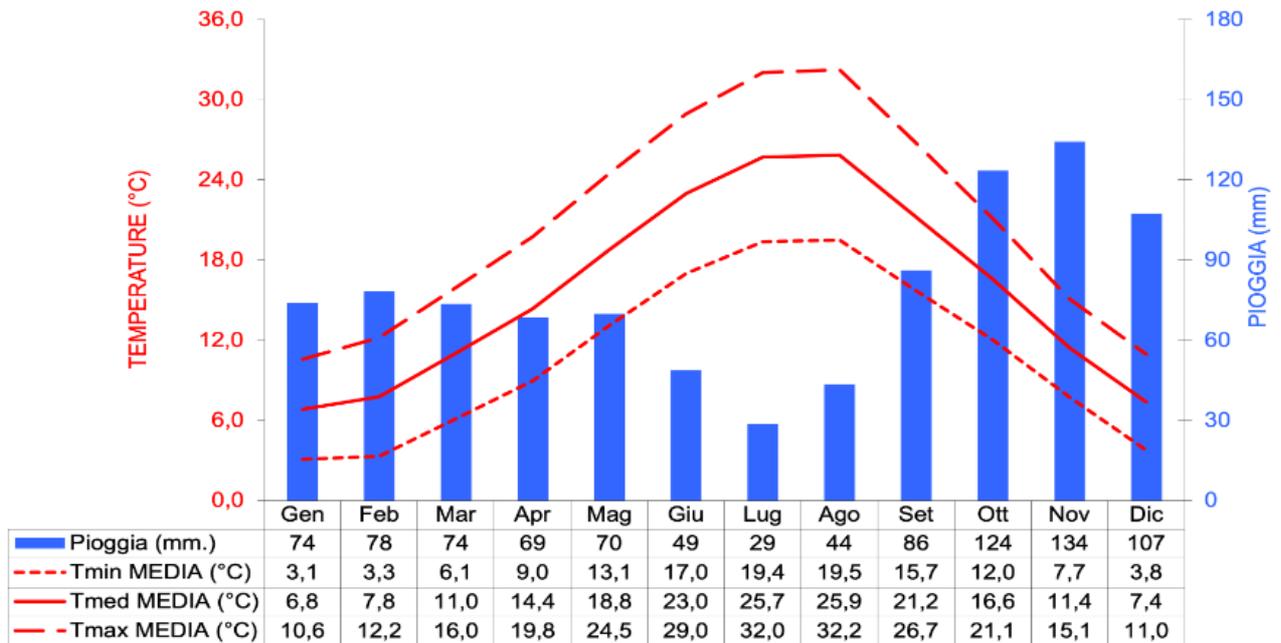


Figura 2: Temperatura media a), massima b) e minima c) media annua. Nel grafico si riporta la tendenza dei dati ed il riferimento al valore medio dei trentenni climatici



Relativamente ai valori estremi di temperatura, ed in particolare il numero dei giorni in cui è stata rilevata una temperatura massima superiore a 34°C ed il numero di giorni con temperatura minima inferiore a 0°C (Figura 3), è possibile rilevare:

- una tendenza verso l'aumento del numero dei giorni in un anno in cui la temperatura massima supera i 34°C, con un picco massimo si 52 giornate nel 2003;
- una tendenza alla diminuzione del numero di giornate caratterizzate da temperature minime estreme.

Anno 1991-2020

Ondate di calore	Mesi				giorni T>34	
	MAM	GLA	SON	DGF		
1991	1	0	0	0	1	17
1992	0	0	0	0	0	23
1993	0	0	0	0	0	23
1994	0	1	1	0	2	41
1995	0	1	1	0	2	16
1996	0	1	0	0	1	8
1997	0	0	0	0	0	16
1998	1	0	0	1	2	30
1999	1	0	0	0	1	19
2000	0	0	0	0	1	14
2001	1	0	1	1	2	16
2002	0	1	0	0	1	11
2003	1	3	0	1	5	52
2004	0	0	0	0	0	9
2005	0	1	0	0	1	14
2006	0	1	0	0	1	27
2007	2	0	0	1	3	17
2008	0	0	0	0	0	19
2009	2	1	0	0	3	32
2010	0	0	0	0	0	12
2011	2	1	1	0	4	19
2012	1	1	0	0	2	37
2013	0	0	1	0	1	20
2014	0	1	2	1	6	7
2015	0	2	0	2	2	34
2016	1	0	2	0	3	16
2017	1	2	0	0	3	33
2018	1	0	1	0	2	19
2019	0	1	1	0	3	27
2020	0	1	1	2	3	19
	15	19	12	9	55	

Ondate di freddo	Mesi				giorni gelo	
	MAM	GLA	SON	DGF		
1991	3	0	1	1	6	47
1992	0	1	1	1	2	11
1993	1	0	0	0	1	30
1994	1	1	0	0	2	13
1995	0	1	1	0	2	8
1996	0	1	0	0	1	24
1997	1	0	0	0	1	2
1998	0	1	0	0	1	15
1999	0	0	0	0	0	29
2000	0	1	0	0	1	11
2001	0	0	0	0	1	17
2002	0	1	1	2	3	17
2003	0	0	0	2	2	24
2004	1	0	0	0	1	21
2005	1	0	0	0	1	43
2006	1	1	0	0	2	21
2007	0	1	1	0	2	9
2008	0	0	1	0	1	11
2009	0	0	1	1	3	22
2010	1	2	0	1	4	23
2011	0	1	0	1	1	17
2012	0	0	0	1	2	42
2013	0	2	0	1	2	20
2014	0	0	0	0	0	7
2015	0	0	0	0	0	11
2016	0	0	0	0	0	14
2017	0	0	0	1	1	25
2018	1	0	0	0	1	15
2019	1	0	0	0	1	20
2020	0	0	1	0	1	9
	12	14	8	12	46	



ESTREMI TERMICI		anno
Tmin assoluta	-8,8	07/02/91
Tmax assoluta	40,8	01/08/17
giorni ghiaccio totali	8	
giorni ghiaccio max	5	2012
giorni gelo medi	19	
giorni gelo max	47	1991
giorni T>34°C medi	22	
giorni T>34°C max	52	2003
indice continentalità	19,0	

Anno 1981-2010

Ondate di calore	Mesi				DGF anno
	MAM	GLA	SON	DGF	
1981	1	1	0	0	2
1982	0	2	0	0	2
1983	0	1	0	0	1
1984	0	0	0	0	0
1985	0	0	1	0	1
1986	1	0	0	0	1
1987	0	0	0	0	0
1988	0	0	0	0	0
1989	0	0	0	0	1
1990	1	0	0	1	1
1991	0	0	0	1	1
1992	0	0	0	0	0
1993	0	0	0	0	0
1994	0	1	1	0	2
1995	0	1	0	0	1
1996	0	1	0	0	1
1997	0	0	1	0	1
1998	1	1	0	0	2
1999	1	0	2	0	3
2000	0	0	0	0	1
2001	1	0	1	1	2
2002	0	1	0	0	1
2003	1	4	1	1	7
2004	0	0	0	0	0
2005	0	1	0	0	1
2006	0	0	1	0	1
2007	1	0	0	1	2
2008	0	0	0	0	0
2009	2	1	1	0	4
2010	0	1	0	0	1
	10	16	9	5	40

Ondate di freddo	Mesi				DGF anno
	MAM	GLA	SON	DGF	
1981	0	1	0	1	2
1982	0	0	0	0	0
1983	0	0	0	0	0
1984	1	1	1	0	3
1985	0	0	0	1	1
1986	0	0	0	0	0
1987	2	2	0	0	4
1988	0	0	0	0	0
1989	0	0	2	0	2
1990	1	0	1	0	2
1991	3	0	1	1	6
1992	0	0	0	1	0
1993	1	0	0	0	1
1994	1	0	0	0	1
1995	0	0	1	0	1
1996	0	1	1	0	2
1997	1	0	0	0	1
1998	0	0	0	0	0
1999	0	0	0	0	0
2000	0	1	0	0	1
2001	0	0	0	0	1
2002	0	0	1	2	2
2003	0	0	0	1	1
2004	1	0	0	0	1
2005	1	0	0	0	1
2006	0	1	0	0	1
2007	0	1	1	0	2
2008	0	0	1	0	1
2009	0	0	1	1	3
2010	1	2	0	1	4
	13	10	11	9	44



ESTREMI TERMICI		anno
Tmin assoluta	-13,8	10/01/1985 - 11/01/1985
Tmax assoluta	40,5	15/08/85
giorni ghiaccio totali	5	
giorni ghiaccio max	3	1985
giorni gelo medi	22	
giorni gelo max	47	1991
giorni T>34°C medi	19	
giorni T>34°C max	52	1994
indice continentalità	18,9	

Anno 1971-2000

Ondate di calore	Mesi				anno
	MAM	GLA	SON	DGF	
1971	1	0	0	0	1
1972	0	0	0	0	0
1973	0	1	1	0	2
1974	0	0	0	1	1
1975	0	0	0	0	0
1976	0	0	0	0	0
1977	0	0	0	0	0
1978	0	0	0	0	0
1979	0	1	0	0	1
1980	0	0	1	0	1
1981	1	1	0	0	2
1982	0	3	0	0	4
1983	0	1	0	1	1
1984	0	0	0	0	0
1985	0	0	1	0	1
1986	1	0	0	0	1
1987	0	0	1	0	1
1988	0	0	0	1	1
1989	0	0	0	0	1
1990	1	0	0	1	1
1991	1	0	0	1	2
1992	0	0	0	0	0
1993	0	0	0	0	0
1994	0	1	0	0	1
1995	0	1	0	0	1
1996	0	1	0	0	2
1997	0	0	1	1	1
1998	1	1	0	0	2
1999	1	1	2	0	4
2000	1	1	1	0	4
Totale	8	13	8	6	36

Ondate di freddo	Mesi				anno
	MAM	GLA	SON	DGF	
1971	2	0	0	0	2
1972	0	2	0	0	2
1973	0	1	0	0	2
1974	0	0	1	1	1
1975	0	0	1	0	1
1976	1	2	1	0	4
1977	0	0	1	0	1
1978	0	2	0	0	2
1979	0	0	0	1	1
1980	1	0	0	0	1
1981	0	0	0	1	1
1982	0	0	0	0	0
1983	0	0	0	1	1
1984	1	0	1	1	3
1985	0	0	0	1	1
1986	0	0	0	0	0
1987	1	1	0	0	2
1988	0	0	0	0	0
1989	0	0	0	0	0
1990	0	0	1	0	1
1991	2	0	1	1	5
1992	0	0	0	1	0
1993	1	0	0	0	1
1994	1	0	0	0	1
1995	0	0	0	0	0
1996	0	1	0	0	1
1997	1	0	0	0	1
1998	0	0	0	0	0
1999	0	0	0	1	1
2000	0	1	0	0	1
Totale	11	10	7	9	37



ESTREMI TERMICI	anno	
Tmin assoluta	-13,8	10-11/01/1985
Tmax assoluta	40,5	15/08/1985
giorni ghiaccio totali	5,0	
giorni ghiaccio max	3,0	1985
giorni gelo medi	21,0	
giorni gelo max	46,0	1991
giorni T>34°C medi	15,0	
giorni T>34°C max	41,0	1994
indice continentalità	18,3	

Figura 3: Numero dei giorni con temperature massime a) e minime b) Nella tabella si riportano gli eventi estremi termici

In Figura 3 si riportano il numero di ondate di calore ed ondate di freddo stimate per i tre stati climatici di riferimento con riferimento alla stagione in cui si sono verificate. Le ondate di calore e di freddo sono definite come un evento, di durata pari ad almeno 7 “giorni di calore” / “giorni di freddo” consecutivi, dove “giorno di calore” / “giorno di freddo” è definito come un giorno con temperatura media giornaliera superiore di almeno una deviazione standard (calcolata sul periodo climatico di riferimento) alla temperatura media giornaliera climatologica (calcolata sempre sul periodo di riferimento).

Anche in questo caso emerge la tendenza verso un aumento del numero di ondate di calore e una diminuzione delle ondate di freddo. In particolare, l’incremento delle ondate di calore è osservabile nella stagione estiva ed invernale mentre si assiste ad una significativa diminuzione delle ondate di freddo nei mesi autunnali ed invernali.

Per quanto riguarda i dati pluviometrici, dall’analisi dell’andamento della quantità di pioggia cumulata annuale sull’intera serie storica (Figura 4) è possibile evidenziare una tendenza degli apporti pluviometrici sostanzialmente costante nel tempo, con valori medi sulle tre serie climatiche che vanno da un minimo di 895 mm per il trentennio (1981 - 2010) ed un massimo di 936 mm per il trentennio più recente (1991 - 2020).

Tale evidenza emerge anche per il numero di giorni piovosi nell’anno (Figura 4), che su base storica variano fra 86 e 89 giorni.

PRATO CLIMA 1991-2020	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic	ANNO
Tmin 1 decade	3,4	3,0	5,9	8,4	13,0	16,2	18,8	19,5	15,6	11,7	7,3	3,7	
Tmin 2 decade	2,9	3,2	6,1	9,0	13,3	17,3	19,5	19,1	15,1	12,2	7,6	3,6	
Tmin 3 decade	2,9	3,8	6,4	9,5	12,9	17,5	19,8	19,8	16,3	12,2	8,4	4,0	
Tmin MEDIA (°C)	3,1	3,3	6,1	9,0	13,1	17,0	19,4	19,5	15,7	12,0	7,7	3,8	10,8
Dev. Std. T min (°C)	1,5	1,9	1,2	1,2	1,2	1,1	1,1	1,2	1,2	1,3	1,5	1,7	1,3
Tmax 1 decade	11,3	13,0	16,5	18,7	24,6	28,2	31,7	32,7	27,0	20,7	14,6	11,1	
Tmax 2 decade	9,8	11,6	15,3	19,7	24,9	29,3	32,1	31,2	26,0	21,0	14,9	10,2	
Tmax 3 decade	10,7	12,1	16,0	20,9	23,9	29,4	32,2	32,8	27,2	21,6	15,8	11,5	
Tmax MEDIA (°C)	10,6	12,2	16,0	19,8	24,5	29,0	32,0	32,2	26,7	21,1	15,1	11,0	20,8
Dev. Std. T max (°C)	1,4	2,2	1,9	1,6	1,9	1,7	1,3	1,9	1,6	1,5	1,2	1,3	1,6
Tmed 1 decade	7,4	8,0	11,2	13,6	18,8	22,2	25,3	26,1	21,3	16,2	11,0	7,4	
Tmed 2 decade	6,4	7,4	10,7	14,3	19,1	23,3	25,8	25,2	20,5	16,6	11,2	6,9	
Tmed 3 decade	6,8	7,9	11,2	15,2	18,4	23,5	26,0	26,3	21,8	16,9	12,1	7,8	
Tmed MEDIA (°C)	6,8	7,8	11,0	14,4	18,8	23,0	25,7	25,9	21,2	16,6	11,4	7,4	15,8
Dev. Std. T med (°C)	1,3	1,9	1,4	1,3	1,5	1,3	1,2	1,5	1,4	1,2	1,2	1,4	1,4
Pioggia (mm.)	74	78	74	69	70	49	29	44	86	124	134	107	936
Giorni di pioggia	8,1	7,9	7,1	8,4	7,8	5,1	3,3	3,8	6,9	9,0	11,0	10,3	88,7



PRATO CLIMA 1981-2010	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic	ANNO
Tmin 1 decade	2,8	2,9	4,9	8,2	11,7	15,5	18,7	19,5	16,3	13,6	8,6	4,7	
Tmin 2 decade	2,6	2,8	6,0	8,2	13,2	16,2	18,7	19,2	15,4	11,8	6,6	3,1	
Tmin 3 decade	2,7	3,6	7,0	10,1	14,1	17,6	19,7	18,3	14,7	10,5	5,6	3,1	
Tmin MEDIA (°C)	2,7	3,1	6,0	8,8	13,0	16,5	19,1	19,0	15,5	11,9	6,9	3,6	10,5
Dev. Std. Tmin (°C)	1,8	1,7	1,5	1,1	1,2	1,2	1,1	1,2	1,2	1,3	1,6	1,7	1,4
Tmax 1 decade	10,0	12,2	14,1	18,2	22,8	27,1	31,2	32,5	28,2	23,2	16,8	11,8	
Tmax 2 decade	10,4	11,5	16,4	18,4	24,3	28,0	31,6	32,3	26,8	21,6	14,6	10,7	
Tmax 3 decade	11,0	12,7	16,7	20,8	26,1	30,0	33,1	30,5	25,2	19,0	12,9	10,0	
Tmax MEDIA (°C)	10,5	12,1	15,7	19,1	24,5	28,3	32,0	31,8	26,7	21,2	14,7	10,8	20,6
Dev. Std. Tmax (°C)	1,5	2,0	1,9	1,3	2,1	1,6	1,3	1,9	1,8	1,5	1,1	1,2	1,6
Tmed 1 decade	6,4	7,5	9,5	13,2	17,2	21,3	24,9	26,0	22,3	18,4	12,7	8,3	
Tmed 2 decade	6,5	7,2	11,2	13,3	18,8	22,1	25,2	25,8	21,1	16,7	10,6	6,9	
Tmed 3 decade	6,8	8,1	11,9	15,4	20,1	23,8	26,4	24,4	19,9	14,7	9,2	6,5	
Tmed MEDIA (°C)	6,6	7,6	10,9	14,0	18,7	22,4	25,5	25,4	21,1	16,5	10,8	7,2	15,6
Dev. Std. T med (°C)	1,5	1,7	1,5	1,1	1,6	1,4	1,1	1,4	1,4	1,2	1,2	1,4	1,4
Pioggia (mm.)	69	66	65	76	69	50	24	53	78	121	123	100	895
Giorni di pioggia	7,5	6,9	7,0	9,0	7,2	5,7	3,2	4,1	6,4	9,1	10,3	9,7	86,2

PRATO CLIMA 1971-2000	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic	ANNO
Tmin 1 decade	2,6	3,2	4,8	8,3	11,5	15,3	18,1	19,3	16,0	13,0	8,0	4,0	
Tmin 2 decade	2,7	3,5	6,0	7,9	13,0	15,6	18,4	18,8	15,5	11,6	6,3	3,4	
Tmin 3 decade	3,2	3,8	7,2	9,7	13,8	16,8	18,9	17,8	14,7	9,4	4,7	3,2	
Tmin MEDIA (°C)	2,8	3,5	6,0	8,6	12,8	15,9	18,5	18,6	15,4	11,3	6,3	3,5	10,3
Dev. Std. Tmin (°C)	1,7	1,6	1,6	1,1	1,1	1,0	1,2	1,3	1,3	1,7	1,6	1,6	1,4
Tmax 1 decade	10,1	12,5	14,0	17,8	22,1	26,9	30,6	32,6	27,9	22,8	16,4	11,4	
Tmax 2 decade	10,4	11,7	16,0	18,2	24,0	27,1	31,1	32,3	27,1	21,4	14,7	11,1	
Tmax 3 decade	11,3	13,1	16,7	19,6	25,2	28,6	32,2	29,8	25,1	18,8	12,5	10,4	
Tmax MEDIA (°C)	10,6	12,4	15,6	18,5	23,8	27,5	31,3	31,5	26,7	20,9	14,5	10,9	20,4
Dev. Std. Tmax (°C)	1,3	1,8	1,9	1,0	2,1	1,5	1,5	1,8	2,1	1,8	1,1	1,0	1,6
Tmed 1 decade	6,3	7,9	9,4	13,1	16,8	21,1	24,3	25,9	21,9	17,9	12,2	7,7	
Tmed 2 decade	6,6	7,6	11,0	13,1	18,5	21,3	24,8	25,6	21,3	16,5	10,5	7,3	
Tmed 3 decade	7,2	8,4	11,9	14,6	19,5	22,7	25,5	23,8	19,9	14,1	8,6	6,8	
Tmed MEDIA (°C)	6,7	7,9	10,8	13,6	18,3	21,7	24,9	25,1	21,0	16,1	10,4	7,2	15,3
Dev. Std. Tmed (°C)	1,4	1,5	1,6	1,0	1,5	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,1	1,2	1,4
Pioggia (mm.)	76,7	67,4	70,2	86,0	65,4	52,5	29,6	55,4	85,5	118,7,0	118,9	97,8	924,1
Giorni di pioggia	8,2	7,6	7,3	9,2	7,7	6,1	3,6	4,7	6,5	9,1	10,2	9,5	89,7

Figura 4: Pioggia cumulata annua e numero di giorni di pioggia ≥ 1 mm

In Tabella 1 si riportano i dati relativi al quantitativo massimo e minimo di pioggia cumulato nell'anno e nelle stagioni per ogni periodo climatico disponibile dai quali emerge una sostanziale uniformità dei quantitativi di pioggia massimi e minimi annuali e stagionali fra i tre stati climatici analizzati.

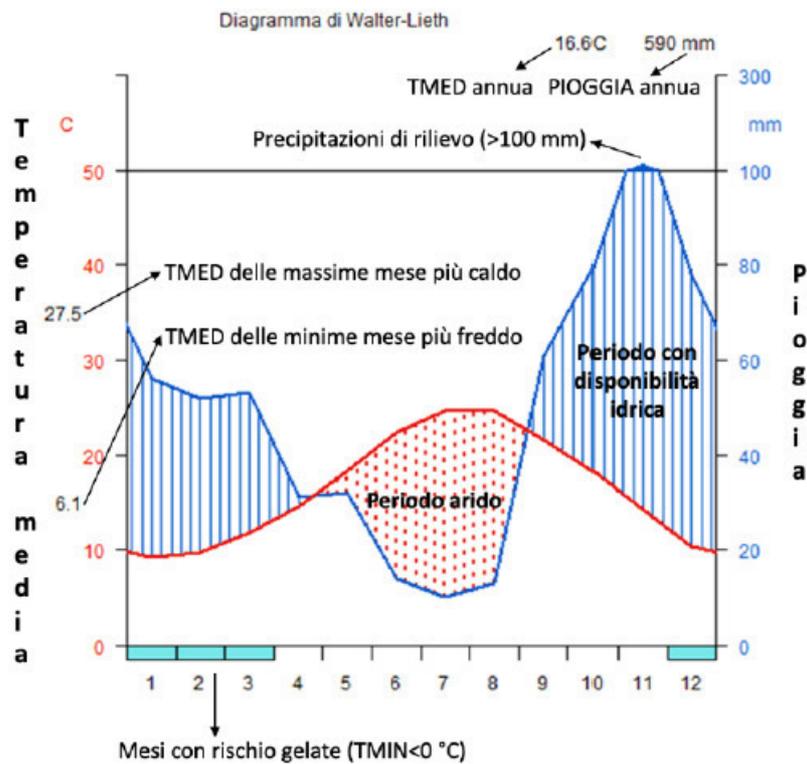
Tabella 1: Cumulata pioggia nei periodi climatici

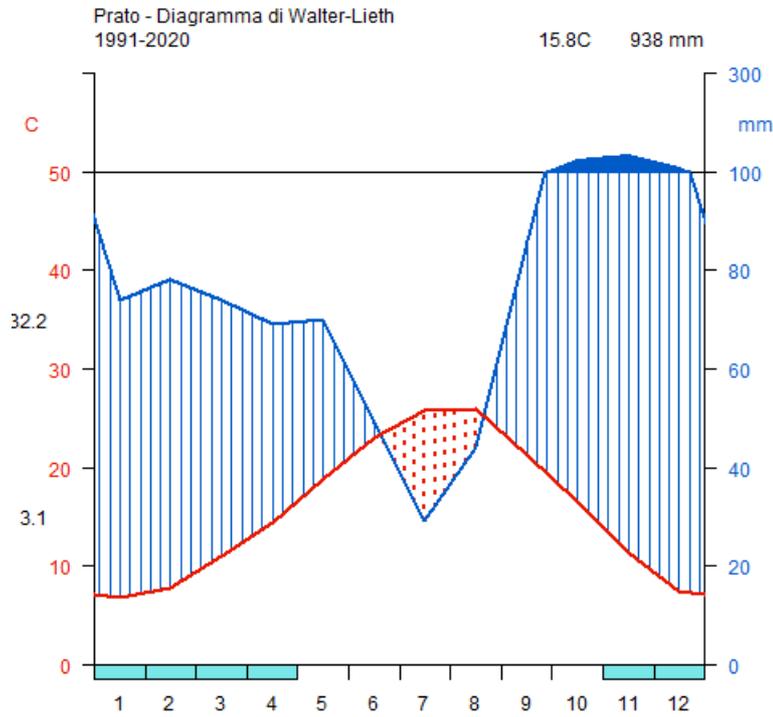
	1991-2020	1981-2010	1971-2000
Pioggia cumulata - anno			
media	936	895	924
Massima	1412 (anno 2014)	1244 (anno 2010)	1199 (anno 1979)
Minima	691 (anno 2006)	568 (anno 1985)	
Pioggia cumulata - Mar Apr Mag			
media	212	210	222
Massima	381 (anno 2013)	357 (anno 1984)	365 (anno 1978)
Minima	104 (anno 2007)	95 (anno 1982)	
Pioggia cumulata - Giu Lug Ago			
media	121	127	138



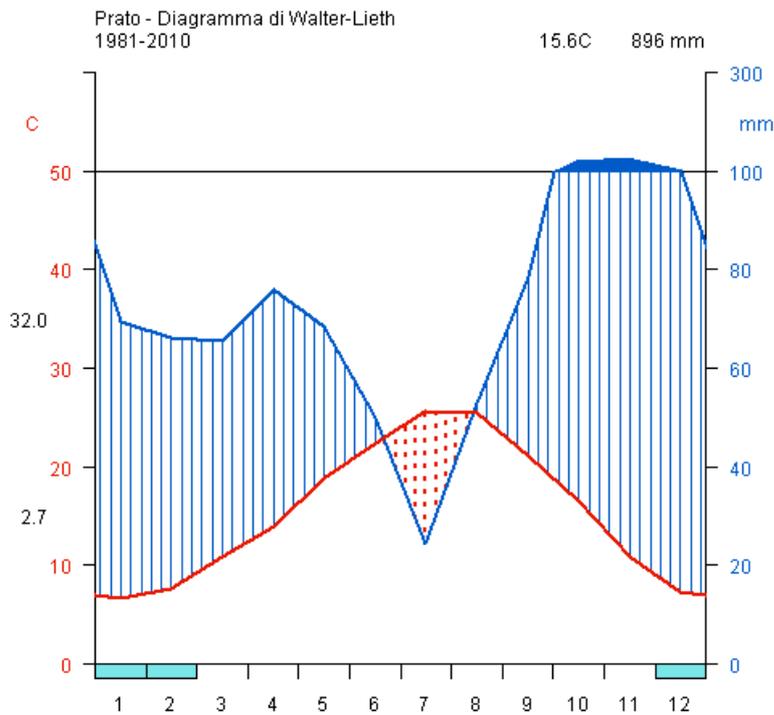
Massima	323 (anno 2014)	273 (anno 1989)	266 (anno 1989)
Minima	26 (anno 2017)	47 (anno 2009)	
Pioggia cumulata - Set Ott Nov			
media	344	323	323
Massima	645 (anno 1991)	645 (anno 1991)	645 (anno 1991)
Minima	168 (anno 2018)	86 (anno 1983)	
Pioggia cumulata - Dic Gen Feb			
media	516	236	242
Massima	1412 (anno 2014)	385 (anno 2010)	527 (anno 1977)
Minima	69 (anno 1992)	49 (anno 1989)	

In Figura 5 si riportano i diagrammi di Walter-Lieth per i trentenni climatici di riferimento in cui sono riassunti i dati meteorologici di inquadramento per l'area oggetto di intervento.

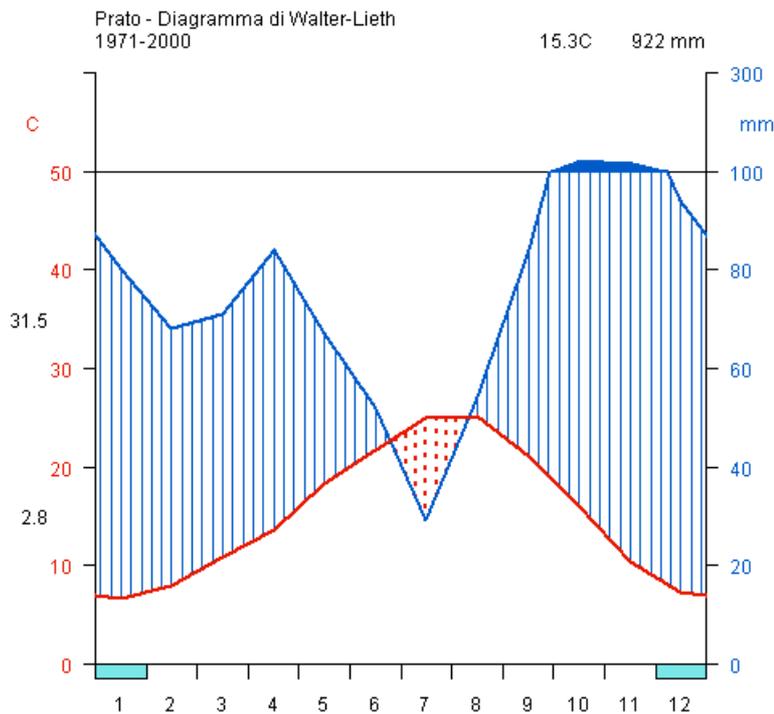




1991-2020



1981-2010



1971-2000

Figura 5: Diagrammi di Walter-Lieth

Sulla base dell'analisi delle serie storiche dei dati, in merito allo stato termometrico e pluviometrico dell'area di intervento è possibile evidenziare che:

1. la temperatura media annua nel periodo climatico più recente è più elevata rispetto ai periodi precedenti e, considerando l'intera serie storica, si assiste ad un **progressivo incremento delle temperature medie, massime e minime annuali**;
2. risultano in aumento anche i giorni con **temperatura massima estrema** e del **numero delle ondate di calore** mentre si rileva una **progressiva diminuzione** sia delle giornate caratterizzate da **temperature minime estreme** che del numero di **ondate di freddo**. In particolare, l'incremento delle ondate di calore è osservabile nella stagione estiva ed invernale mentre si assiste ad una significativa diminuzione delle ondate di freddo nei mesi autunnali ed invernali;
3. lo stato termometrico dell'ultima epoca climatica disponibile (1991 - 2020) è caratterizzato da una temperatura media annua pari a 15,8 °C, una temperatura media massima del mese più caldo pari a 32,2 °C e una temperatura media minima del mese più freddo pari a 3,1 °C. Inoltre, i mesi da ottobre ad aprile sono considerati mesi a rischio gelate, ovvero mesi in cui le temperature minime possono scendere sotto 0°C;
4. considerando l'intera serie storica, gli **apporti pluviometrici annuali e stagionali risultano costanti e non sono rilevabili sostanziali differenze fra i tre periodi climatici**;
5. la pioggia cumulata nell'anno dell'ultimo periodo climatico è pari a 936 mm ed i mesi di ottobre e novembre risultano quelli caratterizzati da una più alta probabilità di assistere a



precipitazioni di rilievo (cumulate > 100 mm). Dall'analisi del regime pluviometrico del trentennio climatico più recente emerge un periodo a **rischio aridità compreso fra giugno e agosto**.

2.2 Scenari di cambiamento climatico

Le proiezioni dei modelli forniscono indicazioni riguardo alle possibili variazioni climatiche per i prossimi decenni, in relazione a scenari futuri a scala globale (Representative Concentration Pathways - RCP). Gli scenari RCP sono stati adottati dall'Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) allo scopo di fornire informazioni sulla probabile evoluzione delle diverse componenti della forzante radiativa (emissioni di gas serra, inquinanti e uso del suolo etc.) da utilizzare come input per i modelli climatici. In particolare, i quattro RCP più recenti includono uno scenario di mitigazione (RCP2.6), due scenari intermedi (RCP4.5 e RCP6.0) e uno scenario caratterizzato da un'elevata emissione (RCP8.5) (Figura 6).

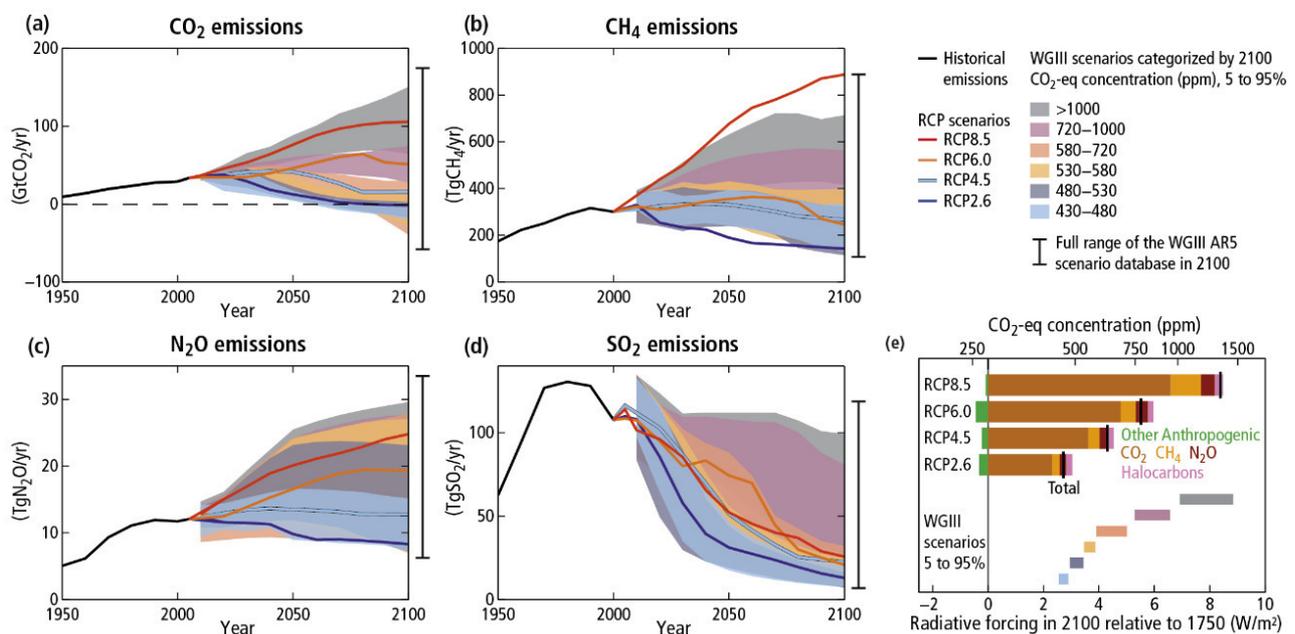


Figura 6: IPCC, 2104: Climate change 2014, Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change

A scala globale, le variabili climatiche sono analizzate attraverso l'utilizzo di Modelli di Circolazione Generale (GCM - Global Circulation Model) che simulano la risposta del sistema climatico globale alle forzanti esterne con una risoluzione di circa 100-50 km. A partire da questi modelli, poco adatti data la loro risoluzione ad essere utilizzati per lo studio del clima su scala regionale o locale, vengono sviluppati mediante downscaling dei Modelli Climatici Regionali (RCM - Regional Climate Model) che consentono di descrivere la variabilità del clima con un livello di dettaglio più elevato.

Per l'analisi dello scenario di cambiamento climatico atteso nell'area oggetto di intervento di seguito riportata sono state utilizzate le informazioni messe a disposizione nel Piano Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici (PNACC - disponibile online: <https://www.mite.gov.it/pagina/piano-nazionale-di-adattamento-ai-cambiamenti-climatici%20>). Per le proiezioni climatiche future il PNACC utilizza il modello COSMO-CLM, modello RCM sviluppato per l'Italia dal CMCC (Centro euro-Mediterraneo sui Cambiamenti Climatici). Questo modello, che copre il territorio italiano con una risoluzione spaziale di circa 8 km, rende disponibili simulazioni climatiche dal 1971 al 2010 per i due scenari IPCC RCP4.5 e RCP 8.5.



Con riferimento al set di indicatori climatici riportato in Tabella 2, il PNACC suddivide il territorio italiano in sei “macroregioni climatiche omogenee” per cui i dati osservati riportano condizioni climatiche simili negli ultimi trent’anni (1981-2010).

In particolare, l’area di intervento ricade all’interno della **Macroregione 1 - Prealpi Appennino Settentrionale**, area caratterizzata da valori intermedi per quanto riguarda i valori cumulati delle precipitazioni invernali ed estive e da valori elevati, rispetto alle altre aree, per i fenomeni di precipitazione estremi (R20 e R95p). Dopo la Macroregione 2, la Macroregione 1 risulta essere la zona del Nord Italia con il numero maggiore di summer days ovvero con il numero di giorni in cui la temperatura massima ha un valore superiore al valore di soglia considerato (95esimo percentile).

In Tabella 3 si riportano i valori medi degli indicatori utilizzati nel PNACC per l’individuazione della Macroregione 1 e ricavati a partire dalle serie temporali all’intessumono i dati analizzati nel precedente paragrafo e relativi al più recente periodo climatico per la provincia di Prato.

Tabella 2: Indicatori climatici considerati nel PNACC

Indicatore	Abb.	U.M.	Descrizione
Temperatura media annuale	Tmean	°C	Media annuale della temperatura media giornaliera
Giorni di precipitazione intense	R20	giorni/anno	Media annuale del numero di giorni con precipitazione giornaliera superiore ai 20 mm
<i>Frost days</i>	FD	giorni/anno	Media annuale del numero di giorni con temperatura minima al di sotto dei 0°C
<i>Summer days</i>	SU95p	giorni/anno	Media annuale del numero di giorni con temperatura massima maggiore di 29.2 °C (valore medio del 95° percentile della distribuzione delle temperature massime osservate tramite E-OBS)
Cumulata delle precipitazioni invernali	WP	mm	Cumulata delle precipitazioni nei mesi invernali (Dicembre, Gennaio, Febbraio)
Cumulata delle precipitazioni estive	SP	mm	Cumulata delle precipitazioni estive (Giugno, Luglio, Agosto)
Copertura nevosa	SC	mm	Media annuale del numero di giorni per cui l’ammontare di neve superficiale è maggiore di un 1 cm
Evaporazione	Evap	mm/anno	Evaporazione cumulata annuale
95° percentile della precipitazione	R95p	mm	95° percentile della precipitazione

Tabella 3: Valori medi degli indicatori climatici per la serie 1981 - 2010 della Macroregione 1

Indicatore	Abb.	U.M.	Valori medi Macroregione 1 - serie 1981 - 2010	Provincia di Prato - serie 1991 - 2020
Temperatura media annuale	Tmean	°C	13 ± 0,6	15,8 (↑)
Giorni di precipitazione intense	R20	giorni/anno	10 ± 2	-
<i>Frost days</i>	FD	giorni/anno	51 ± 13	19 (↓)
<i>Summer days</i>	SU95p	giorni/anno	34 ± 12	-
Cumulata delle	WP	mm	187 ± 61	260 (↑)



precipitazioni invernali				
Cumulata delle precipitazioni estive	SP	mm	168 ± 47	121 (↓)
95° percentile della precipitazione	R95p	mm	28	-

↑ valore più alto ↓ valore più basso del range considerato per la macroregione 1

In Figura 8 e Figura 9 si riportano le mappe presentate nel PNACC per l'analisi della condizione climatica attuale e futura e risultanti dalle simulazioni modellistiche per il periodo di riferimento (2021-2050) per gli scenari RCP4.5 e RCP8.5. Si sottolinea che le anomalie climatiche rappresentate nelle mappe sono calcolate come differenza tra i valori medi degli indicatori nel periodo futuro 2021-2050 e quello di riferimento 1981-2010.

Osservando i risultati delle applicazioni modellistiche emerge che:

1. nello **scenario RCP4.5** si osserva una riduzione generale delle precipitazioni estive (SP), ad esclusione del basso versante adriatico ed una riduzione delle precipitazioni invernali sulle Alpi, sugli Appennini e in Calabria e nell'area centro-orientale della Sicilia. È inoltre attesa una riduzione complessiva dell'evaporazione su tutto il territorio, specie in parte della Puglia e in Basilicata, escludendo le Alpi (probabilmente associato all'incremento di temperatura e variazione della copertura nevosa). Per quanto riguarda l'indicatore R20 si registrano variazioni contenute nell'intero territorio nazionale ad eccezione delle Alpi, con dei picchi su quelle occidentali. Per quanto riguarda la copertura nevosa e i frost days si registra una loro diminuzione generale, specie sulle aree montane prevalentemente interessate da tali fenomeni.

2. lo **scenario RCP8.5** proietta un aumento significativo delle precipitazioni estive sul basso versante adriatico (rispetto allo scenario di riferimento su questa zona) ed un aumento complessivo nel centro-nord delle precipitazioni invernali e dell'evaporazione, a differenza del sud Italia dove si registra un comportamento opposto. Per quanto concerne gli eventi piovosi estremi, è stimato un aumento generalizzato nella magnitudo (R95p) mentre le variazioni dell'indicatore R20 ricalcano quelle della precipitazione invernale con un aumento nell'Italia Centro-Settentrionale ed una riduzione nelle aree meridionali.

Sulla base della distribuzione delle condizioni climatiche sopra descritta, l'analisi del PNACC procede con clusterizzando le anomalie osservate per ogni indicatore in cinque gruppi, cluster da A a E (Figura 9), ai quali associa un valore medio rappresentativo di anomalia per i due scenari di simulazione (Tabella 4).

Tabella 4: Valori medi delle anomalie per i cluster individuati

Indicatore	U.M.	RCP4.5					RCP8.5				
		A	B	C	D	E	A	B	C	D	E
Tmean	°C	1,4	1,3	1,2	1,2	1,2	1,5	1,6	1,5	1,5	1,5
R20	giorni/anno	-1	-1	0	1	-2	1	0	1	0	1
FD	giorni/anno	-20	-19	-6	-9	-20	-23	-28	-14	-10	-27
SU95p	giorni/anno	18	9	12	14	1	1	8	12	14	14
WP	%	-4	-2	-5	8	-8	13	2	7	-4	16
SP	%	-27	-24	-18	-25	-15	-11	-7	3	14	-14
SC	giorni/anno	-12	-8	-1	-1	-21	-20	-18	-1	-1	-9
Evap	%	-6	-3	-3	-2	1	2	1	2	-8	2
R95p	%	1	3	4	11	-1	5	6	13	6	9

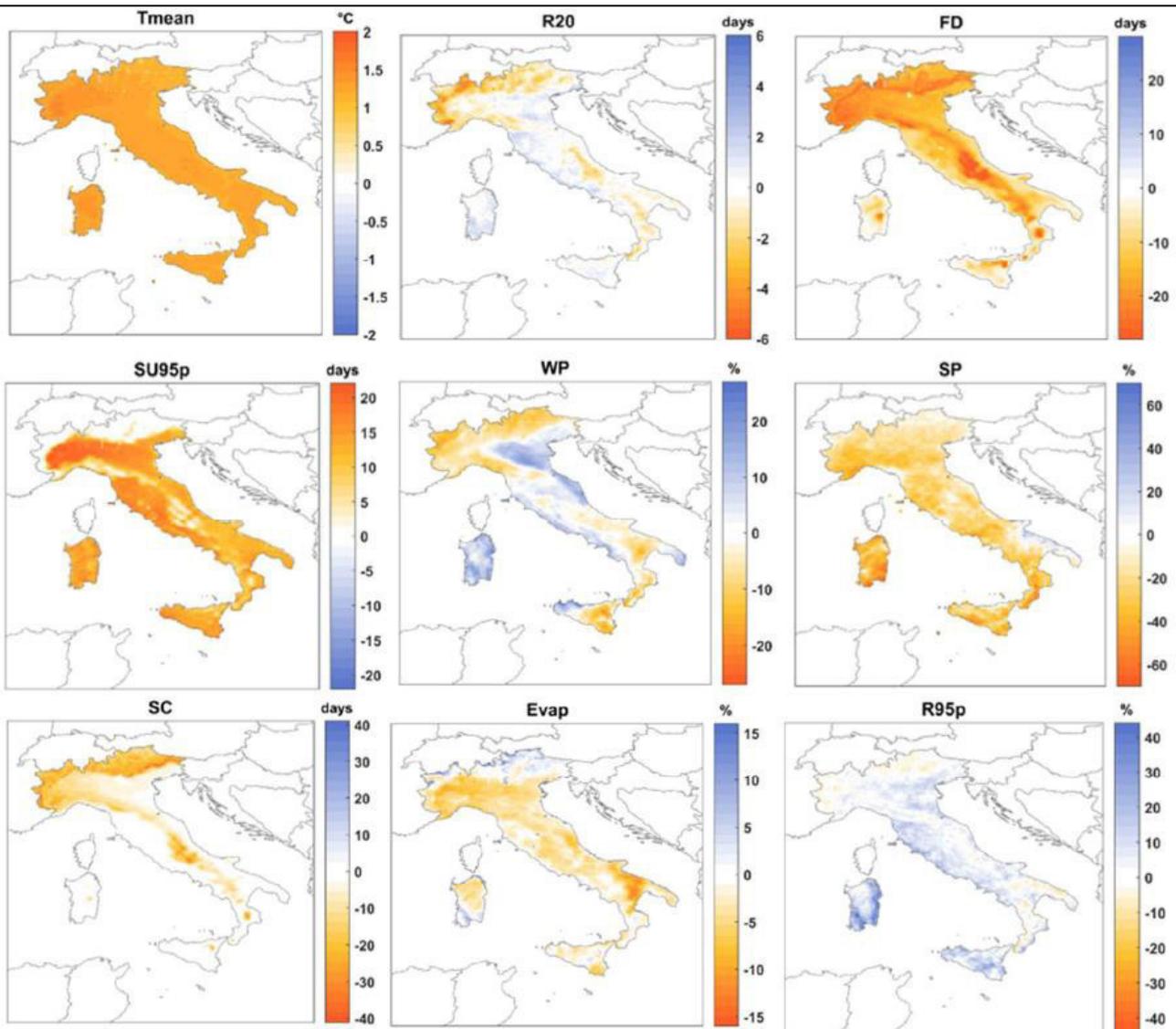


Figura 7: Mappa delle anomalie, scenario RCP4.5, confronto simulazioni 2021 - 2050 e 1981 - 2010

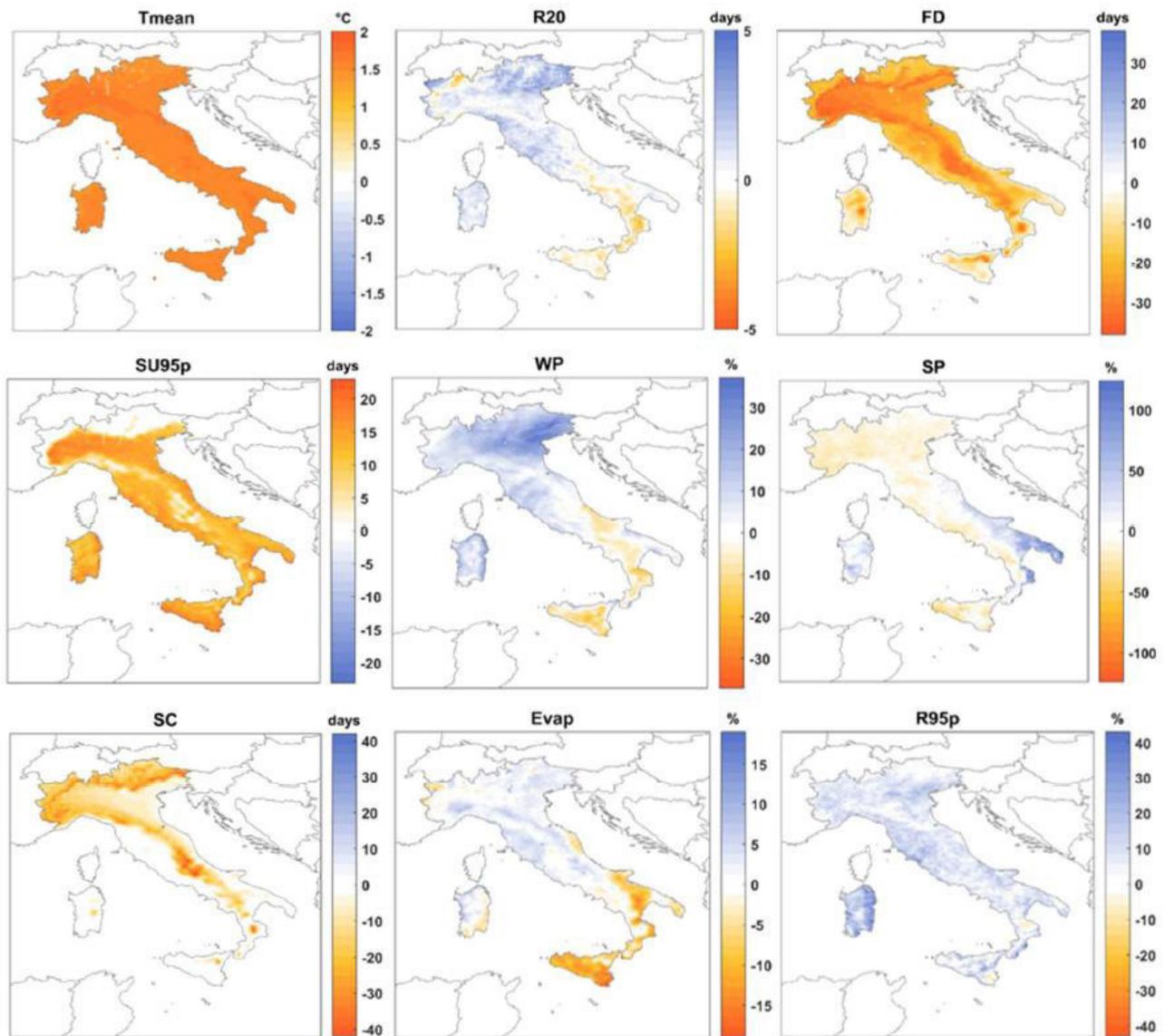


Figura 8: Mappa delle anomalie, scenario RCP8.5, confronto simulazioni 2021 - 2050 e 1981 - 2010

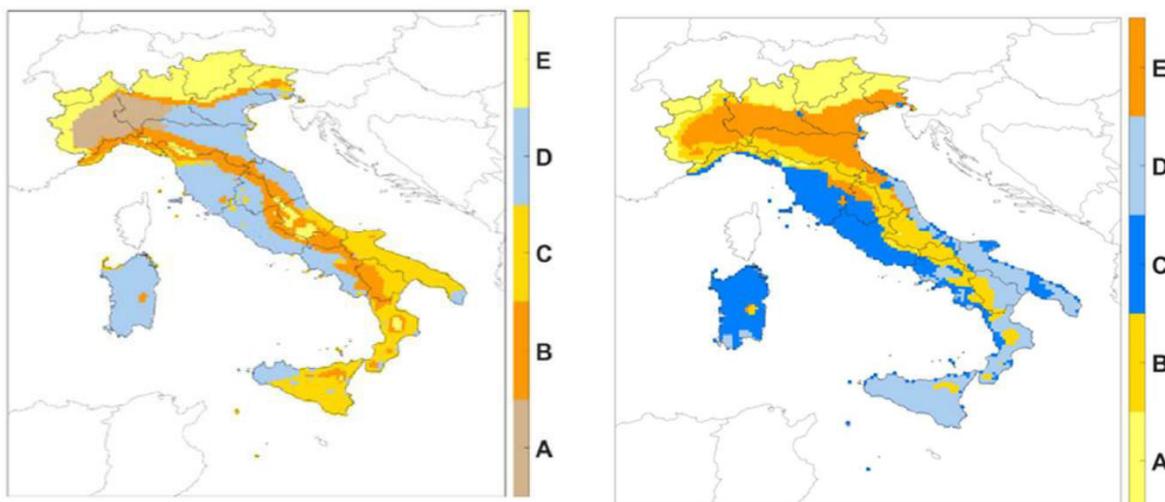
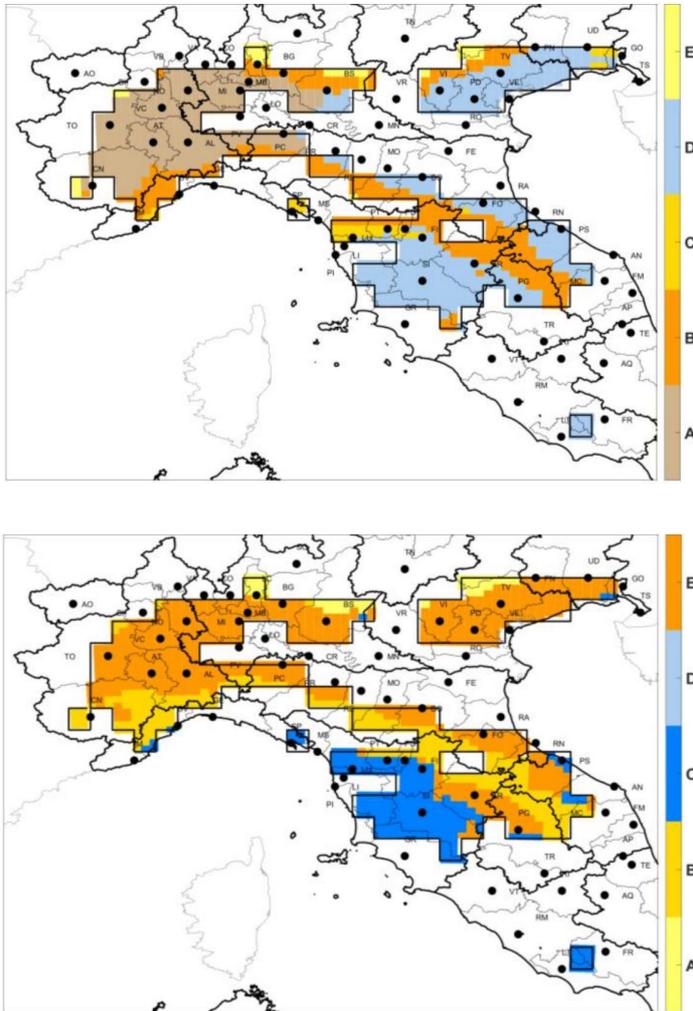


Figura 9: Mappa dei cluster di anomalia, scenario RCP4.5 e RCP8.5



In particolare, osservando l'analisi per cluster di anomalie ricondotta alla Macroregione 1, è possibile evidenziare che nell'area oggetto di intervento sono prevalenti i cluster B e D per lo scenario RCP4.5 (Figura 11a) ed i cluster B e C per lo scenario RCP8.5 (Figura 11b).



Macroregione 1 Anomalie climatiche per il periodo 2021-2050 versus il periodo 1981 – 2010.

Macroregione 1 cluster	presente	RCP4.5			RCP8.5		
		A	B	D	B	C	E
Tmean (Δ °C)	13 °C	● 1.4	● 1.3	● 1.2	● 1.6	● 1.5	● 1.5
R20 (Δ giorni/anno)	10 giorni/anno	● -1	● -1	● 1	● 0	● 1	● 1
SC (Δ giorni/anno)	-	● -12	● -8	● -1	● -18	● -1	● -9
WP (%)	187 mm	● -4	● -2	● 8	● -7	● 3	● 16
R95 (%)	28 mm	● 1	● 3	● 11	● 6	● 13	● 9

Figura 10: Mappa dei cluster di anomalia per la Macroregione 1, a) scenario RCP4.5 e b) scenario RCP8.5 - si riportano inoltre i valori degli indicatori rappresentativi dei cluster presenti nell'area di intervento

Richiamando i valori di anomalia medi definiti per i cluster, è possibile osservare che per il regime termometrico dell'area di intervento le proiezioni indicano:



- nello scenario RCP4.5, un **incremento fra 1,4°C e 1,2°C delle temperature medie annuali (Tmean)**, con conseguente **aumento della media annuale di giorni con temperatura massima maggiore di 29,2°C (SUP95p)** e **diminuzione dei frost days (FD)**; si osserva inoltre una moderata **riduzione della copertura nevosa (SC)**;
- nello scenario RCP8.5, un **incremento fra 1,6°C e 1,5°C delle temperature medie annuali (Tmean)**, con **aumento della media annuale di giorni con temperatura massima maggiore di 29,2°C (SUP95p)** confrontabile allo scenario RCP4.5 ed un' **ulteriore riduzione del numero di frost days (FD)**.

Relativamente al regime pluviometrico, le previsioni modellistiche presentano invece delle differenze fra i due scenari di simulazione. Mentre per lo scenario RCP4.5 è attesa una **riduzione delle precipitazioni estive (SP)**, nello scenario RCP8.5 si assiste ad una **minore riduzione nonché all'aumento per le aree in cluster C delle precipitazioni estive e ad un incremento delle precipitazioni invernali (WP)**. Per entrambi gli scenari risultano significativi **l'incremento degli eventi temporaleschi (R95p)**.

3 ANALISI DEL RISCHIO, DELLA VULNERABILITÀ E SOLUZIONI DI ADATTAMENTO

3.1 Analisi di rischio aggregato per l'Italia

Riprendendo le analisi presentate nel PNACC, le componenti fondamentali per la valutazione e gestione dei rischi legati al cambiamento climatico sono l'analisi della pericolosità, dell'esposizione e della vulnerabilità. Il rischio sussiste infatti solo se in una data area e intervallo temporale sono presenti contestualmente una sorgente di pericolo, un sistema bersaglio (o recettore vulnerabile) che può subirne le conseguenze negative e un'esposizione, cioè la possibilità di contatto tra un pericolo e il recettore.

Nella componente vulnerabilità, definita come propensione o predisposizione di un sistema ad essere negativamente alterato, rientrano come elementi determinanti la sensibilità, ossia "susceptibilità" al danno, e capacità di adattamento. Quest'ultima esprime l'abilità di un sistema (nazione, collettività, gruppo) a adeguare le proprie caratteristiche alle condizioni climatiche presenti e/o future e ridurre il livello di vulnerabilità, in relazione a specifici contesti.

Semplificando, l'indice di rischio proposto dal PNACC è costruito considerando:

- la pericolosità, misurata da una serie di indicatori riferiti alle anomalie climatiche future;
- l'esposizione e la sensibilità, identificate attraverso una serie di indicatori territoriali che rilevano sia la presenza di capitale manufatto, naturale, umano ed economico potenzialmente esposto ai pericoli climatici che la suscettibilità delle diverse aree al danno;
- la capacità di adattamento in termini di risorse economiche, conoscenza e tecnologia, infrastrutture ed istituzioni.

Sulla base di queste analisi, il PNACC identifica per il territorio della provincia di Prato un indice di rischio bi-dimensionale bassa /medio-alto che corrisponde ad una medio-alta capacità di adattamento ed un basso indice di impatti potenziali (Figura 11).



		Capacità di adattamento			
		4 Alta	3 Medio-alta	2 Medio-bassa	1 Bassa
Indice degli impatti potenziali	1 Bassa	Monza e della Brianza, Trieste	Lecco, Lodi, Prato, Biella, Fermo, Gorizia		Brindisi, Lecce, Barletta-Andria-Trani, Vibo Valentia, Medio Campidano
	2 Medio-bassa	Pordenone, Vicenza, Bolzano/Bozen, Milano, Varese	Rimini, Pescara, Teramo, Ascoli Piceno, Ancona, Pesaro e Urbino, Valle d'Aosta/Vallée d'Aoste, Sondrio, Como, Livorno, Mantova, Treviso, Ravenna, La Spezia, Chieti, Belluno, Udine, Venezia, Cremona, Verbano-Cusio-Ossola, Macerata, Novara	Isernia, Carbonia-Iglesias, Rovigo, Massa-Carrara, Vercelli, Benevento, Taranto, Bari, Asti, Latina, Olbia-Tempio, Ogliastra, Campobasso	Crotone, Trapani, Caltanissetta, Matera, Enna, Ragusa, Siracusa, Oristano, Agrigento, Napoli
	3 Media	Trento, Pisa, Padova, Modena	Forlì-Cesena, Bergamo, L'Aquila, Pavia, Pistoia, Verona, Savona, Ferrara, Genova, Lucca, Reggio nell'Emilia, Alessandria, Piacenza, Terni	Rieti, Frosinone, Cagliari, Sassari, Viterbo, Avellino, Imperia, Nuoro	Catania, Palermo, Catanzaro, Messina, Foggia, Caserta
	4 Alta	Parma, Bologna, Firenze, Siena	Brescia, Torino, Arezzo, Grosseto		Reggio di Calabria
	5 Molto Alta	Roma	Cuneo, Perugia	Salerno, Potenza	Cosenza

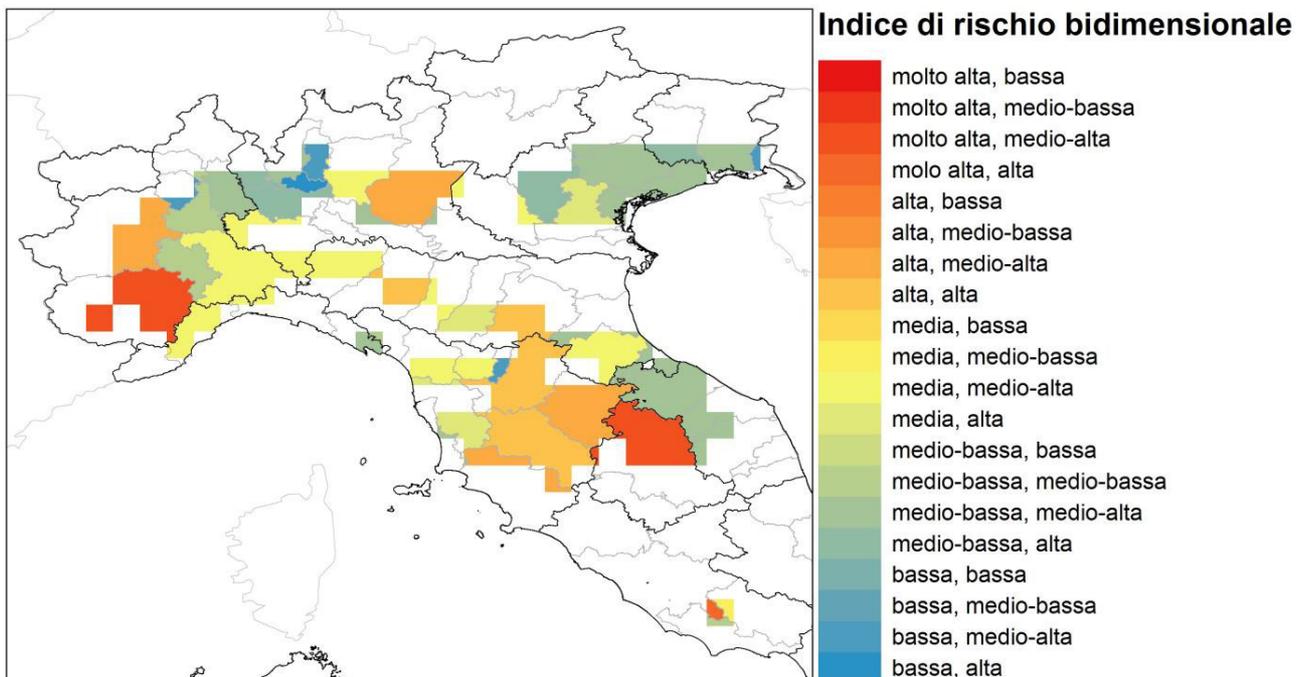


Figura 11 Classifica delle provincie secondo l'indice di rischio bi-dimensionale rappresentato per classi di impatto potenziale e capacità di adattamento.



3.3 Identificazione dei pericoli climatici con rischio rilevante per l'intervento

A partire dall'analisi del contesto climatico del territorio ricompreso nella Città Metropolitana di Firenze e del contesto ambientale, si analizzano 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.

In Tabella 5 sono indicati i pericoli climatici del Regolamento Delegato UE 2021/2139 che risultino rilevanti per la presente valutazione. In particolare, possono essere ragionevolmente esclusi alcuni pericoli di tipo cronico non applicabili in ragione del contesto o perché i danni associati a questo tipo di rischi, seppur potenzialmente rilevanti, difficilmente possono essere influenzati dalle misure adattive. Inoltre, date le caratteristiche dell'area geografica in cui si inserisce l'intervento (Comune di Prato), sono esclusi i pericoli derivanti da fenomeni climatici che possono interessare le zone costiere e di montagna.

	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	



4 DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO

Oggetto dell'intervento:

MUSEO D'ARTE CONTEMPORANEA L. PECCI_CORTE INTERNA DEL TEATRO
VIALE DELLA REPUBBLICA, 277
PRATO (PO)

Descrizione degli interventi:

L'intervento è finalizzato alla manutenzione straordinaria della corte interna al teatro con il rifacimento della pavimentazione esterna e adeguamento impianti elettrici dei camerini.

A seguito di uno studio sulle criticità rilevabili nella realizzazione dell'intervento dalla lettura del quadro conoscitivo del Piano Strutturale del Comune di Prato è emerso:

Pericolosità geomorfologica - la Tavola Af.7 classifica l'area:

G.2 - media: area caratterizzata da bassa propensione al dissesto in relazione alla pendenza ed alla litologia.

Pericolosità sismica locale - la Tavola Af.8 classifica l'area:

Zone suscettibili di amplificazioni locali dove il bedrock sismico è fratturato o affiora con pendenze superiori a 15 gradi; Zone dove affiora il substrato roccioso alterato; Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali.

S.2 Pericolosità sismica locale Media

Pericolosità idraulica - la Tavola Af.9 classifica l'area:

Pericolosità media (I.2), da alluvione bassa (P1)

Battente idraulico - la Tavola Af.10 classifica l'area:

Battenti idraulici definiti con lo studio idrologico-idraulico di dettaglio pari a 0

Problematiche Idrogeologiche - la Tavola Af.12 classifica l'area a cavallo di due fasce:

Vulnerabilità dei terreni medio-bassa

Magnitudo idraulica e delle aree presidiate da sistemi arginali - la Tavola Af.13 classifica l'area:

Magnitudo idraulica ai sensi LR. 41/18 nulla

ANALISI FATTORE TEMPERATURA

Elementi del contesto climatico:

- ↑ Temperature medie, massime e minime annuali
- ↑ Giornate con temperature massime estreme
- ↓ Giornate con temperature minime estreme
- ↑ Numero di ondate di calore
- ↓ Numero di ondate di freddo



Analisi del contesto ambientale:

L'intervento ricade in area urbana caratterizzata da un ambiente fortemente antropizzato con la presenza di superfici impermeabili e poche aree naturali.

Valutazione del rischio di pericoli climatici e impatti:

Cambiamento della temperatura	Rischio non trascurabile	L'aumento delle temperature medie e delle temperature massime estreme può influire sulla fruizione dell'ambiente scolastico da parte degli studenti e del personale. L'impatto associato a questo rischio è elevato.
Ondata di calore	Rischio non trascurabile	L'aumento del numero di giornate con temperature massime estreme e del numero di ondate di calore può influire sulla fruizione dell'ambiente scolastico da parte degli studenti e del personale.
Ondata di freddo/gelata	Rischio trascurabile	Dato le caratteristiche del contesto climatico in cui ricade l'intervento si ritiene che il rischio di impatto associato alle ondate di freddo/gelo sia contenuto,
Incendio di incolto	Rischio trascurabile	Dato il carattere urbano dell'area in cui ricade l'intervento si ritiene che il rischio di incendio di incolto sia trascurabile.

Misure di adattamento applicabili:

La vulnerabilità al pericolo di ondate di calore e all'aumento delle temperature massime estreme è condizionata, in ambito urbano, dalla temperatura dell'aria e dalla temperatura superficiale:

- la **temperatura dell'aria** è influenzata principalmente dalla possibilità di ventilazione di uno spazio, che può essere descritta dalla porzione di cielo visibile da un punto di osservazione, ovvero lo *sky view factor* (SVF): più alto è lo SVF e maggiore è la perdita di calore in atmosfera;

- La **temperatura superficiale** è invece influenzata da diversi fattori:

la **radiazione solare**, che dipende non solo dalla variabile climatica dell'energia radiante ma anche da quali superfici siano colpite da questa energia;

l'**albedo**, la capacità di una certa superficie di riflettere la radiazione solare incidente verso tutte le direzioni, che incide su quanta energia, e quindi calore, sarà assorbito dalla superficie stessa.

la presenza di **superfici evapotraspiranti**, ovvero dall'energia termica da queste assorbita per consentire l'evaporazione dell'acqua;

la velocità con cui i materiali assorbono e disperdono calore ovvero: la **conduttività**, materiali con alti livelli conduttività (ad esempio i metalli) esposti a radiazione solare assorbono immediatamente della radiazione solare e rilasciano energia termica nell'aria; e l'**inerzia termica**, capacità di un materiale di variare più o meno velocemente la sua temperatura in seguito a una variazione di temperatura esterna. Infatti, l'inerzia termica dei materiali edilizi se da una parte favorisce la capacità di un edificio di resistere al caldo estremo



rallentando il passaggio del calore verso l'interno, dall'altra causa il mantenimento di alte temperature durante la notte poiché continuano a rilasciare il calore assorbito durante il giorno nelle ore notturne.

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 per attenuare l'intensità della radiazione solare;
- la determinazione delle caratteristiche dei nuovi edifici al fine di promuovere la ventilazione urbana (verifica dei fattori di sky view factor);
- la riduzione delle fonti di caldo diretto come, ad esempio, le macchine termiche dei sistemi di condizionamento che potrebbero essere sostituite con sistemi di condizionamento naturali e geotermici;
- 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.

Misure di adattamento applicabili:

Misure di adattamento applicabili:	si		l'adozione di soluzioni per l'ombreggiamento per attenuare l'intensità della radiazione solare;
			la determinazione delle caratteristiche dei nuovi edifici al fine di promuovere la ventilazione urbana (verifica dei fattori di sky view factor);
			la riduzione delle fonti di caldo diretto come, ad esempio, le macchine termiche dei sistemi di condizionamento che potrebbero essere sostituite con sistemi di condizionamento naturali e geotermici;
			l'incremento dell'evaporazione attraverso l'aumento di superfici verdi (tetti e pareti) e la piantumazione di alberi e arbusti;
	no		Le misure di adattamento che possono essere adottate esulano dal contesto dell'intervento oggetto di valutazione.

ANALISI FATTORE VENTO

Elementi del 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 (shear). Difficilmente è possibile valutare come il cambiamento climatico possa influire sull'intensità e sulla frequenza di tornado e trombe d'aria poiché questi sono fenomeni locali che sfuggono alla scala rappresentabile dai modelli climatici.



In linea generale i modelli prevedono per il clima futuro la presenza di maggiore energia rilasciata dal mare e una maggiore instabilità atmosferica ed una diminuzione della frequenza di presenza di shear; è possibile quindi attendersi una diminuzione del numero di tornado e trombe d'aria e un aumento dell'intensità dei fenomeni.

Analisi del contesto ambientale:

L'intervento ricade in area urbana caratterizzata da un ambiente fortemente antropizzato.

Valutazione del rischio di pericoli climatici e impatti:

Tromba d'aria	Rischio non trascurabile	L'impatto associato a questo rischio è elevato. Anche se questi fenomeni sono più frequenti ed intensi nelle zone costiere, non è possibile considerare non trascurabile il rischio che questo pericolo si manifesti.
---------------	--------------------------	---

Misure di adattamento applicabili all'intervento:

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

Consultare con regolarità il bollettino di allerta meteorologico emesso dal Centro Funzionale della Regione Toscana (<https://www.regione.toscana.it/allerta-meteo-rischio-vento>)

Misure di adattamento applicabili:	si		l'adozione di vegetazione per mitigare la forza del vento;
			Adeguamento alla normativa tecnica per il carico del vento
		Garantire serramenti con grado di resistenza al vento adeguato	
	no		Le misure di adattamento che possono essere adottate esulano dal contesto dell'intervento oggetto di valutazione.

ANALISI FATTORE ACQUE

Elementi del contesto climatico:

→ Apporti pluviometrici annuali e stagionali costanti (tendenza climatica attuale e scenario RCP4.5)

! Periodo a rischio aridità mesi estivi

↑ Precipitazioni invernali (scenario RCP8.5)

↓ Precipitazioni estive (scenario RCP8.5)

Analisi del contesto ambientale:

Standardized Precipitation Evapotranspiration Index (SPEI)

Indice che permette di individuare periodo secchi e umidi su varie scale temporali. L'indice è basato su un bilancio idrico semplificato in grado di individuare lo stato di siccità influenzato sia dall'andamento della precipitazione che dalle variabili meteorologiche che influenzano l'evaporazione e la traspirazione

da: Autorità Idrica Toscana



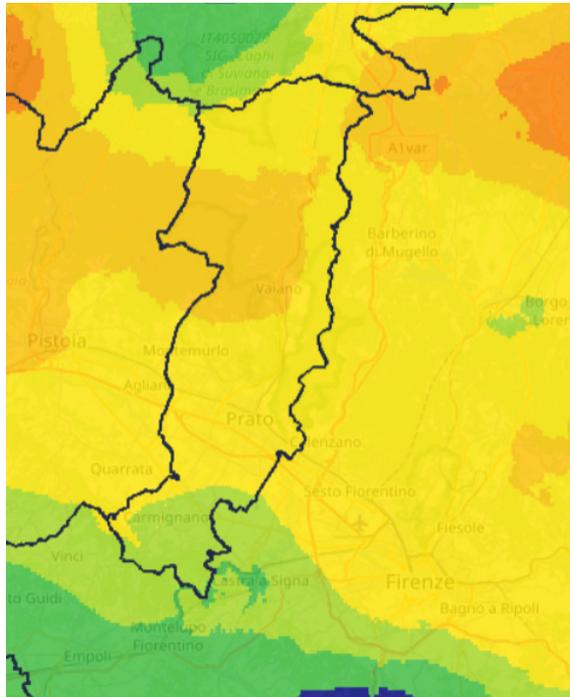
Finanziato
dall'Unione europea
NextGenerationEU



comune di
PRATO
Codice Fiscale: 84006890481

<https://geoportale.lamma.rete.toscana.it/ait/#/viewer/openlayers/8>
periodo riferimento: 11/0132023 - 11/04/2023

L'intervento ricade in:
siccità lieve



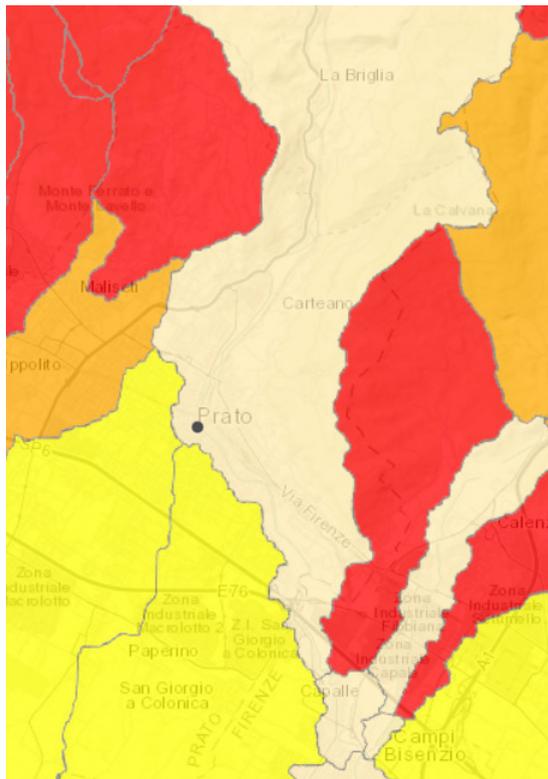
Pericolosità *flash flood* 2007/60/CE nelle UoM toscane - (2018)

Pericolosità da alluvioni derivanti da eventi intensi e concentrati in genere per effetto dell'insorgere di precipitazioni intense su un'area relativamente ristretta.

da: Autorità di bacino distrettuale

<https://geodataserver.appenninoseptentrionale.it/portal/apps/webappviewer/index.html?id=77e1716a033147d58f81f3faa908db26>

L'intervento ricade in:
pericolosità da *flash flood* bassa



Pericolosità flash flood 2007/60/CE nelle UoM toscane - Il Ciclo - (2018)

Pericolosità flash flood 2007/60/CE nelle UoM toscane - (2018)

- Bassa
- Moderata
- Elevata
- Molto elevata

Piano di Gestione Rischio Alluvioni (PGRA)

Pericolosità da alluvione in ambito fluviale nel Distretto Appennino Settentrionale ai sensi della Direttiva 2007/60 CE e del DLgs 49/2010

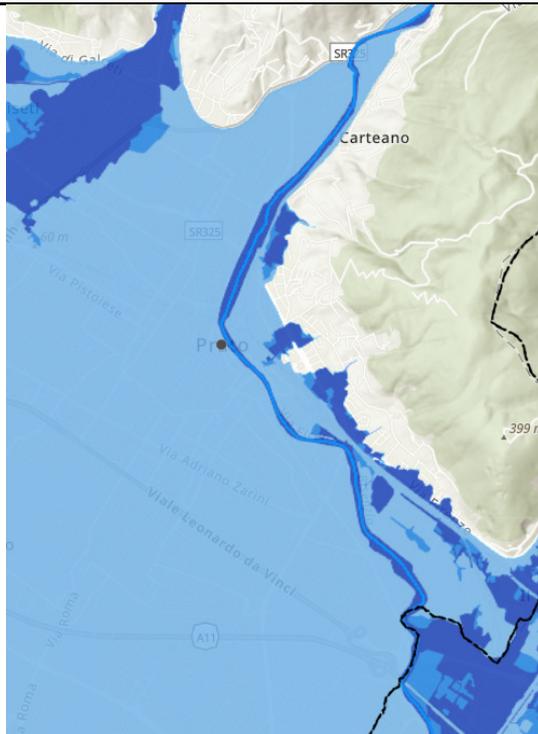
Sono definiti dei tre scenari di probabilità di inondazione: scarsa (P1), media (P2) ed elevata (P3).

da: Autorità di bacino distrettuale dell'Appennino Settentrionale

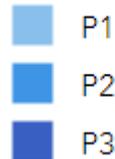
<https://geodataserver.appenninoseptentrionale.it/portal/apps/webappviewer/index.html?id=5df4e2dc9f79431ea89eef064912c45a>

L'intervento ricade in:

pericolosità da alluvione bassa



Pericolosità Dominio Fluviale



Valutazione del rischio di pericoli climatici e impatti:

Siccità	Rischio trascurabile	L'intervento ricade in un'area a rischio siccità bassa. Le proiezioni delle condizioni climatiche indicano inoltre una diminuzione delle piogge nei mesi estivi a seguito da cui potrebbe conseguire una diminuzione della fornitura idrica.
Forti precipitazioni	Rischio non trascurabile	L'area in cui ricade l'intervento è classificata in pericolosità da <i>flash flood</i> bassa, ovvero è bassa la propensione al verificarsi di eventi intensi e concentrati. Gli eventi estremi di precipitazione possono determinare danni significativi a strutture, beni e persone. Data l'esposizione e la sensibilità dell'elemento a rischio si ritiene che l'impatto associato al pericolo non sia trascurabile.
Inondazioni (Costiera, fluviale, pluviale, di falda)	Rischio non trascurabile	L'intervento ricade in un'area con rischio alluvione fluviale bassa ovvero inondabile da eventi con tempo di ritorno superiore a 200 anni e comunque corrispondenti al fondovalle alluvionale. Gli indirizzi per il governo del territorio definiti per queste aree dall'Autorità di bacino prevedono che, se non diversamente localizzabili, le opere pubbliche o di interesse pubblico siano subordinate al rispetto di condizioni di gestione del rischio. Gli eventi alluvionali possono determinare danni significativi a strutture, beni e persone. Data



		l'esposizione e la sensibilità dell'elemento a rischio (edificio scolastico) si ritiene che l'impatto associato al pericolo non sia trascurabile.
--	--	---

Misure di adattamento applicabili:

Come premesso, il verificarsi di **momenti prolungati di siccità** temporanea potrebbe arrecare un danno significativo al verde eventualmente presenti negli spazi esterni. Tutte le soluzioni volte al **risparmio idrico** e al **recupero e riutilizzo dell'acqua a scopo irriguo** rappresentano quindi un'efficace misura di adattamento a questo rischio. In questo senso possono essere installati dei sistemi di recupero delle acque meteoriche che, raccogliendo l'acqua proveniente dalla copertura attraverso i pluviali, prevedono il trattamento per mezzo di filtri e all'accumulo in serbatoi per i momenti di carenza idrica. La minimizzazione del rischio di danno alla vegetazione in caso di stress idrico deve inoltre essere un elemento guida nella progettazione delle opere. Ad esempio, dovrebbero essere preferite le specie arboree più resistenti e dovrebbero essere previste tecnologie di irrigazione automatica che limitino gli sprechi oppure essere scelte soluzioni che non necessitano annaffiatura tipo *rain garden*, utili anche al controllo del deflusso delle acque meteoriche.

Relativamente al pericolo climatico legato al verificarsi di **eventi estremi di precipitazione, l'impermeabilizzazione dei suoli** rappresenta un importante elemento di vulnerabilità in quanto può alterare in maniera significativa le prestazioni idrauliche di una data geomorfologia limitando il naturale assorbimento delle acque meteoriche da parte della vegetazione e dei suoli. Questa condizione favorisce l'incremento dei volumi idrici derivanti dal fenomeno del *run-off* urbano che, in caso di piogge intense, può portare alla saturazione delle infrastrutture per lo smaltimento delle acque e quindi l'aumento del rischio idraulico.

Laddove possibile, per alleggerire la pressione del sistema di smaltimento fognario in caso di forti piogge, possono inoltre essere utilizzate soluzioni di arredo urbano che fungano da sistemi di raccolta delle acque meteoriche come bacini di ritenzione, vasche e fontane e water squares.

Sempre relativamente agli spazi esterni, nella progettazione delle opere a verde deve essere prestata attenzione alla scelta delle specie arboree escludendo quelle note per la fragilità dell'apparato radicale, del fusto o delle fronde che potrebbero causare danni in caso di eventi meteorici intensi.

Le misure di adattamento che possono essere adottate per la riduzione del rischio di esondazione ovvero lo straripamento di corsi d'acqua, attengono principalmente alla gestione e alla pianificazione territoriale ed esulano pertanto dal caso di studio. La misura di adattamento che dovrebbe essere adottata nell'ambito degli interventi sull'edilizia scolastica è quella di integrare le misure di gestione delle emergenze (come incendio e terremoto) con specifiche e procedure per la gestione del rischio alluvione.

Tuttavia, dal momento che è previsto lo svolgimento dei lavori, si suggerisce di:

- consultare con regolarità il bollettino di allerta meteorologico emesso dal Centro Funzionale della Regione Toscana (<https://www.regione.toscana.it/-/rischio-idrogeologico-idraulico>)

Sulla base della classificazione delle allerte meteo, il Responsabile di Cantiere in accordo con il Coordinatore della Sicurezza in fase di Esecuzione decide in merito alle misure da adottare al fine della salvaguardia di beni e persone.

Le principali soluzioni di adattamento a questo pericolo, facilmente attuabili possono essere previste anche sull'esistente, sono:



Misure di adattamento applicabili:	si		rialzare il livello del piano terra rispetto alla quota di calpestio (da alcuni centimetri fino a pochi metri);
			Realizzare opportuni marciapiedi lungo i prospetto degli edifici che affacciano direttamente sul fronte strada
			Realizzare impianti di raccolta e riuso delle acque meteoriche
			Effettuare la manutenzione periodiche delle caditoie al fine di mantenere le prestazioni
			prevedere tetti giardino utili a svolgere un'azione di drenaggio delle acque piovane; in particolare possono essere previsti tetti giardino estensivi, utilizzabili sia su tetti piani che inclinati con capacità di carico ridotta, oppure tetti giardino intensivo, realizzabili solo su tetti piani e con una certa portanza;
			migliorare il deflusso delle acque meteoriche verso le grondaie con la sovrapposizione di coperture a falde inclinate su coperture piane esistenti soggette
			pavimentazioni a giunto aperto e a giunto aperto inerbato;
			superfici porose come asfalto o cemento porosi;
			aree verdi e <i>rain garden</i> .
	no		Le misure di adattamento che possono essere adottate esulano dal contesto dell'intervento oggetto di valutazione.

ANALISI FATTORE MASSA SOLIDA

Elementi del contesto climatico:

Non sono presenti indicatori climatici strettamente correlati al fattore massa solida per l'area di intervento. Lo studio dell'evoluzione del rischio legato alle frane rispetto ai cambiamenti climatici risulta particolarmente complesso sia perché il rischio non è noto allo stesso livello conoscitivo e per tutte le diverse tipologie di frana (grandi, piccole, superficiali, profonde) sia perché gli effetti dei cambiamenti climatici e ambientali attesi sono molto diversi, e anche contrastanti, per diverse tipologie di dissesto. Quello che emerge dalle analisi scientifiche è che i dissesti profondi e lenti tenderanno a rallentare la loro attività, mentre ci si attende che aumenti la frequenza degli eventi di frana superficiali e veloci.

Analisi del contesto ambientale:

Pericolosità da frane – piano di bacino del fiume Arno – vigente

Individua la pericolosità da frana secondo tre livelli:

P4: pericolosità molto elevata - pericolosità indotta da fenomeni franosi attivi

P3: pericolosità elevata - pericolosità indotta da fenomeni franosi inattivi che presentano segni di potenziale instabilità (frane quiescenti)

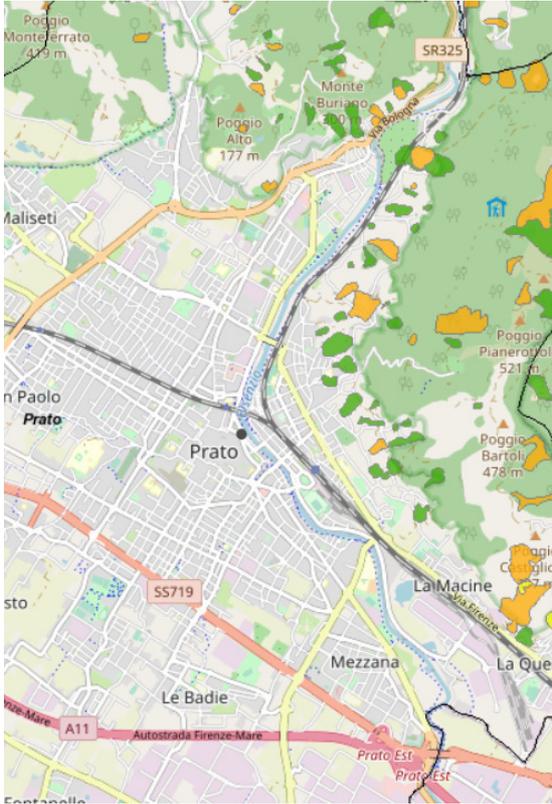
P2: pericolosità media - pericolosità indotta da fenomeni franosi inattivi stabilizzati (naturalmente o artificialmente)



da: Autorità di bacino distrettuale dell'Appennino Settentrionale

<https://geodataserver.appenninoseptentrionale.it/portal/apps/webappviewer/index.html?id=14ca15f41e8e4396a1b27d788db98f60>

L'area in cui ricade l'intervento non è interessata da pericolosità da frane



Mappa pericolosità ARNO

UoM Arno



Pericolosità Arno

- P2 - pericolosità media
- P3a - pericolosità elevata (forme)
- P3b - pericolosità elevata (propensione)
- P4 - pericolosità molto elevata

Valutazione del rischio di pericoli climatici e impatti:

Frana	Non presente	Dal' analisi del contesto ambientale non si riscontrano elementi di rischio
-------	--------------	---

Misure di adattamento applicabili:

Misure di adattamento applicabili:	si		Rispondere alla normativa vigente per contenere il rischio frana
	no		Sulle base delle conoscenze disponibili non appare necessario prevedere specifici interventi di adattamento

Firmato da:

ANTONIO SILVESTRI

codice fiscale SLVNTN66R11A783F

num.serie: 3822830846754729415

emesso da: ArubaPEC EU Qualified Certificates CA G1

valido dal 21/02/2022 al 21/01/2025

Elena Vitali

codice fiscale VTLLNE90P66B036D

num.serie: 1715759587340951131

emesso da: ArubaPEC EU Qualified Certificates CA G1

valido dal 20/01/2023 al 20/01/2026