



Mitigazione dei Rischi Naturali per la Sicurezza
e la Mobilità nelle Aree Montane del Mezzogiorno

PNR 2015-2020

Area di Specializzazione *Smart, Secure and Inclusive Communities*



Obiettivo Realizzativo 2

Valutazione del rischio idrogeologico

PROFILO CLIMATICO PER UN'AREA COMPRESA FRA LE CITTÀ DI POTENZA E MATERA, E FRA LE VALLI DEI FIUMI BASENTO E BRADANO

Veronica Villani

Giuliana Barbato

Guido Rianna

Paola Mercogliano

Fondazione CMCC Centro Euromediterraneo sui Cambiamenti Climatici
Regional Models and geo-Hydrological Impacts (REMHI) Division

15 Dicembre 2022



UNIONE EUROPEA
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



Estratto della Raccolta dei Rapporti Tecnici di Disseminazione del Progetto MITIGO – Volume 2

© 2022 Università degli Studi della Basilicata

Editrice Universosud – Potenza

ISBN 9788899432935



Questa pubblicazione è stata realizzata con il cofinanziamento dell'Unione Europea – FESR, PON Ricerca e Innovazione 2014-2020.

www.ponricerca.gov.it



UNIONE EUROPEA
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



Ministero dell'Università
e della Ricerca



Mitigazione dei Rischi Naturali
per la Sicurezza e la Mobilità nelle
Aree Montane del Mezzogiorno



INDICE

SOMMARIO	2
1. Introduzione	2
2. Gli indicatori climatici	5
3. Analisi del clima sul periodo di riferimento	6
4. Analisi di scenari climatici: modelli EURO-CORDEX	12
5. Conclusioni	18
Bibliografia	19
Glossario	21



PROFILO CLIMATICO PER UN'AREA COMPRESA FRA LE CITTÀ DI POTENZA E MATERA, E FRA LE VALLI DEI FIUMI BASENTO E BRADANO

Veronica Villani, Giuliana Barbato, Guido Rianna, Paola Mercogliano

SOMMARIO

Il rapporto ha l'obiettivo di mostrare i principali risultati relativi alla caratterizzazione dei regimi di temperatura e precipitazione sul periodo di riferimento 1981-2010 e delle attese variazioni per effetto del cambiamento climatico sul trentennio centrato sull'anno 2050 (2036-2065) rispetto allo stesso periodo 1981-2010, considerando due scenari IPCC: RCP4.5 e RCP8.5. L'area di studio è rappresentata dal "laboratorio naturale" del progetto MITIGO, in un territorio compreso tra le città di Potenza e Matera, e fra le valli dei fiumi Basento e Bradano.

La caratterizzazione delle condizioni attuali sfrutta il dataset grigliato di osservazioni SCIA sviluppato da ISPRA (Sistema nazionale per la raccolta, l'elaborazione e la diffusione di dati Climatologici di Interesse Ambientale; www.scia.isprambiente.it), mentre le variazioni sul futuro sono stimate utilizzando un set ("ensemble") di simulazioni climatiche disponibili nell'ambito del programma EURO-CORDEX (Hennemuth et al., 2017 ; Jacob et al., 2020). Tali simulazioni climatiche sono state condotte utilizzando diverse catene di simulazione e diversi scenari di concentrazione dei gas climalteranti¹.

Le analisi mostrano come già sul medio orizzonte temporale (2036-2065, centrato sul 2050), il cambiamento climatico possa indurre sull'area variazioni rilevanti nel regime termometrico (con un incremento generalizzato dei valori) e nella stagionalità del regime pluviometrico con una brusca riduzione nelle stagioni estive e primaverili ed una sostanziale invarianza o moderato incremento nelle stagioni invernali ed autunnali. A tali variazioni nel regime dei valori medi, sarà associato una variazione nel regime degli estremi con una riduzione dei valori associati ad ondate di freddo, un incremento dei valori di temperatura massima ed una sensibile variazione nei valori massimi di precipitazione

1. Introduzione

Il quadro climatico ha l'obiettivo di restituire informazioni sui valori di diverse variabili atmosferiche che possano essere di interesse per comunità, amministrazioni e soggetti economici che operano sul territorio. Le variabili atmosferiche (p.e. precipitazione, temperatura, velocità e direzione del vento) e le specifiche caratteristiche della distribuzione (valori medi, massimi, superamenti di soglia) sono funzione degli scopi per cui il quadro climatico è condotto, a sua volta legato a criticità e/o attività di rilievo condotte nell'area. In un contesto di cambiamento climatico, la rappresentazione e analisi sul periodo presente non è usualmente sufficiente in quanto, per effetto del riscaldamento globale, è attesa una variazione statisticamente significativa in diverse variabili atmosferiche che potranno indurre, in cascata, variazioni sostanziali nella disponibilità di alcuni servizi o nella frequenza e severità dei fenomeni di dissesto.

¹ Tra i diversi modelli disponibili nel programma EURO-CORDEX alla risoluzione di 12 km sono stati selezionati quelli attualmente disponibili sulla piattaforma C3S di Copernicus (<https://cds.climate.copernicus.eu/cdsapp#!/dataset/projections-cordex-domains-single-levels?tab=overview>)



L'analisi delle condizioni attuali e le stime sul futuro devono essere condotte utilizzando banche dati differenti:

- l'analisi sul periodo di riferimento è usualmente condotta tramite lo studio dei dati osservati così come restituiti dalle reti di monitoraggio a terra (eventualmente riportate su grigliati regolari), tramite l'interpretazione di dati resi disponibili tramite *remote sensing* o, infine, tramite l'utilizzo di modelli atmosferici (del tutto simili a quelli utilizzati per le previsioni meteorologiche) che permettono, a ritroso, di ricostruire le condizioni atmosferiche e al suolo (rianalisi atmosferica).

In tal caso, lo studio è condotto sfruttando il dataset osservativo grigliato di temperatura e precipitazione con passo giornaliero, reso disponibile su scala nazionale dal Sistema nazionale per la raccolta, l'elaborazione e la diffusione di dati Climatologici di Interesse Ambientale (SCIA, www.scia.isprambiente.it) realizzato dall'Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA), e alimentato in collaborazione e con i dati del Sistema Nazionale di Protezione dell'Ambiente (SNPA) e delle principali reti di monitoraggio distribuite sul territorio nazionale. I dati di precipitazione sono resi disponibili su una griglia di circa 10 km di risoluzione, mentre i dati di temperatura massima e minima su una griglia di circa 5 km di risoluzione.

- La stima delle variazioni climatiche future è condotta sfruttando i risultati di un insieme di catene di simulazione climatica. In breve, tali catene usualmente includono tre grandi anelli:
 - Gli scenari di concentrazione che forniscono l'evoluzione futura nella concentrazione dei gas climalteranti (gas serra, aerosol) sulla base di assunzioni sullo sviluppo demografico e socio-economico alla scala globale e locale. Nell'ambito della stesura del V Assessment Report dell'IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change; 2013), gli scenari assunti a riferimento sono i cosiddetti Representative Concentration Pathways (RCPs)² (Van Vuuren et al., 2011); nella loro denominazione, il termine "representative" sta ad indicare che le traiettorie identificate (pathways) sono solo alcune di riferimento tra le differenti sviluppate. In tal senso, esse sono codificate tramite un suffisso con il quale si riporta il valore dell'incremento atteso nella radiazione al suolo al 2100 rispetto all'era preindustriale (1765)
 - I modelli climatici globali (GCM) utilizzano come forzanti gli scenari di concentrazione e hanno l'obiettivo di riprodurre le dinamiche atmosferiche globali con una risoluzione orizzontale compresa tra 50 e 150 km. Tali valori permettono una caratterizzazione adeguata dei processi continentali o sugli oceani ma sono spesso insufficienti per caratterizzare le variazioni climatiche su scala locale.
 - I modelli climatici regionali con risoluzioni medie dell'ordine dei 10-15 km ed esperimenti anche ad elevatissime risoluzioni (1-2 km) permettono una caratterizzazione molto più spinta dei processi alla scala subregionale.

Nonostante i recenti progressi compiuti da parte della comunità scientifica nel campo dello sviluppo dei modelli climatici alla scala globale e regionale, alcuni fattori come la risoluzione spaziale o l'adozione delle

² Le analisi si basano su alcuni RCPs (Representative Concentration Pathways) definiti in base al livello di forzante radiativa stimato per l'anno 2100 rispetto ai valori preindustriali (Van Vuuren et al. 2011). Nello specifico, sono stati adottati due RCPs: RCP4.5 e RCP8.5, dove i suffissi rappresentano l'aumento (nel 2100) del livello di forzante radiativa ad un valore rispettivamente di 4.5 e 8.5 W/m². Lo scenario RCP4.5, è invece uno scenario intermedio nel quale si valuta l'implementazione di alcune misure di mitigazione.

parametrizzazioni fisiche per la riproduzione dei processi sotto-griglia inducono spesso una non corretta rappresentazione delle dinamiche. D'altro canto, la stima è affetta da diverse altre fonti di incertezza: come l'evoluzione reale delle dinamiche demografiche e socio-economiche, l'intrinseca variabilità atmosferica interannuale.

Uno dei metodi più efficaci per tenere in considerazione le diverse fonti di incertezza è l'utilizzo congiunto di diverse proiezioni. Per facilitare tale processo, sono quindi sorte diverse iniziative che hanno lo scopo di mettere a sistema le proiezioni sviluppate dai diversi centri di ricerca: l'iniziativa Coupled Model Intercomparison Project (CMIP) permette la stima delle proiezioni di diversi modelli globali mentre l'iniziativa CORDEX³ permette, su diversi domini regionali, il confronto tra le proiezioni sviluppate tramite l'adozione di approcci di regionalizzazione (statistici o fisicamente basati); in tal senso, nell'ambito dell'iniziativa CORDEX, la comparazione è facilitata dall'adozione di griglie e risoluzione comune sui diversi domini. Bisogna, in tutti i casi, ricordare che tali "ensemble" di modelli sono spesso frutto di partecipazione volontaria dei diversi centri di ricerca e, quindi, non possono coprire in modo sistematico e dare rappresentazione dell'intero quadro di incertezza associata alla stima delle diverse variabili.

Nell'ambito dello sviluppo del presente Quadro Climatico, saranno utilizzate le proiezioni rese disponibili dall'iniziativa europea di CORDEX (EURO-CORDEX) con una risoluzione di 12 km. Gli scenari di concentrazione utilizzati sono RCP4.5 e RCP8.5. Le stime saranno fornite in termini di valore medio inter-modello mentre si assumerà la deviazione standard come misura della dispersione tra le diverse stime (Von Trentini et al., 2019).

L'analisi è condotta tramite una serie di indicatori climatici che consentono di descrivere le caratteristiche dei regimi di temperatura e precipitazione sia in termini di andamenti medi (variazioni su scala stagionale e annuale) che in termini di estremi (ondate di calore, piogge estreme). Gli indicatori climatici, infatti, sono stati spesso adottati come "proxies" in grado di fornire informazioni sulla frequenza e magnitudine di diversi tipi di impatti meteo-indotti (p.e. dissesto geo-idrologico). In tal senso, è bene ricordare che gli indicatori possono avere un contenuto informativo differente a seconda della dinamica di interesse ma rientrano in un metodo speditivo che non può sostituire l'analisi degli impatti tramite l'adozione di modelli fisicamente basati (EEA 2009; EEA 2018; EEA 2019; Mysiak et al., 2018).

La Figura 1 riporta il dominio di analisi che comprende un territorio tra le province di Potenza e Matera e tra le valli del Bradano e del Basento. Allo scopo di facilitare la lettura, il presente documento è arricchito da un glossario contenente i termini tecnici maggiormente adoperati.

³ Maggiori informazioni riguardo l'iniziativa EURO-CORDEX sono disponibili al link <http://www.euro-cordex.net>.



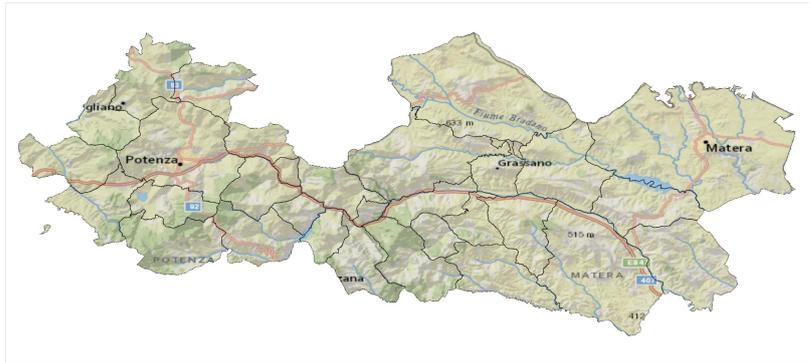


Figura 1: A sinistra in rosso i confini dell'area pilota del Progetto MITIGO. A destra una mappa fisica dei 30 comuni.

2. Gli indicatori climatici

Come anticipato nell'introduzione, gli indicatori climatici sono comunemente utilizzati nella letteratura di settore per caratterizzare il clima del recente passato e/o quello atteso. In particolare, alcuni indicatori sono utilizzati per l'analisi dei cosiddetti "eventi estremi", definiti come eventi che differiscono nelle loro caratteristiche di frequenza ed intensità dal valore climatologico (il valore atteso) dell'area su un periodo di riferimento. Nello specifico, gli indicatori più utilizzati per descrivere intensità e frequenza di occorrenza degli eventi estremi sono quelli definiti dall'*Expert Team (ET) on Climate Change Detection and Indices (ETCCDI)* (<http://etccdi.pacificclimate.org/index.shtm>). Essi sono relativi a diverse variabili atmosferiche, ma nel presente documento si fa riferimento esclusivamente a quelli associati a precipitazione e temperatura che, si reputa, influenzino in modo più significativo l'interazione tra suolo ed atmosfera e quindi l'innesco dei fenomeni di dissesto meteo-indotti principale (Karl et al., 1999; Peterson et al., 2001) (Tabella 1).

Acronimo, definizione indicatore climatico	Variabili atmosferiche necessarie per il calcolo	Unità di misura dell'indicatore	Unità di misura della variazione climatica (scenario)	Scala temporale	Reference
Temperatura Minima (°C): Media della temperatura minima giornaliera.	T	°C	+ - °C	stagionale/ annuale	
Temperatura Media (°C): Media della temperatura media giornaliera.	T	°C	+ - °C	stagionale/ annuale	
Temperatura Massima (°C): Media della temperatura massima giornaliera.	T	°C	+ - °C	stagionale/ annuale	
FD (giorni): Giorni di gelo - Numero di giorni con temperatura minima giornaliera inferiore a 0°C.		giorni	+ - giorni	annuale	ETCCDI
HW (giorni): Ondate di caldo - Numero di giorni con temperatura massima giornaliera maggiore di 35°C.	T	giorni	+ - giorni	annuale	
PRCPTOT (mm): Precipitazione cumulata nei giorni piovosi - Cumulata (somma) della precipitazione per i giorni con precipitazione maggiore/uguale a 1 mm.	Prec	mm	%	stagionale/ annuale	ETCCDI
R20 (giorni): Giorni di precipitazioni intense - Numero di giorni con precipitazione superiore a 20 mm.	Prec	giorni	+ - giorni	annuale	ETCCDI
RX1DAY (mm): Valore massimo della precipitazione giornaliera	Prec	mm	%	annuale	ETCCDI
SDII (mm): Indice di intensità di precipitazione giornaliera - Precipitazione media giornaliera nei giorni di precipitazione maggiore o uguale a 1mm.	Prec	mm	%	annuale	ETCCDI
PR99prctile (mm): 99° percentile della precipitazione giornaliera per i giorni con precipitazione maggiore/uguale a 1 mm.	Prec	mm	%	annuale	
CDD (giorni): Giorni consecutivi secchi - Numero massimo di giorni consecutivi con precipitazione giornaliera minore a 1 mm.	Prec	giorni	+ - giorni	annuale	ETCCDI
SPI3: Indice standardizzato di precipitazione per periodi di 3 mesi - Indicatore di surplus o deficit pluviometrico. I valori SPI possono essere interpretati come il numero di deviazioni standard per le quali l'anomalia osservata si discosta dalla media. L'indicatore selezionato misura la percentuale di mesi stimati come moderatamente secchi (-1.5<SPI≤-1), severamente secchi (-2<SPI≤-1.5), estremamente secchi (SPI≤-2).	Prec	-	%	annuale	McKee et al. (1993)

Tabella 1: Sintesi degli Indicatori climatici adottati nello sviluppo del Quadro Climatico.

3. Analisi del clima sul periodo di riferimento

L'analisi del clima osservato è condotta utilizzando il dataset osservativo grigliato del sistema SCIA (www.scia.isprambiente.it). Come riferimento si è ritenuto opportuno selezionare il trentennio 1981-2010 considerando che le simulazioni relative allo scenario IPCC "historical experiment" sono disponibili fino al 2005. Per la stima delle variazioni future il periodo di riferimento è stato quindi ottenuto utilizzando le simulazioni "historical experiment" per il periodo 1981-2005 sullo scenario IPCC historical experiment, e i dati basati sullo scenario IPCC RCP4.5 per il periodo 2006-2010. Dunque anche per l'analisi del clima di riferimento si è considerato il periodo 1981-2010. La scelta di un trentennio, secondo le linee guida dell'organizzazione mondiale della meteorologia (WMO) permette di tenere in considerazione le variazioni interannuali limitando, al contempo, l'influenza di trend interni che minano l'ipotesi di omogeneità della serie stessa.

I dati giornalieri di temperatura e di precipitazione sono resi disponibili alla risoluzione di circa 10 km per i dati di precipitazione e di circa 5 km per i dati di temperatura. Questo permette di rappresentare in maniera dettagliata le caratteristiche climatiche locali.

Nelle Tabelle 2 e 3 sono riportati rispettivamente i valori medi annuali e stagionali degli indicatori selezionati per valutare i principali impatti di interesse per l'area di studio. Inoltre, nella colonna "+/-DS", è riportata una stima della variabilità spaziale degli indicatori selezionati in termini di deviazione standard.

In termini di temperatura, l'area di studio mostra un valore medio annuale di 10°C per la temperatura minima e di 18°C per la temperatura massima con una variabilità su scala areale rispettivamente di circa 2°C (Tabella 2). Dalle mappe riportate in Figura 2, si evince che le temperature più fredde sono registrate nella parte occidentale dell'area di studio con picchi in estate di 20°C per la temperatura minima e 30°C per la temperatura massima. Inoltre, mediamente l'area di studio è caratterizzata da 1 giorno l'anno in cui la temperatura massima giornaliera è maggiore di 35°C (ONDATE DI CALDO) e da circa 16 giorni l'anno con temperatura minima giornaliera inferiore a 0°C (GIORNI DI GELO) con una variabilità su scala spaziale molto accentuata (17 giorni). In Figura 3, in termini di precipitazione, la parte orientale dell'area di studio mostra precipitazioni più scarse rispetto all'area occidentale: le precipitazioni annuali risultano essere di circa 729 mm con una variabilità su scala areale di circa 90 mm (Tabella 2). Su scala stagionale, come riportato in Figura 3, le precipitazioni invernali variano tra circa 160 e 320 mm mentre quelle estive variano tra circa 75 e 120 mm, con un aumento graduale verso la parte occidentale dell'area di studio. Inoltre, come atteso, Inverno e Autunno sono le stagioni in cui si registra la maggior parte della precipitazione che afferisce al bilancio annuale. L'intera area è caratterizzata, in media, da periodi massimi di circa 25 giorni consecutivi per anno in cui non si registrino precipitazioni. Infine, dall'indice standardizzato di precipitazione (SPI3), che quantifica il deficit di precipitazioni (siccità) sul cumulo dei 3 mesi e rispetto alla climatologia dell'area in esame, si evince che l'area di studio è stata interessata da periodi di siccità estremi, severi e moderati rispettivamente pari circa al 3%, 4% e 7% del totale.

E' bene ricordare che i valori restituiti dalle analisi sono ottenuti a partire da un dataset grigliato che, per sua stessa natura, può smussare i valori estremi usualmente monitorabili alla scala del punto stazione. Nondimeno, il dataset SCIA permette un'analisi omogenea e continua, nello spazio e nel tempo, sull'area di studio.

I grafici in Figura 4 e 5 mostrano anomalie per il periodo 1981-2010 rispetto alla media climatologica sullo stesso periodo, ossia la differenza tra valori annuali e la media del periodo, rispettivamente in riferimento ai valori di temperature minima e massima, e di precipitazione.

Infine, è stato utilizzato il test di Mann-Kendall (Kendall,1975) con un livello di confidenza del 95% per valutare la significatività statistica del trend di crescita/decrecita delle anomalie di temperatura e precipitazione. Per quanto attiene la temperatura si registra un trend di crescita che risulta essere statisticamente significativo solo per la temperatura massima. Inoltre, per quanto attiene la precipitazione si registra un trend di crescita che risulta essere statisticamente significativo. Negli ultimi anni, nello specifico, si registrano variazioni significative della precipitazione annuale rispetto alla media del periodo.

	VALORE MEDIO	±SD
TEMPERATURA MINIMA (°C)	10,0	1,8
TEMPERATURA MASSIMA (°C)	18,0	1,7
ONDATE DI CALDO (giorni)	1	1
GIORNI CON GELO (giorni)	16	17
PRECIPITAZIONE CUMULATA NEI GIORNI PIOVOSI (mm)	729	89
GIORNI DI PRECIPITAZIONI INTENSE (giorni)	5	1
MASSIMA PRECIPITAZIONE IN 1 GIORNO (mm)	38	4
PRECIPITAZIONE GIORNALIERA (mm)	5	0
99° PERCENTILE DELLA PRECIPITAZIONE (mm)	30	3
GIORNI CONSECUTIVI SECCHI (giorni)	25	1
INDICE STANDARDIZZATO DI PRECIPITAZIONE 3 MESI - CLASSE ESTREMAMENTE SECCA (%)	3	1
INDICE STANDARDIZZATO DI PRECIPITAZIONE 3 MESI - CLASSE SEVERAMENTE SECCA (%)	4	1
INDICE STANDARDIZZATO DI PRECIPITAZIONE 3 MESI - CLASSE MODERATAMENTE SECCA (%)	7	1

Tabella 2: Valori medi annuali per l'area di studio degli indicatori calcolati a partire dal dataset di osservazione del sistema SCIA per il periodo 1981-2010; nella colonna +/-DS viene invece riportata una stima della variabilità su scala areale (tramite il calcolo della deviazione standard).

	VALORE MEDIO							
	DGF	±DS	MAM	±DS	GLA	±DS	SON	±DS
TEMPERATURA MINIMA (°C)	3,6	1,7	8,0	1,7	17,3	1,8	11,2	1,8
TEMPERATURA MASSIMA (°C)	9,6	1,9	16,2	1,7	27,2	1,5	18,9	1,8
PRECIPITAZIONE CUMULATA NEI GIORNI PIOVOSI (mm)	221	33	173	26	102	7	234	25

Tabella 3: Valori medi stagionali per l'area di studio di temperatura media e precipitazione a partire dal dataset di osservazione del sistema SCIA per il periodo 1981-2010; nella colonna +/-DS viene invece riportata, per ciascun valore stagionale, una stima della variabilità su scala areale (tramite il calcolo della deviazione standard).

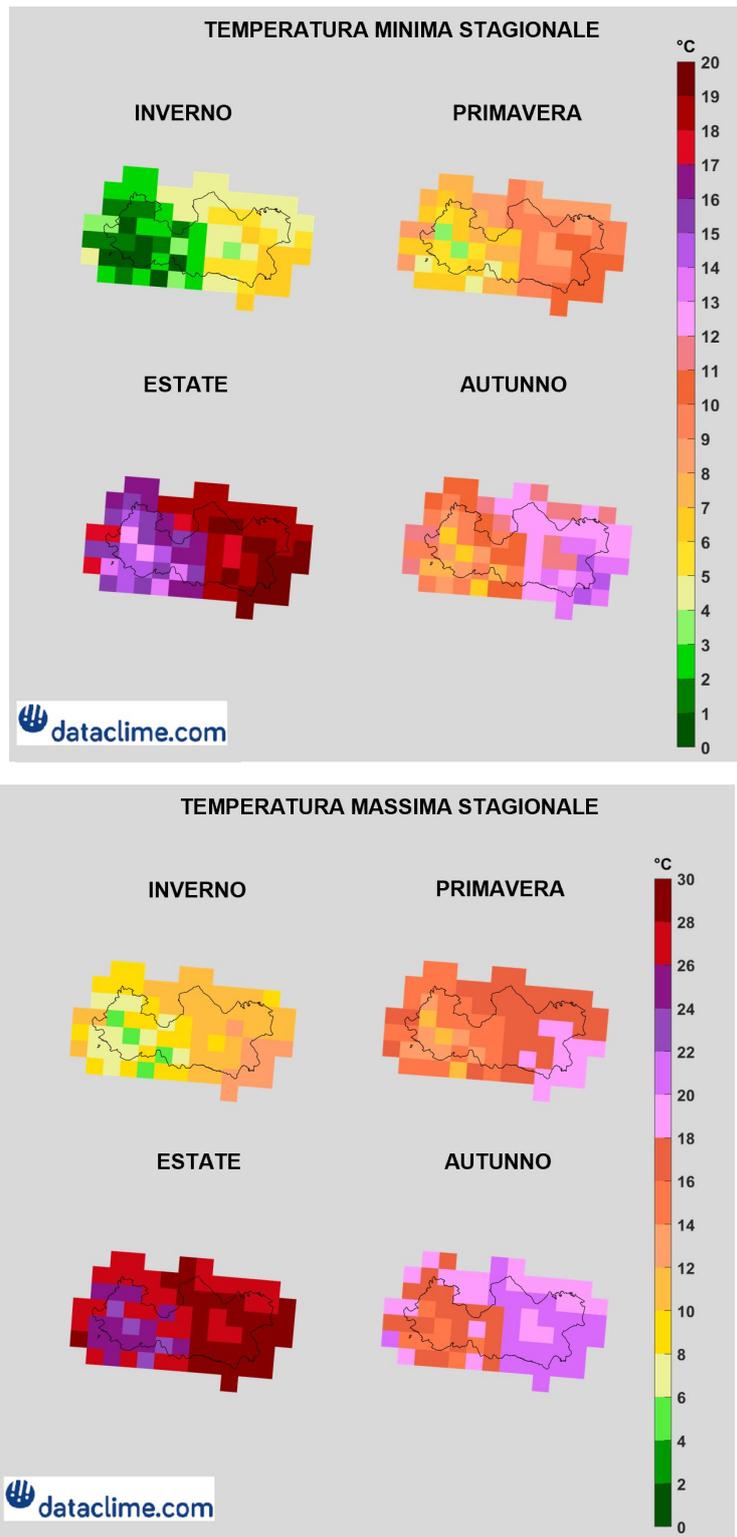


Figura 2: Mappe dei valori medi stagionali di temperatura minima (in alto) e di temperatura massima (in basso) (SCIA, 1981-2010).

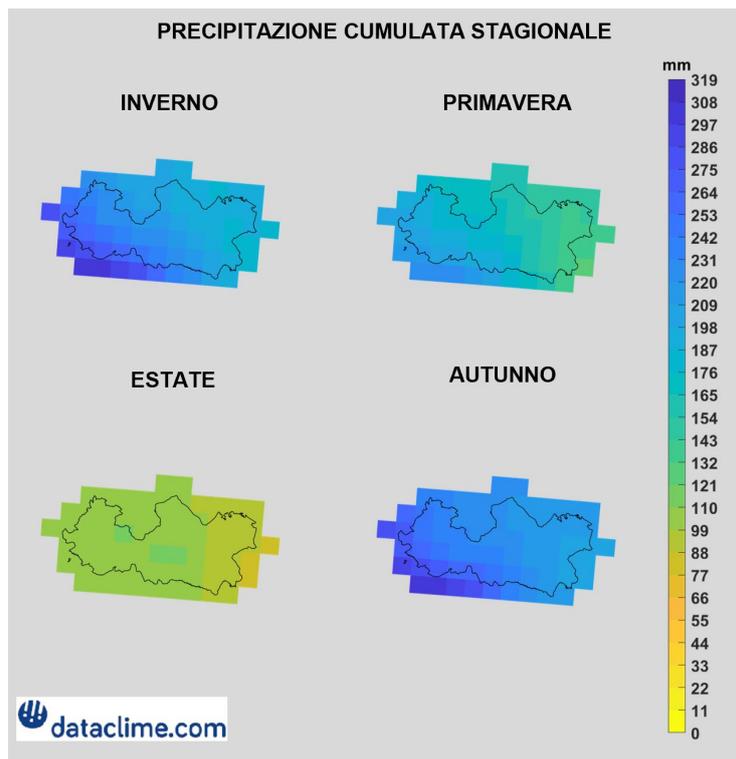


Figura 3: Mappe dei valori medi stagionali di precipitazione cumulata (SCIA, 1981-2010).

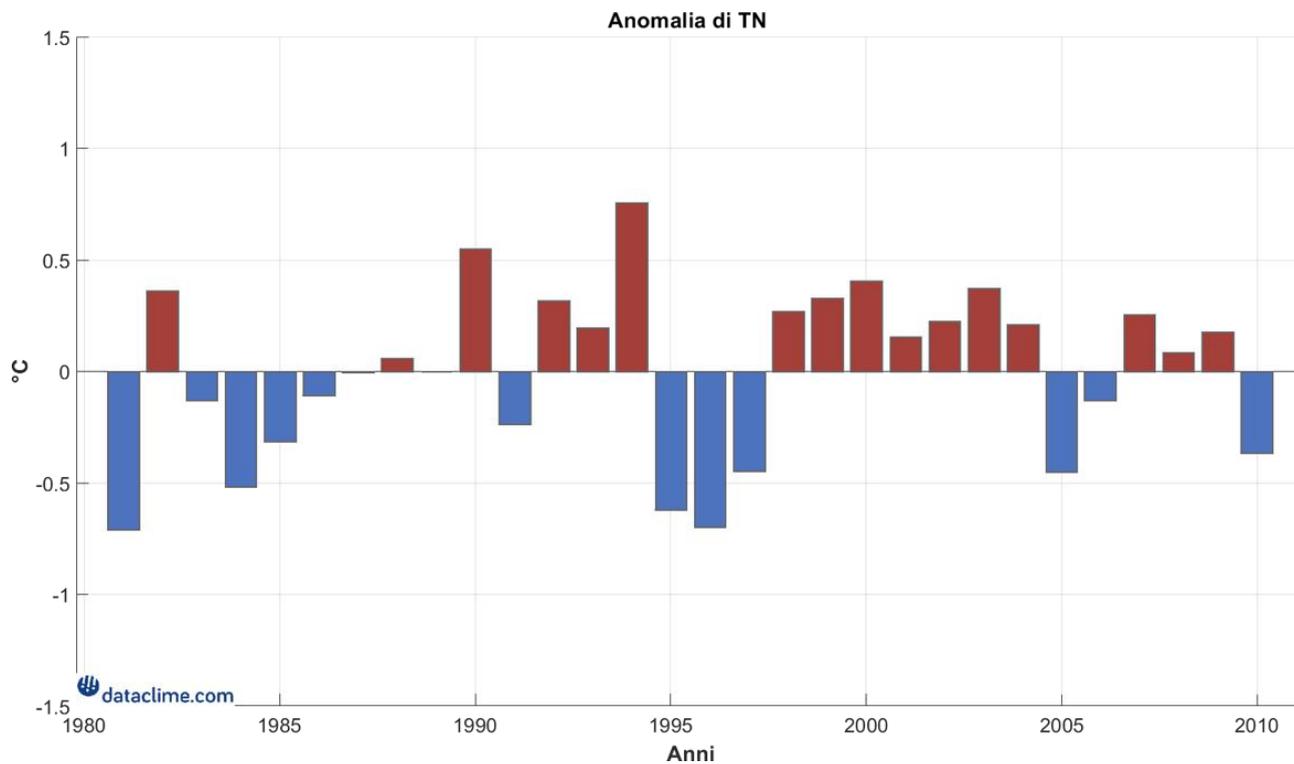


Figura 4: Anomalie annuali di temperatura minima rispetto al valore medio nel periodo 1981-2010.

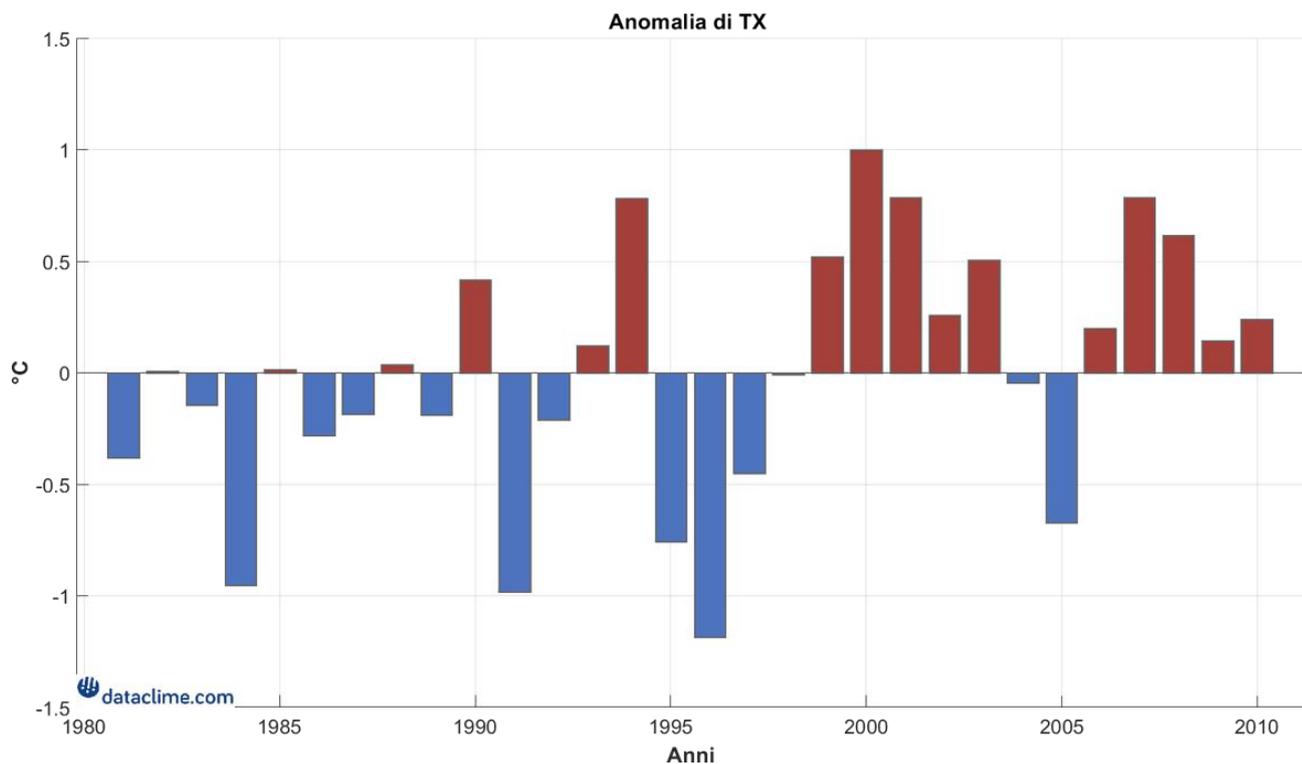


Figura 4: Anomalie annuali di temperatura massima rispetto al valore medio nel periodo 1981-2010.

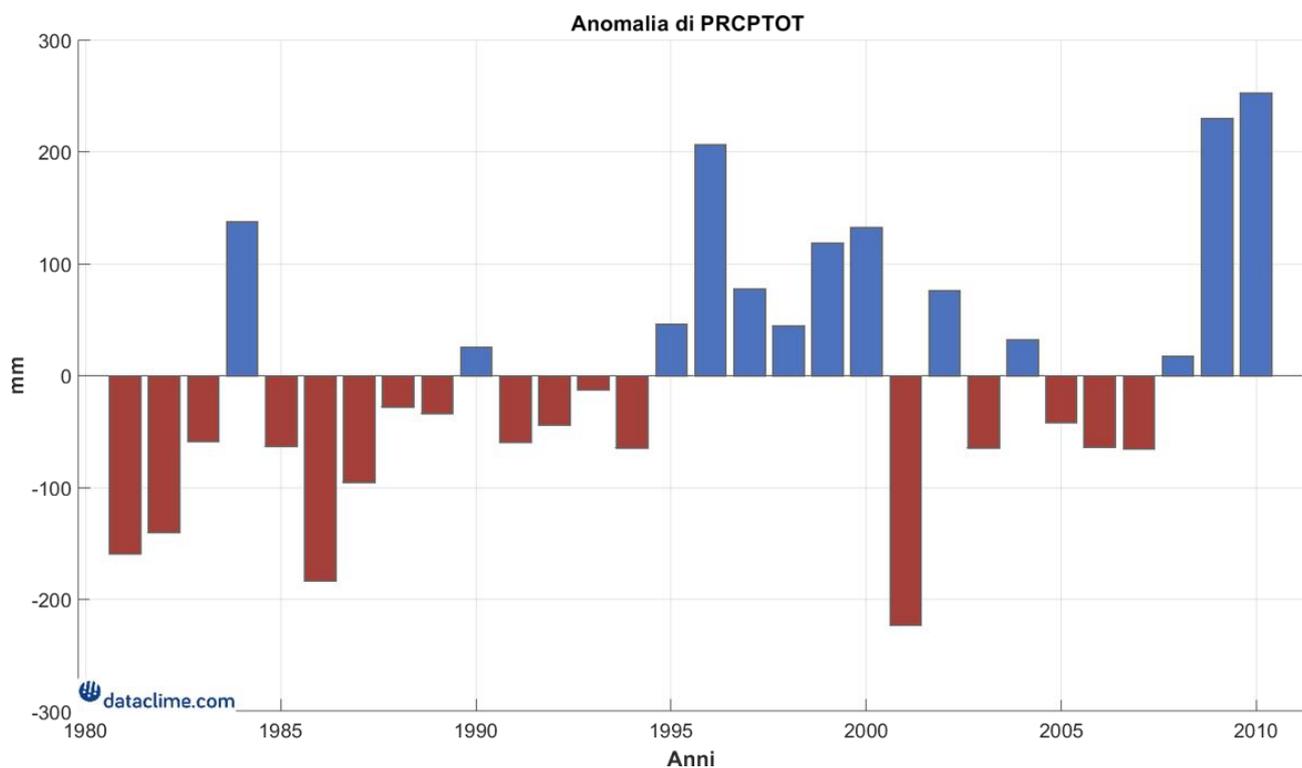


Figura 5: Anomalie annuali di precipitazione rispetto al valore medio nel periodo 1981-2010.

4. Analisi di scenari climatici: modelli EURO-CORDEX

La seconda parte dell'analisi è finalizzata a fornire indicazioni sulle variazioni attese per effetto del cambiamento climatico negli indicatori introdotti nel §2.

L'utilizzo delle diverse simulazioni rese disponibili dall'iniziativa EURO-CORDEX ha permesso di valutare non solo il valore medio (denominato spesso "ensemble mean" e ottenuto a partire dai valori dei singoli modelli che rappresentano l'ensemble), ma anche la dispersione dei singoli modelli intorno a questo valore medio (incertezza). La stima dell'incertezza è stata ottenuta utilizzando come valore di sintesi la deviazione standard inter-modello: quanto più è basso il valore di deviazione standard tanto più sarà elevato il grado di accordo tra i modelli climatici dell'ensemble EURO-CORDEX, e viceversa (Von Trentini et al.; 2019; Kotlarski et al. 2014, Jacob et al. 2020).

Si assume come periodo di analisi futuro il trentennio 2036-2065 (centrato sul 2050⁴) mentre il periodo di riferimento (1981-2010) è mantenuto inalterato rispetto a quanto mostrato nella prima fase dello studio. In Tabella 4, si evince un aumento delle temperature per entrambi gli scenari considerati (RCP4.5 e RCP8.5), più pronunciato considerando lo scenario RCP8.5, con un incremento fino a 2°C. I valori di dispersione dei modelli attorno ai valori medi di temperatura risultano essere molto bassi e denotano, quindi, un elevato grado di accordo tra le catene di simulazione incluse in EURO-CORDEX. In particolare, le proiezioni climatiche riportano su tutta l'area di studio una riduzione generale dei periodi con giorni molto freddi, ovvero con temperatura minima al di sotto di 0 °C (GIORNI DI GELO) con variazioni più pronunciate sotto lo scenario RCP8.5. Al contrario, per i periodi con giorni con temperature elevate (ONDATE DI CALDO) è invece atteso un aumento generale che interessa tutta l'area di studio, con variazioni più sostanziali considerando lo scenario RCP8.5. Per quanto riguarda gli indicatori utilizzati per la siccità, in generale è atteso un lieve aumento sia per il periodo di massima durata di giorni consecutivi secchi sia per SPI3 sulla CLASSE ESTREMAMENTE SECCA. Invece, riguardo le precipitazioni, le proiezioni indicano una lieve diminuzione delle precipitazioni complessive annue. Dall'analisi dei diversi indicatori considerati emerge come i modelli climatici mostrino un generale incremento dei valori massimi di pioggia giornaliera e degli estremi di precipitazione (99° PERCENTILE DELLA PRECIPITAZIONE).

Nelle Figure 6 e 7, per ciascuna stagione sono quindi riportate le mappe relative rispettivamente alle anomalie attese nei valori di temperatura minima e massima, e di precipitazione cumulata.

In termini di temperatura, la Figura 6 mostra un generale aumento delle temperature minime e massime per entrambi gli scenari, più marcato secondo lo scenario RCP8.5, con un incremento fino a 2,5°C in estate, su tutta l'area di studio. L'incremento delle temperature massime risulta essere più marcato e più esteso sull'area di studio rispetto a quello delle temperature minime.

In termini di precipitazione, in Figura 7 sono mostrate le variazioni stagionali delle precipitazioni cumulate medie. Sotto entrambi gli scenari, è attesa una generale riduzione delle precipitazioni primaverili ed estive, più marcata in estate. Di contro, l'autunno, in entrambi gli scenari, è caratterizzato da un generale lieve aumento delle precipitazioni fino al 12% nella zona orientale dell'area di studio.

⁴ tale finestra temporale di seguito è talvolta denominata 2050s per brevità.

	VARIAZIONE CLIMATICA AL 2050s			
	RCP4.5	±SD	RCP8.5	±SD
TEMPERATURA MINIMA (°C)	1,5	0,3	1,9	0,3
TEMPERATURA MEDIA (°C)	1,5	0,3	2,0	0,3
TEMPERATURA MASSIMA (°C)	1,5	0,3	2,0	0,3
ONDATE DI CALDO (giorni)	10	6	13	9
GIORNI CON GELO (giorni)	-14	6	-18	8
PRECIPITAZIONE CUMULATA NEI GIORNI PIOVOSI (%)	-3	4	-3	6
GIORNI DI PRECIPITAZIONI INTENSE (giorni)	0	0	0	1
MASSIMA PRECIPITAZIONE IN 1 GIORNO (%)	4	10	8	10
PRECIPITAZIONE GIORNALIERA (%)	2	4	5	4
99° PERCENTILE DELLA PRECIPITAZIONE (%)	6	8	9	6
GIORNI CONSECUTIVI SECCHI (giorni)	3	5	3	4
INDICE STANDARDIZZATO DI PRECIPITAZIONE 3 MESI - CLASSE ESTREMAMENTE SECCA (%)	2	1	3	2
INDICE STANDARDIZZATO DI PRECIPITAZIONE 3 MESI - CLASSE SEVERAMENTE SECCA (%)	1	1	1	1
INDICE STANDARDIZZATO DI PRECIPITAZIONE 3 MESI - CLASSE MODERATAMENTE SECCA (%)	1	1	1	1

Tabella 4: Variazioni annuali per l'area di studio degli indicatori analizzati per il periodo centrato su 2050 (2036-2065); nella colonna +/-DS RCP4.5 (o +/-DS RCP8.5) viene invece riportata una stima dell'incertezza (tramite il calcolo della deviazione standard).

	VARIAZIONE CLIMATICA AL 2050s															
	RCP4.5								RCP8.5							
	DGF	±DS	MAM	±DS	GLA	±DS	SON	±DS	DGF	±DS	MAM	±DS	GLA	±DS	SON	±DS
TEMPERATURA MINIMA (°C)	1,3	0,4	1,2	0,4	2,0	0,4	1,4	0,3	1,7	0,3	1,7	0,4	2,4	0,6	2,0	0,4
TEMPERATURA MEDIA (°C)	1,4	0,4	1,2	0,4	2,0	0,5	1,4	0,3	1,7	0,3	1,7	0,4	2,4	0,6	2,0	0,4
TEMPERATURA MASSIMA (°C)	1,4	0,4	1,3	0,5	2,1	0,5	1,3	0,4	1,8	0,3	1,8	0,4	2,4	0,7	2,0	0,4
PRECIPITAZIONE CUMULATA NEI GIORNI PIOVOSI (%)	-4	5	-6	8	-11	18	6	13	0	12	-9	10	-12	15	4	8

Tabella 5: Variazioni stagionali per l'area di studio di temperatura media e precipitazione per il periodo centrato su 2050 (2036-2065); nella colonna +/-DS viene invece riportata, per ciascun valore stagionale e per entrambi gli scenari, una stima dell'incertezza (tramite il calcolo della deviazione standard).

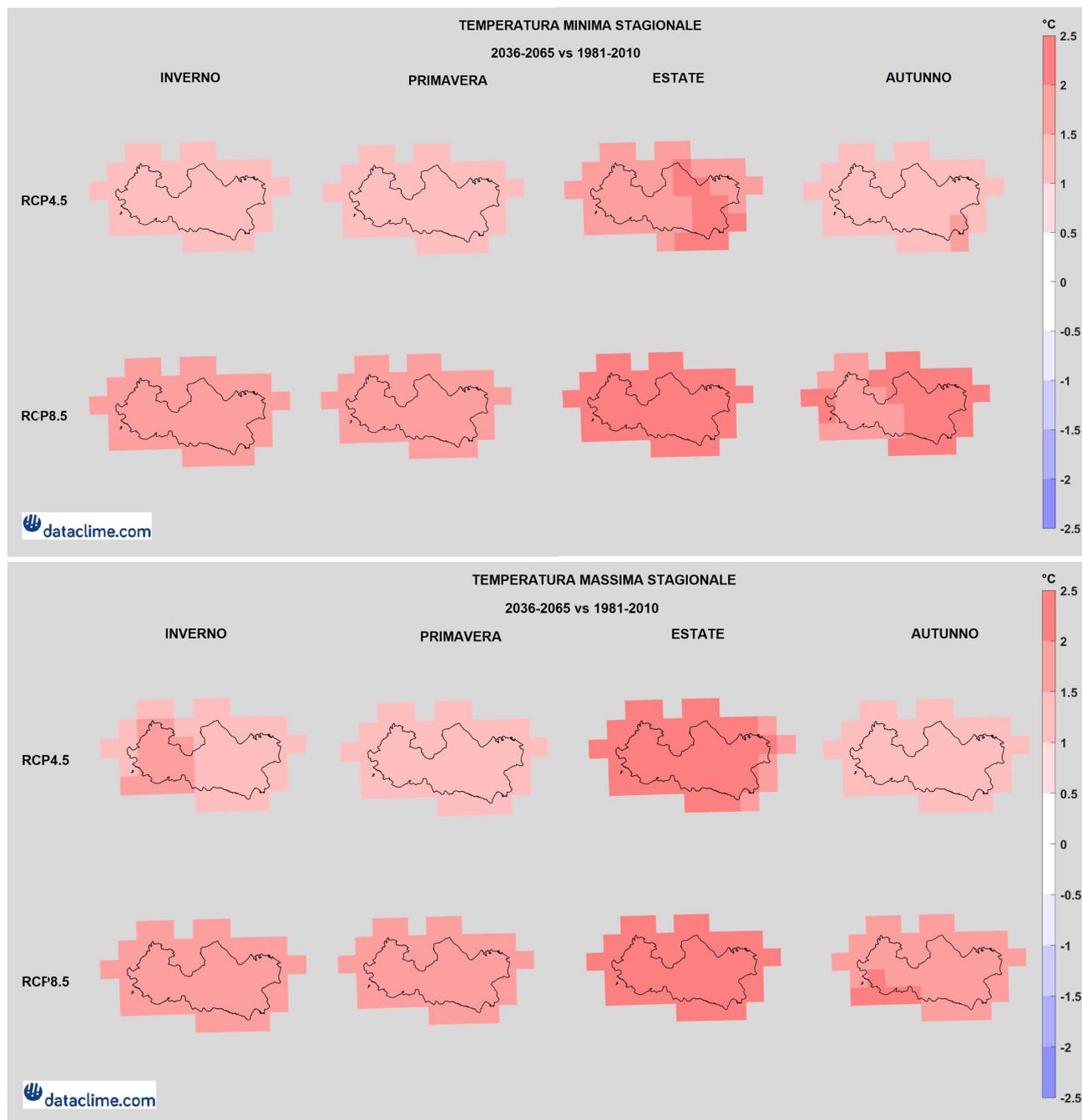


Figura 6: Variazioni climatiche della temperatura minima (figura in alto) e massima (figura in basso) per ciascuna stagione [°C] per il periodo 2036-2065, rispetto al periodo di riferimento 1981-2010, secondo gli scenari RCP4.5 (prima riga) e RCP8.5 (seconda riga) considerando l'ensemble dei modelli EURO-CORDEX.

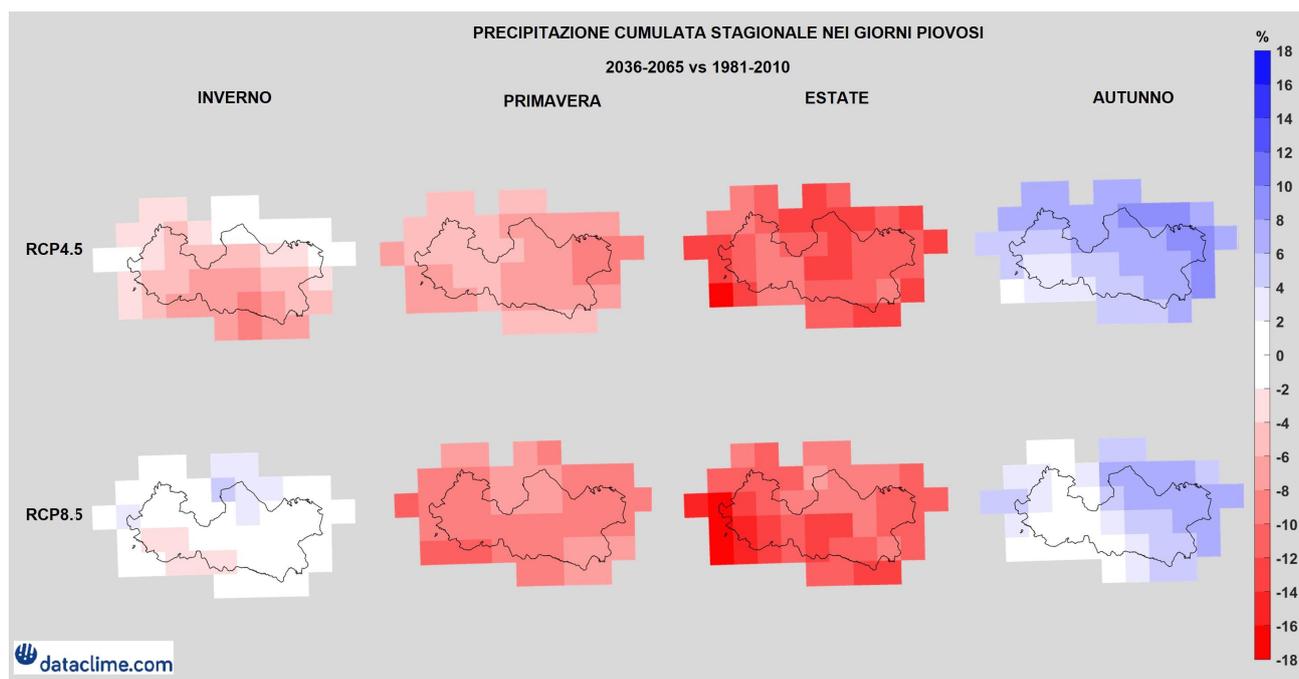


Figura 7: Variazioni climatiche della precipitazione cumulata nei giorni piovosi per ciascuna stagione per il periodo 2036-2065, rispetto al periodo di riferimento 1981-2010, secondo gli scenari RCP4.5 (prima riga) e RCP8.5 (seconda riga) considerando l'ensemble dei modelli EURO-CORDEX.

Infine, è stato utilizzato il test di Mann-Kendall (Kendall,1975) con un livello di confidenza del 95% per valutare la significatività statistica del trend di crescita/decrecita dell'anomalia di temperatura e precipitazione calcolata a partire dai modelli EURO-CORDEX.

Nei grafici in Figura 8 e 9 è riportata rispettivamente l'evoluzione dell'anomalia annuale di temperatura minima e massima, e di precipitazione per i modelli EURO-CORDEX rispetto al periodo 1976-2005 ed i valori del trend dell'ensemble mean dei modelli EURO-CORDEX per i due scenari RCP4.5 e RCP8.5: i trend che risultano statisticamente significativi sono individuati da un asterisco. La linea spessa indica l'ensemble mean a parità di scenario considerato (rispettivamente blu per RCP4.5, rosso per RCP8.5), mentre l'area in azzurro (per RCP4.5) e in rosso più chiaro (per RCP8.5) indica la dispersione dei modelli, che costituiscono l'insieme dei modelli EURO-CORDEX, attorno al valore medio. Sotto lo scenario RCP4.5, le variazioni di temperatura minima e massima attese risultano essere contenute intorno a $+1,5^{\circ}\text{C}$ entro il 2050, mentre risultano essere di circa $+2,5^{\circ}\text{C}$ entro il 2100. In uno scenario di concentrazioni elevate (RCP8.5), sono attese anomalie di temperatura maggiori sia entro il 2050 che entro il 2100. Inoltre, in entrambi gli scenari è attesa una lieve diminuzione delle precipitazioni complessive annue, più marcata per lo scenario RCP8.5 nel lungo termine. In generale, l'andamento delle precipitazioni mostra una maggiore rumorosità, con una variabilità ampia tra i modelli climatici. Ciò può essere spiegato considerando la complessità del regime delle precipitazioni e delle dinamiche che richiedono un'analisi spaziale e temporale più dettagliata.

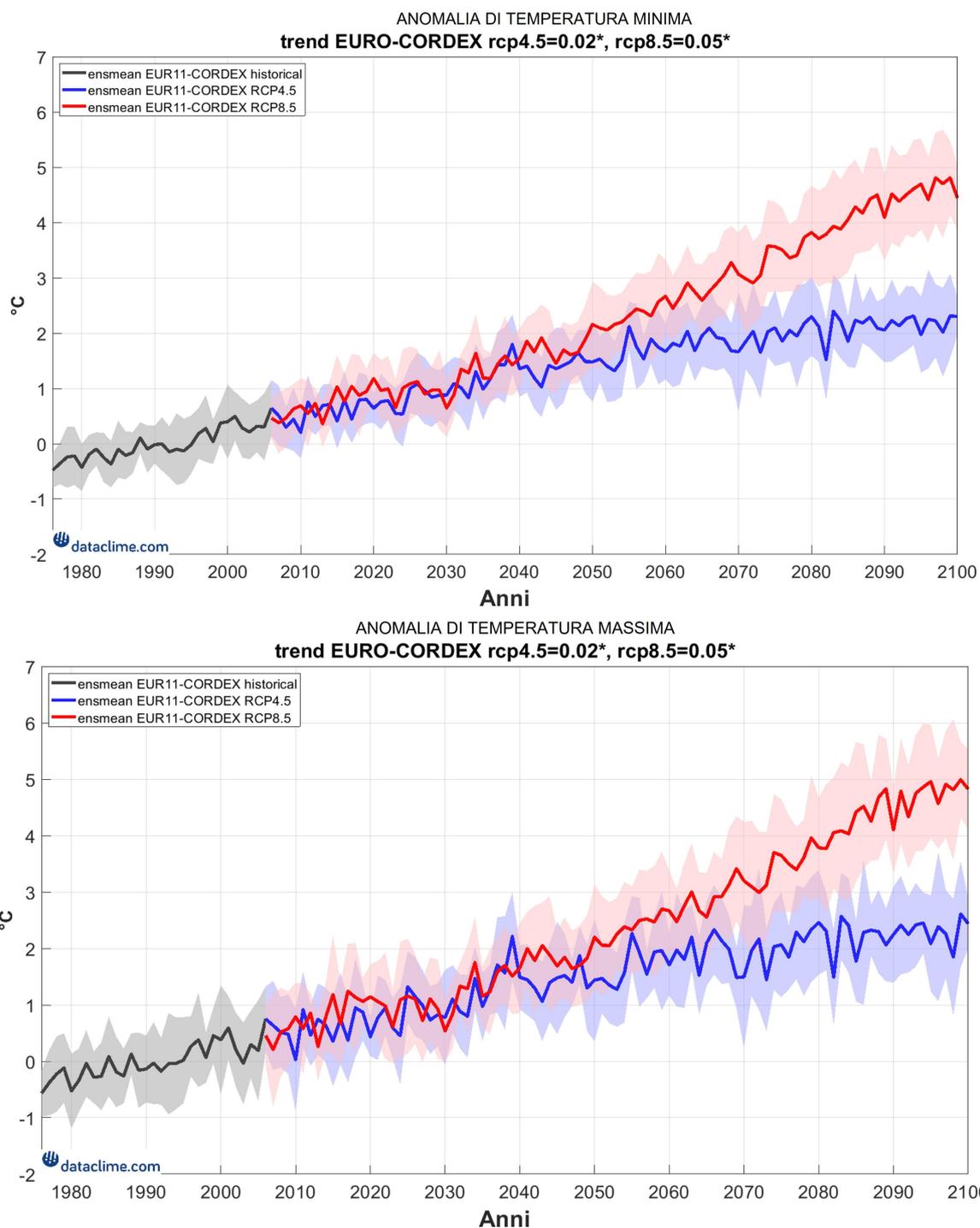


Figura 8: Evoluzione dell'anomalia annuale di temperatura minima (in alto) e massima (in basso) per i modelli EURO-CORDEX rispetto al periodo 1976-2005. La linea spessa indica l'ensemble mean a parità di scenario considerato (rispettivamente blu per RCP4.5, rosso per RCP8.5), mentre l'area in azzurro (per RCP4.5) e in rosso più chiaro (per RCP8.5) indica la dispersione dei modelli, che costituiscono l'insieme dei modelli EURO-CORDEX, attorno al valore medio. L'asterisco (*) nei grafici denota un trend statisticamente significativo, considerando un livello di confidenza del 95%.

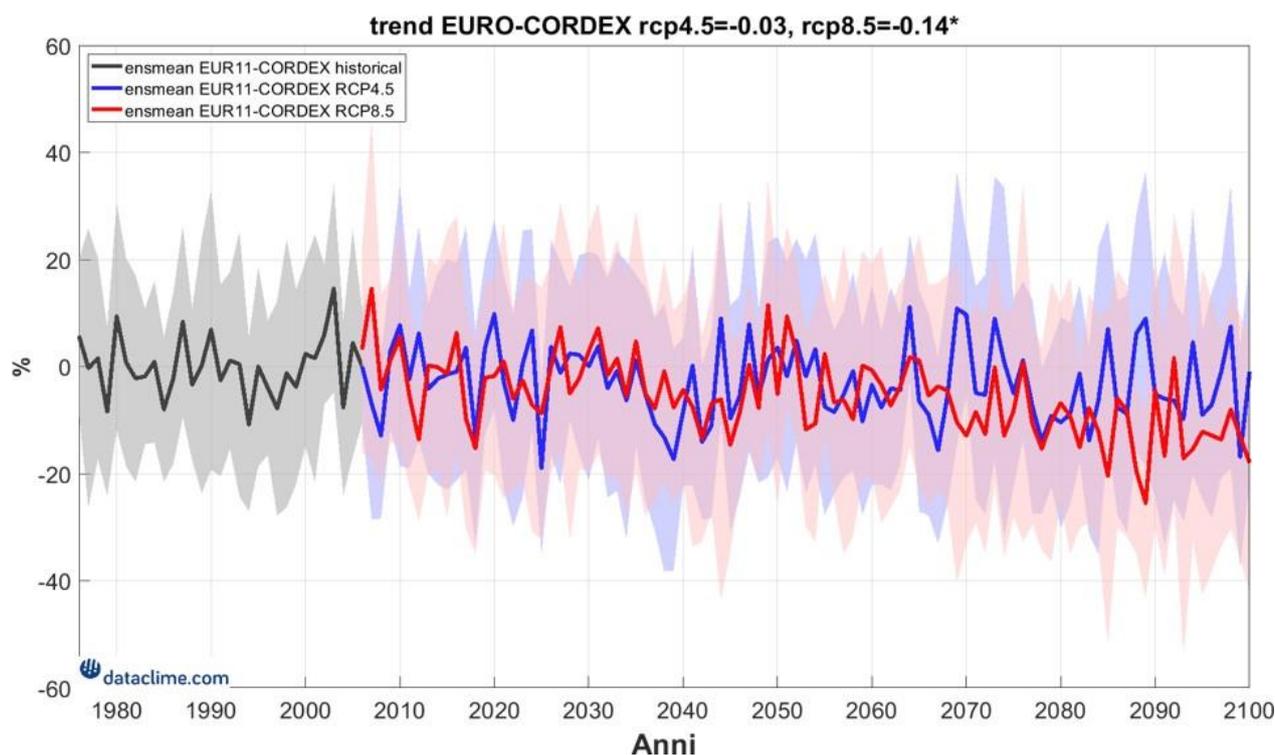


Figura 9: Evoluzione dell'anomalia annuale di precipitazione per i modelli EURO-CORDEX rispetto al periodo 1976-2005. La linea spessa indica l'ensemble mean a parità di scenario considerato (rispettivamente blu per RCP4.5, rosso per RCP8.5), mentre l'area in azzurro (per RCP4.5) e in rosso più chiaro (per RCP8.5) indica la dispersione dei modelli, che costituiscono l'insieme dei modelli EURO-CORDEX, attorno al valore medio. L'asterisco (*) nei grafici denota un trend statisticamente significativo, considerando un livello di confidenza del 95%.

5. Conclusioni

Il profilo climatico per l'area di indagine è stato condotto per due fasi: la prima relativa al periodo presente, la seconda relativa al periodo 2036-2065.

Per il periodo presente, l'utilizzo di un dataset grigliato di osservazioni (SCIA sviluppato dall'ISPRA) favorisce una densità di informazioni temporalmente e spazialmente omogenea dell'area permettendo di superare (o quanto meno di limitare) le problematiche associate al numero esiguo di punti di osservazione. L'analisi mostra come, nonostante la limitata estensione dell'area, le peculiarità geomorfologiche determinino, soprattutto in termini di regime termometrico, significative differenze tra l'area occidentale a quote mediamente superiori (più fredda) e quella orientale. Le variazioni appaiono meno significative in termini di regime pluviometrico sia per i valori medi che per gli estremi.

Per quanto riguarda la stima delle variazioni attese nei valori di temperatura e precipitazione nel periodo 2036-2065 per effetto del cambiamento climatico, le principali risultanze possono essere così sintetizzate:

- un aumento della temperatura con limitate variazioni spaziali è atteso sull'intero dominio di analisi; le variazioni si presentano più significative nella stagione estiva (incremento attorno ai 2°C) mentre nelle altre stagioni si aggirano intorno a 1°C. Sul medio orizzonte (con analisi centrate sul 2050), risulta essere limitato l'impatto sulla temperatura dello scenario socio-economico inteso come azione antropica globale;
- per quanto riguarda il regime pluviometrico, su ambedue gli scenari considerati, una significativa diminuzione è attesa in estate e primavera mentre un incremento è stimato nella stagione autunnale. L'inverno mostra andamento differente a seconda che si consideri uno scenario più pessimistico in termini di emissioni/concentrazioni (RCP8.5) con una sostanziale invarianza dei cumuli di precipitazione o quello intermedio (mid-term, RCP4.5) dove è stimata una leggera riduzione;
- in termini di valori estremi, è attesa una sostanziale riduzione del numero di giorni con temperature rigide (ice days) e al contempo un incremento del numero di quelli caldi (hot days); allo stesso tempo, è stimato un incremento nella frequenza ed intensità degli eventi di precipitazione (alla scala giornaliera).

Si auspica che tali risultati possano essere di supporto nella pianificazione ed implementazione di politiche di mitigazione del dissesto geo-idrologico o, più in generale, di adattamento al cambiamento climatico.



Bibliografia

Bucchignani, E., Montesarchio, M., Zollo, A. L., & Mercogliano, P. (2016). High-resolution climate simulations with COSMO-CLM over Italy: performance evaluation and climate projections for the 21st century. *International Journal of Climatology*, 36(2), 735-756. doi:10.1002/joc.4379

Cornes, R., G. van der Schrier, E.J.M. van den Besselaar, and P.D. Jones. 2018: An Ensemble Version of the E-OBS Temperature and Precipitation Datasets, *J. Geophys. Res. Atmos.*, 123. doi:10.1029/2017JD028200

EDJnet (2020). In marcia con il clima. Accessibile a: <https://bit.ly/36OA4nl>.

European Environmental Agency (EEA). (2009a). Regional Climate Change and Adaptation: The Alps Facing the Challenge of Changing Water Resources. <https://www.eea.europa.eu/publications/alps-climate-change-and-adaptation-2009>

European Environment Agency (EEA) (2018). National climate change vulnerability and risk assessments in Europe, 2018. EEA Report No 1/2018. <https://www.eea.europa.eu/publications/national-climate-change-vulnerability-2018>.

European Environment Agency (EEA) (2019). Spatial distribution of extreme temperature indicators across Europe

Hawkins, E., Sutton, R. (2009). The potential to narrow uncertainty in regional climate predictions. *Bulletin of the American Meteorological Society* 90 (8), 1095-1107.

Hawkins, E., Sutton, R. (2011). The potential to narrow uncertainty in projections of regional precipitation change. *Climate Dynamics* 37 (1), 407-418.

Haylock, M., Hofstra, N., Klein Tank, A., Klok, E., Jones, P., & New, M. (2008). A European daily high-resolution gridded data set of surface temperature and precipitation for 1950–2006. *J. Geophys.* doi:10.1029/2008JD010201

Hennemuth, Tamás Illy, et al. "Guidance for EURO-CORDEX climate projections data use." Version1. 0-2017.08. Retrieved on 6 (2017): 2019

ISPRA (2020). Gli indicatori del clima in Italia nel 2020. Accessibile a: <https://bit.ly/3NHifam>.

ISTAT (2018). Anni 2002-2016. Temperatura e precipitazione nelle principali città. Accessibile a: <https://bit.ly/3wX2Mxi>.

ISTAT (2020). Cambiamenti climatici: misure statistiche | Anno 2020. Accessibile a: <https://bit.ly/3qUAcZs>.

Jacob, D.; Petersen, J.; Eggert, B.; Alias, A.; Christensen, O.B.; Bouwer, L.M.; Braun, A.; Colette, A.; Deque, M.; Georgievski, G.; et al. EURO-CORDEX: new high-resolution climate change projections for European impact research. *Reg. Environ. Change*. 2014, 14, 563–578, doi:10.1007/s10113-013-0499-2

Jacob, D., et al. (2020): Regional climate downscaling over Europe: perspectives from the EURO-CORDEX community, *Reg. Environ. Change*, 20, 51, <https://doi.org/10.1007/s10113-020-01606-9>, 2020.

Karl, T.R., Nicholls, N., Ghazi, A. (1999). CLIVAR/GCOS/WMO Workshop on Indices and Indicators for Climate Extremes Workshop Summary. In: Karl, T.R., Nicholls, N., Ghazi, A. (Eds.), *Weather and Climate Extremes*. Springer, Dordrecht, pp.3-7. https://doi.org/10.1007/978-94-015-9265-9_2

Kendall, M.G. 1975. Rank Correlation Methods, 4th edition, Charles Griffin, London.

Kotlarski, S., Keuler, K., Christensen, O.B., et al (2014) Regional climate modeling on European scales: A joint standard evaluation of the EURO-CORDEX RCM ensemble. *Geosci Model Dev* 7:1297–1333. doi: 10.5194/gmd-7-1297-2014.



Mysiak, J., Torresan, S., Bosello, F., Mistry, M., Amadio, M., Marzi, S., ... & Sperotto, A. (2018). Climate risk index for Italy. *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, 376(2121), 20170305.

Peterson, T., Folland, C., Gruza, G., Hogg, W., Mokssit, A., Plummer, N. (2001). Report on the activities of the working group on climate change detection and related rapporteurs. World Meteorological Organization, Geneva.

Raffa, M., Reder, A., Marras, G. F., Mancini, M., Scipione, G., Santini, M., & Mercogliano, P. (2021). VHR-REA_IT Dataset: Very High-Resolution Dynamical Downscaling of ERA5 Reanalysis over Italy by COSMO-CLM. *Data*, 6(8), 88. <https://doi.org/10.3390/data6080088>

Rockel B, Geyer B (2008) The performance of the regional climate model CLM in different Climate regions, based on the example of precipitation. *Meteorol Zeitschrift* 17:487–498. doi: 10.1127/0941-2948/2008/0297

Salvati L., Tersigni S., Ramberti S., Zitti M., Perini L., Petitta M., Venezian Scarascia M.E. (2008). Analisi agro-climatica e integrazione con fonti dati diverse: Un caso studio nel Lazio. Accessibile a: <https://bit.ly/38mXqkD>.

Scoccimarro E, Gualdi S, Bellucci A, et al (2011) Effects of Tropical Cyclones on Ocean Heat Transport in a High-Resolution Coupled General Circulation Model. *J Clim* 24:4368–4384. doi: 10.1175/2011jcli4104.1

Van Vuuren DP, Edmonds J, Kainuma M, et al (2011) The representative concentration pathways: an overview. *Clim Change* 109:5–31. doi: 10.1007/s10584-011-0148-z.

Von Trentini, F., Leduc, M., and Ludwig, R.: Assessing natural variability in RCM signals: comparison of a multi model EURO-CORDEX ensemble with a 50-member single model large ensemble, *Climate Dynamics*, doi:10.1007/s00382-019-04755-8, 2019.

WMO, 2007: The Role of Climatological Normals in a Changing Climate. WCDMP-No. 61, WMO.TD No. 1377.

Zollo, A. L., Rillo, V., Bucchignani, E., Montesarchio, M., & Mercogliano, P. (2016). Extreme temperature and precipitation events over Italy: assessment of high-resolution simulations with COSMO-CLM and future scenarios. *International Journal of Climatology*, 36(2), 987-1004. doi: 10.1002/joc.4401



Glossario

Anomalia: La deviazione di una variabile dal suo valore medio nel corso di un periodo di riferimento.

Antropogenico: Causato dagli esseri umani.

Cambiamento climatico: con il termine cambiamento climatico ci si riferisce a un cambiamento dello stato del clima che persiste per un periodo di tempo prolungato (solitamente di decenni o più), e identificabile (per esempio, attraverso l'uso di test statistici) da cambiamenti della media e/o della variabilità delle sue proprietà. Il cambiamento climatico può essere dovuto a processi naturali interni, o a forzanti esterni, come le modulazioni dei cicli solari, le eruzioni vulcaniche, e i ripetuti cambiamenti antropogenici della composizione dell'atmosfera o dell'uso del suolo. Si noti che la Convenzione quadro delle Nazioni Unite sui cambiamenti climatici (UNFCCC - United Nations Framework Convention on Climate Change), nel suo articolo 1, definisce il cambiamento climatico come: "un cambiamento del clima, attribuibile direttamente o indirettamente all'attività umana, che altera la composizione dell'atmosfera globale e che si somma alla variabilità climatica naturale osservata nel corso di periodi di tempo confrontabili". Pertanto, l'UNFCCC fa una distinzione tra il cambiamento climatico imputabile alle attività umane che alterano la composizione dell'atmosfera, e la variabilità climatica attribuibile a cause naturali.

Ciclo stagionale: media mensile, sul trentennio considerato, della variabile di interesse. Denominato anche ciclo annuale.

Clima: Il clima in senso stretto è solitamente definito come il tempo meteorologico medio o, in maniera più rigorosa, come la descrizione statistica in termini di media e variabilità di grandezze rilevanti, nel corso di un periodo di tempo che va da mesi a migliaia o milioni di anni. Il periodo classico per calcolare la media di queste variabili è trent'anni, secondo la definizione dell'Organizzazione meteorologica mondiale (WMO - World Meteorological Organization). Le grandezze rilevanti sono nella maggior parte dei casi variabili superficiali, come temperatura, precipitazioni e venti. In senso più ampio e generale, il clima è lo stato, con l'inclusione di una descrizione statistica, del sistema climatico.

Estremi climatici: Il verificarsi del valore di una variabile atmosferica al di sopra (o sotto) di un valore di soglia vicino all'estremità superiore (o inferiore) della gamma di valori osservati della variabile. Sono intesi come sinonimi eventi estremi, eventi meteorologici estremi.

Impatti (conseguenze, esiti): gli effetti sui sistemi naturali e umani. Nel Rapporto WGII AR5 dell'IPCC, il termine impatti è usato principalmente per riferirsi agli effetti degli eventi meteorologici e climatici estremi e dei cambiamenti climatici, sui sistemi naturali e umani. Gli impatti generalmente si riferiscono agli effetti su persone, abitazioni, salute, ecosistemi, beni e risorse economiche, sociali e culturali, servizi (inclusi quelli ambientali) e infrastrutture dovuti all'interazione dei cambiamenti climatici o degli eventi climatici pericolosi che si presentano entro uno specifico periodo di tempo, e alla vulnerabilità di una società o di un sistema esposti ai cambiamenti climatici stessi. Ci si riferisce inoltre agli impatti come a conseguenze ed esiti. Gli impatti dei cambiamenti climatici sui sistemi geofisici, compresi alluvioni, siccità e innalzamento del livello del mare, rappresentano un sottoinsieme di impatti denominati impatti fisici.

Livello medio dei mari: Il livello della superficie degli oceani in uno specifico punto, mediato su un periodo di tempo prolungato, come un mese o un anno. Il livello medio del mare è spesso utilizzato come datum nazionale cui sono riferite le altezze terrestri.

Modello climatico: La rappresentazione numerica del sistema climatico basata sulle proprietà fisiche, chimiche e biologiche delle sue componenti, sulle loro interazioni e processi di feedback, tenendo in considerazione alcune delle loro proprietà conosciute. Il sistema climatico può essere rappresentato da modelli di complessità variabile; vale a dire che per ciascuna componente o combinazione di componenti può essere identificato uno spettro o una gerarchia di modelli, diversi fra loro per alcuni aspetti, come il numero di dimensioni spaziali, l'ambito entro il quale i processi fisici, chimici, o biologici sono rappresentati in maniera

esplicita, o il grado di parametrizzazioni empiriche utilizzato. I modelli di circolazione generale accoppiati atmosfera-oceano (AOGCM – Coupled Atmosphere-Ocean General Circulation Models) forniscono una rappresentazione del sistema climatico che è vicina o al termine più completo dello spettro attualmente disponibile. Esiste un'evoluzione verso modelli più complessi con chimica interattiva e biologia. I modelli climatici sono impiegati come strumenti di ricerca per studiare e simulare il clima, o con finalità operative, incluse le previsioni climatiche su base mensile, stagionale e interannuale.

Modello climatico regionale: si tratta di un modello climatico caratterizzato da una maggior risoluzione spazio-temporale rispetto ai modelli di circolazione generale; essi sono in grado di derivare le caratteristiche del clima a scala regionale (ovvero tra i 10 e 50 km circa)

Percentile: Il percentile è un valore su una scala di 100 che indica la percentuale di valore del dataset analizzato che ha valori minori o uguali ad esso. Il percentile è spesso utilizzato per stimare gli estremi della distribuzione. Ad esempio, il 90esimo (10imo) percentile può essere utilizzato come riferimento per la soglia dei valori più alti (bassi).

Periodo di riferimento: Il periodo di riferimento è lo stato del sistema rispetto al quale il cambiamento è misurato. Nel documento attuale esso rappresenta il periodo a cui si riferiscono i valori atmosferici.

Proiezione climatica: una proiezione climatica è la risposta simulata del sistema climatico a uno scenario di emissioni future o di concentrazione di gas serra e aerosol, generalmente ricavata utilizzando i modelli climatici. Le proiezioni climatiche sono diverse dalle previsioni climatiche per la loro dipendenza dallo scenario di emissione/concentrazione/forzante radiativo utilizzato, a sua volta basato sulle ipotesi riguardanti, per esempio, i futuri sviluppi socioeconomici e tecnologici che potrebbero essere realizzati o no.

Scenario climatico: la rappresentazione plausibile e spesso semplificata del clima futuro, basata su un insieme internamente coerente di relazioni climatologiche, costruita per un suo uso esplicito nell'indagine delle potenziali conseguenze del cambiamento climatico antropogenico, e che serve spesso come input ai modelli sugli impatti. Le proiezioni climatiche spesso servono da materiale grezzo per costruire scenari climatici, ma gli scenari climatici di solito richiedono ulteriori informazioni, come per esempio sul clima attuale osservato.

Scenario di emissione: La rappresentazione plausibile del futuro sviluppo delle emissioni di sostanze che sono potenzialmente radiativamente attive (per esempio, gas serra e aerosol), basata su di un insieme coerente e internamente in accordo di assunzioni sulle forze trainanti (quali sviluppo demografico e socioeconomico e cambiamenti tecnologici) e le loro relazioni chiave. Gli scenari di concentrazione, derivati dagli scenari di emissione, sono impiegati come input dei modelli climatici, per calcolare le proiezioni climatiche. Nel rapporto IPCC (1992) è stato presentato un set di scenari di emissione, utilizzato come base per le proiezioni climatiche dell'IPCC (1996). Questi scenari di emissione sono citati come scenari IS92. Scenari di emissione, i cosiddetti scenari SRES, sono stati pubblicati nel Rapporto Speciale sugli Scenari di Emissione dell'IPCC (IPCC Special Report on Emission Scenarios; Nakićenović e Swart, 2000), e alcuni di essi sono stati utilizzati, tra gli altri, come base per le proiezioni climatiche presentate nei capitoli 9 - 11 del rapporto IPCC del 2001 e nei capitoli 10 e 11 del rapporto IPCC del 2007. I nuovi scenari di emissione per il cambiamento climatico, i quattro Representative Concentration Pathway, sono stati sviluppati per, ma indipendentemente da, la presente valutazione dell'IPCC.

Temperatura superficiale media globale: una stima della temperatura superficiale media globale dell'aria. Tuttavia, per variazioni nel corso del tempo, si utilizzano solo le anomalie, come le deviazioni da una climatologia, più comunemente basate sulla media globale pesata sull'area dell'anomalia di temperatura superficiale del mare, e dell'anomalia della temperatura dell'aria sulla superficie terrestre.

Variabilità climatica: con il termine variabilità climatica ci si riferisce alle variazioni dello stato medio e di altre statistiche (come la deviazione standard, l'occorrenza di eventi estremi, etc.) del clima a tutte le scale spaziali e temporali oltre a quella dei singoli eventi meteorologici. La variabilità può essere dovuta a processi interni naturali, all'interno del sistema climatico (variabilità interna), o a variazioni del forzante esterno naturale o antropogenico (variabilità esterna).





www.mitigoinbasilicata.it

Obiettivo Realizzativo n. 2

Valutazione del rischio idrogeologico

Questa pubblicazione è stata realizzata con il cofinanziamento dell'Unione Europea - FESR, PON Ricerca e Innovazione 2014-2020.

www.ponricerca.gov.it

Responsabile della pubblicazione:
 Università degli Studi della Basilicata
 Scuola di Ingegneria
 Via dell'Ateneo Lucano 10
 85100 Potenza



UNIONE EUROPEA
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



Mitigazione dei Rischi Naturali
per la Sicurezza e la Mobilità nelle
Aree Montane del Mezzogiorno

