



Interreg



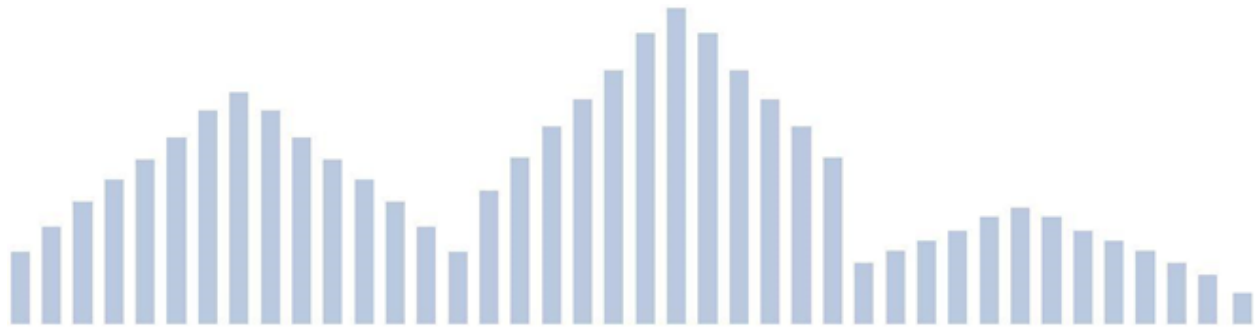
UNIONE EUROPEA



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

rete transfrontaliera delle lagune, dei laghi e degli stagni



Analisi climatica per il bacino idrografico del Calich



A cura di: Veronica Villani, Giuliana Barbato, Myriam Montesarchio e Paola Mercogliano della Divisione REMHI (Modelli Regionali ed Impatti geo-idrologici) della Fondazione CMCC

La cooperazione al cuore del Mediterraneo
La coopération au coeur de la Méditerranée





Interreg



UNIONE EUROPEA

MARITTIMO-IT F R-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



rete transfrontaliera delle lagune,
dei laghi e degli stagni

Introduzione	3
Dataset E-OBS: analisi sul periodo climatico di riferimento	4
Analisi delle condizioni climatiche attese	6
Conclusioni	17
Glossario	18
Bibliografia	21
Link a siti internet	23
Abbreviazioni, acronimi	23

La cooperazione al cuore del Mediterraneo
La coopération au coeur de la Méditerranée





Interreg



UNIONE EUROPEA



MARITTIMO-IT F R - MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

rete transfrontaliera delle lagune,
dei laghi e degli stagni

Introduzione

Il presente documento ha lo scopo di analizzare gli scenari di cambiamento climatico del bacino idrografico del Calich, utilizzando alcuni degli ultimi scenari IPCC disponibili sulle possibili evoluzioni delle concentrazioni di gas climalteranti in atmosfera. Tali analisi, in particolare, permettono la stima delle variazioni climatiche attese (per effetto dei cambiamenti climatici) nell'area di studio rispetto ad un clima di riferimento che è quello del recente passato.

Lo studio del clima implica, per definizione, l'utilizzo di lunghe scale temporali; in particolare, il WMO (WMO, 2007) stabilisce in 30 anni la lunghezza standard su cui effettuare delle analisi statistiche che possano essere considerate rappresentative del clima di una certa area. Per questo motivo, le variazioni del clima futuro rispetto al clima di riferimento sono ottenute confrontando 2 periodi, ognuno della lunghezza di 30 anni.

In particolare, nella sezione "*Analisi delle condizioni climatiche attese*" sono presentate, sulla base di differenti scenari climatici, le anomalie climatiche attese per effetto dei cambiamenti climatici, per due diversi trentenni futuri e due diversi scenari IPCC rispetto al periodo di riferimento 1981-2010. Tali anomalie climatiche sono state calcolate per alcuni indicatori comunemente utilizzati in letteratura per caratterizzare il clima locale e per caratterizzarne l'evoluzione, sia dal punto di vista dell'andamento medio delle variabili atmosferiche di interesse ma anche per quanto attiene l'andamento dei valori più estremi di queste stesse variabili. I valori estremi sono dei valori assunti dalle variabili di interesse (ad es. precipitazione, temperatura) che differiscono in maniera sostanziale dai valori che essa assume in media sull'area in un periodo di riferimento e che, quindi, hanno una probabilità bassa di occorrenza. Quando questi valori poco probabili sono osservati, si parla di eventi estremi. Nello specifico, gli indicatori più utilizzati per descrivere intensità e frequenza di occorrenza di questi eventi sono quelli definiti nell'ETCCDI [A]; essi sono relativi a diverse variabili atmosferiche, ma quelli maggiormente usati in letteratura riguardano precipitazione e temperatura, e sono molto utili per successivi studi di settore volti a valutare i principali impatti locali del cambiamento climatico su cui si basano le strategie di adattamento (Karl et al. 1999, Peterson et al. 2001).

Le anomalie degli indicatori selezionati sono state calcolate considerando i due diversi scenari IPCC RCP4.5¹ e RCP8.5², a partire dai dati simulati dei modelli climatici regionali attualmente disponibili nell'ambito del programma EURO-CORDEX alla più alta risoluzione orizzontale di circa 12.5 km. Maggiori informazioni riguardo l'iniziativa EURO-CORDEX sono disponibili al seguente

¹Lo scenario IPCC RCP4.5 (stabilizzazione medio-basso) prevede che entro il 2070 le emissioni di CO₂ scendano al di sotto dei livelli attuali e la concentrazione atmosferica si stabilizzi entro la fine del secolo a circa il doppio dei livelli preindustriali.

²Lo scenario IPCC RCP 8.5 (emissioni elevate) prevede che entro il 2100 le concentrazioni atmosferiche di CO₂ siano triplicate o quadruplicate rispetto ai livelli preindustriali.

La cooperazione al cuore del Mediterraneo
La coopération au coeur de la Méditerranée



Interreg
MARITTIMO-IT F R - MARITIME





Interreg



UNIONE EUROPEA



MARITTIMO-IT F R-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

rete transfrontaliera delle lagune,
dei laghi e degli stagni

link <http://www.euro-cordex.net>. In questo lavoro, le analisi della variabilità climatica futura sono state elaborate usando un approccio multi-model, come già fatto in diversi e recenti lavori di letteratura (Kotlarski et al. 2014, Jacob et al. 2014).

Dataset E-OBS: analisi sul periodo climatico di riferimento

Il bacino idrografico del Calich è situato nella costa nord-occidentale della Sardegna. L'area che include il bacino idrografico del Calich (Figura 1) è compresa all'interno dei confini dei comuni di Alghero, Olmedo, Sassari, Uri, Ittiri, Putifigari e Villanova Monte Leone.

Sull'area che include il bacino idrografico del Calich, per l'analisi sul periodo climatico di riferimento 1981-2010, è stato adoperato il dataset E-OBS (Haylock et al., 2008) che fornisce dati giornalieri di precipitazione e temperatura su un grigliato regolare con risoluzione orizzontale di circa 12 km (0.11° x 0.11°). Nello specifico, è stata utilizzata la versione 20.0e [B], rilasciata ad Ottobre 2019. Data la loro copertura spaziale e temporale, il set di dati E-OBS rappresenta uno standard per le ricerche climatiche. Essendo la risoluzione di tale dataset di circa 12 km, la climatologia descritta dal dataset E-OBS è in grado di individuare i pattern climatici prevalenti a livello di macroclima, ma non è sufficiente a rappresentare i diversi microclimi.

L'area che include il bacino idrografico del Calich, sulla base della climatologia descritta dal dataset E-OBS, in termini di temperatura, è caratterizzata da:

- temperatura minima media che varia tra 10 °C e 12 °C durante l'anno,
- temperatura massima media che varia tra 18 °C e 21°C.

Invece, in termini di precipitazione, l'area di studio è caratterizzata da una precipitazione annuale media che varia tra 508 mm e 774 mm.

In termini di valori estremi di temperatura, l'area che include il bacino idrografico del Calich è caratterizzata da:

- numero medio di giorni all'anno con temperatura minima superiore a 20 °C che varia tra 12 e 25;
- numero medio di giorni all'anno con temperatura massima superiore a 25 °C che varia tra 77 e 113.

Invece, in termini di valori estremi di precipitazione, è caratterizzata da:

- numero massimo di giorni annui consecutivi senza precipitazione che varia tra 64 e 69,
- numero medio di giorni di precipitazione all'anno che varia tra 68 e 77,
- valori massimi giornalieri di precipitazione che variano tra 32 mm e 47 mm.

La cooperazione al cuore del Mediterraneo
La coopération au coeur de la Méditerranée



Interreg
MARITTIMO-IT F R-MARITIME





Interreg



UNIONE EUROPEA



MARITTIMO-IT F R-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

rete transfrontaliera delle lagune,
dei laghi e degli stagni

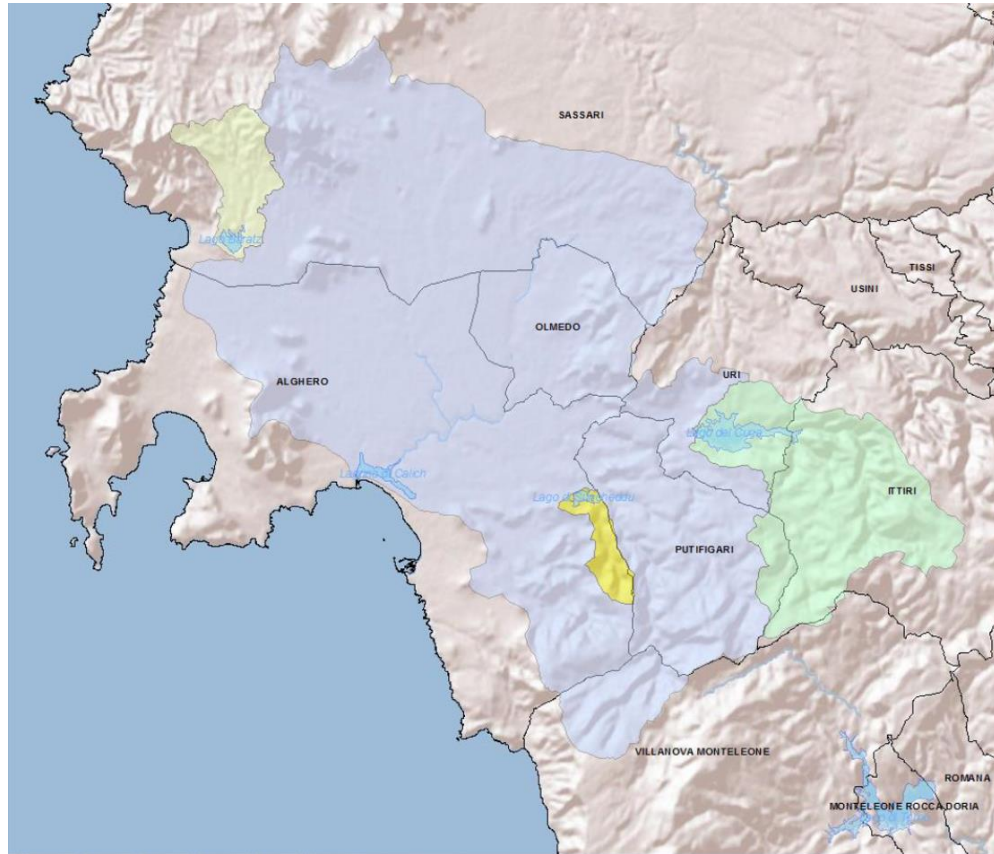


Figura 1: bacino idrografico del Calich (viola).

La cooperazione al cuore del Mediterraneo
La coopération au coeur de la Méditerranée





Interreg



UNIONE EUROPEA



MARITTIMO-IT F R-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

rete transfrontaliera delle lagune,
dei laghi e degli stagni

Analisi delle condizioni climatiche attese

Il cambiamento climatico costituisce per la comunità internazionale una delle sfide più complesse e importanti, le cui conseguenze hanno già attualmente una rilevanza negativa per le economie e le società di diverse nazioni, oltre che per l'ambiente. Le osservazioni evidenziano un aumento degli eventi climatici cosiddetti "estremi" (ad esempio ondate di calore, precipitazioni violente, gravi siccità) e molti di questi sono attribuibili, come dimostrano diversi lavori pubblicati su riviste scientifiche, ai cambiamenti climatici di natura antropica in atto. La frequenza e l'intensità con cui occorreranno questi fenomeni in futuro dipende, quindi, dalle concentrazioni dei gas serra che si verificheranno nei prossimi decenni (i cosiddetti scenari climatici); maggiori concentrazioni di gas serra condurranno a un maggior riscaldamento dell'atmosfera che ha l'effetto di amplificare i rischi già attualmente esistenti per i sistemi umani e naturali. Al fine di definire strategie di mitigazione adeguate, per evitare che il rischio aumenti fino a non essere più gestibile, e strategie di adattamento, per affrontare gli impatti negativi del cambiamento climatico che oramai non possono essere più evitati, la stima, seppur con delle incertezze, delle future evoluzioni del clima (in termini sia di valori medi che estremi) sul breve e medio termine (rispettivamente 2011-2040 e 2041-2070) risulta quindi di cruciale importanza.

Tali stime sono possibili grazie ai risultati messi a disposizione dalle simulazioni fornite dai modelli climatici di circolazione globale (GCM), opportunamente forzati dagli scenari di concentrazione di gas climalteranti. Spesso le informazioni fornite da modelli globali (GCM), che hanno una risoluzione orizzontale tra 50–150 km, sono insufficienti per comprendere le variazioni del clima su scale locali. Pertanto, è necessario un downscaling spaziale, che può essere eseguito anche mediante modelli climatici regionali (RCM) a risoluzione attualmente tra i 3 e i 12 km. Nonostante i recenti progressi compiuti nel campo dei modelli climatici, le simulazioni climatiche locali/regionali, per la loro stessa natura di essere prodotte da modelli che simulano la realtà con una risoluzione discreta e un numero finito di parametrizzazioni del mondo reale, sono caratterizzate da una serie di incertezze, che dipendono oltre che da tali limitazioni dei modelli anche dal fatto che non si sa quali saranno le effettive emissioni di gas serra nei prossimi anni. Per quanto attiene l'incertezza legata agli scenari emissivi, al fine di considerare diversi possibili scenari di concentrazione di gas serra, si utilizzano tutte le simulazioni climatiche ad oggi disponibili seguendo l'approccio multi-model ensemble. L'utilizzo di insiemi (ensemble) di proiezioni future da diversi modelli (multi-model ensemble), sebbene più oneroso dal punto di vista metodologico e computazionale, permette di effettuare una stima dell'incertezza da associare allo scenario di variazione della variabile o indicatore climatico di interesse.

In questo lavoro le analisi di proiezioni di cambiamento climatico su scala locale vengono condotte utilizzando i dati simulati dai diversi modelli climatici regionali disponibili all'interno del programma EURO-CORDEX. In particolare, in questo lavoro dal programma EURO-CORDEX sono state selezionate le simulazioni alla maggior risoluzione, circa 12,5 km, per due scenari IPCC RCP4.5

La cooperazione al cuore del Mediterraneo
La coopération au coeur de la Méditerranée



Interreg
MARITTIMO-IT F R-MARITIME





e RCP8.5 (Van Vuuren et al., 2011). A partire dalle diverse simulazioni disponibili, è stato stimato il valore medio (ensemble mean) delle proiezioni climatiche rispetto alle variabili (temperatura e precipitazione) ed agli indicatori di interesse, per i due scenari considerati, e infine valutata l'incertezza associata (Kotlarski et al. 2014, Jacob et al. 2014).

Nella tabella di seguito sono stati riportati alcuni indicatori selezionati per descrivere la variabilità climatica dell'area geografica di interesse sia in termini di valori medi che estremi:

Tabella 1: indicatori climatici selezionati.

Acronimo	Indicatore
TR	(tropical nights) numero di giorni all'anno con temperatura minima giornaliera maggiore di 20°C
SU	(summer days) numero di giorni all'anno con temperatura massima giornaliera maggiore di 25°C
HW/HD	(hot wave o warm days) numero di giorni all'anno con temperatura massima giornaliera maggiore di 35°C
RX1DAY	massimo valore di precipitazione su 24 ore su scala annuale
CDD	numero massimo di giorni consecutivi all'anno con precipitazione minore di 1 mm
RRI	numero di giorni all'anno con precipitazione maggiore o uguale ad 1 millimetro

Tali indicatori descrivono principalmente l'intensità e la frequenza di eventi di precipitazione e temperatura che possono essere considerati collegati (*proxy*) alle occorrenze di impatti. Tali analisi possono essere quindi utilizzate da successivi studi di settore volti a valutare l'evoluzione futura di tali impatti del cambiamento climatico a scala locale e per definire strategie di adattamento.

Le variazioni attese dei valori medi ed estremi di temperatura e precipitazione per l'area di interesse, di seguito riportate, sono state calcolate a partire dalla media spaziale di un limitato numero di punti griglia del modello che delimitano l'area che include il bacino idrografico del Calich.

Nel presente paragrafo vengono presentate le anomalie delle variabili climatiche e degli indicatori selezionati sui due trentenni futuri di interesse rispetto al periodo di riferimento 1981-2010. I trentenni futuri selezionati, ampiamente utilizzati in letteratura, sono i seguenti:

- ✓ 2011-2040 (breve termine)
- ✓ 2041-2070 (medio termine)

Le anomalie, ottenute come differenza tra i valori medi degli indicatori nei periodi futuri e in quello di riferimento 1981-2010, sono espresse in valore assoluto per la temperatura e in percentuale per la precipitazione.

Nella presente sezione, seguendo un approccio multi-model e multi-scenario sono stati ottenuti i seguenti risultati:

- media (ottenuta a partire dai diversi modelli disponibili) delle anomalie stagionali e annuali delle variabili di interesse per i diversi periodi futuri e per i diversi scenari IPCC selezionati;
- media (ottenuta a partire dai diversi modelli disponibili) delle anomalie annuali degli indicatori selezionati per i diversi periodi futuri e per i diversi scenari IPCC selezionati;
- dispersione intorno al valore medio degli indicatori selezionati (approccio multi-model). L'ampiezza della dispersione è stata ottenuta utilizzando la deviazione standard delle variabili (o degli indicatori climatici).

Come prima analisi, in Tabella sono riportati i valori delle anomalie (in termini di media delle anomalie dei diversi modelli) annuali e stagionali di temperatura e precipitazione per i due periodi di interesse e i due scenari RCP4.5 e RCP8.5, per l'area che include il bacino idrografico del Calich. Da tale tabella si evince che, in termini di precipitazione, non sono attese sostanziali variazioni delle precipitazioni annuali e stagionali, ad eccezione della stagione estiva per lo scenario RCP8.5 sul periodo 2011-2040 e delle stagioni primaverile ed estiva per entrambi gli scenari sul periodo 2041-2070, in cui gli scenari proiettano una diminuzione delle precipitazioni. In termini di temperatura, è atteso un generale aumento con intensità crescente sul periodo 2041-2070 e maggiore se si considera lo scenario RCP8.5. Considerando entrambi gli scenari, l'incremento maggiore è atteso in estate in tutti e due i periodi analizzati; in particolare con lo scenario RCP8.5, nel periodo a medio termine, si raggiunge mediamente un aumento dei valori di temperatura superiore a 2°C in estate.

Tabella 2: Anomalie (in termini di media delle anomalie dei diversi modelli) annuali e stagionali di temperatura (media, minima e massima, in °C) e precipitazione (%) per i due scenari e i due periodi di interesse, per l'area che include il bacino idrografico del Calich.

	RCP4.5					RCP8.5					
	Annuale	DGF	MAM	GLA	SON	Annuale	DGF	MAM	GLA	SON	
Pr (%)	1	3	-1	-3	4	1	-1	2	-9	3	2011-2040
Tmin (°C)	0.8	0.7	0.6	1.0	0.8	0.9	0.8	0.7	1.1	1.0	
Tmean (°C)	0.7	0.7	0.6	0.9	0.8	0.9	0.8	0.7	1.0	0.9	
Tmax (°C)	0.7	0.7	0.6	0.9	0.7	0.8	0.8	0.7	1.0	0.9	
Pr (%)	-2	-1	-6	-15	2	0	3	-9	-7	4	2041-2070
Tmin (°C)	1.4	1.3	1.1	1.9	1.5	2.1	1.8	1.7	2.5	2.3	
Tmean (°C)	1.4	1.3	1.1	1.9	1.5	2.1	1.8	1.8	2.4	2.2	
Tmax (°C)	1.5	1.3	1.1	2.0	1.4	2.1	1.7	1.9	2.4	2.2	

Inoltre, è stato analizzato il valore medio delle anomalie (Figure 2-3) degli indicatori estremi di temperatura e precipitazione.

In termini di temperatura, in Figura 2 è evidente come in futuro sia atteso un aumento delle temperature. In particolare, si evince un forte aumento del numero di giorni all'anno con temperatura minima maggiore di 20 °C (tr) e del numero di giorni all'anno con temperatura massima maggiore di 25 °C (su), più pronunciato per lo scenario RCP8.5 sul periodo 2041-2070. Inoltre, è atteso un lieve aumento del numero di giorni all'anno con temperatura massima maggiore di 35°C (hw), più pronunciato per lo scenario RCP8.5 sul periodo 2041-2070.

In termini di precipitazione, in Figura 3 è evidente come sia atteso un aumento dei massimi di precipitazione giornaliera (rx1day) e del massimo numero di giorni consecutivi all'anno con assenza di precipitazione (cdd), più pronunciato per lo scenario RCP8.5 e considerando il periodo 2041-2070. Invece, è attesa una riduzione del numero di giorni di precipitazione (rr1), maggiore per lo scenario RCP8.5 sul periodo 2041-2070.

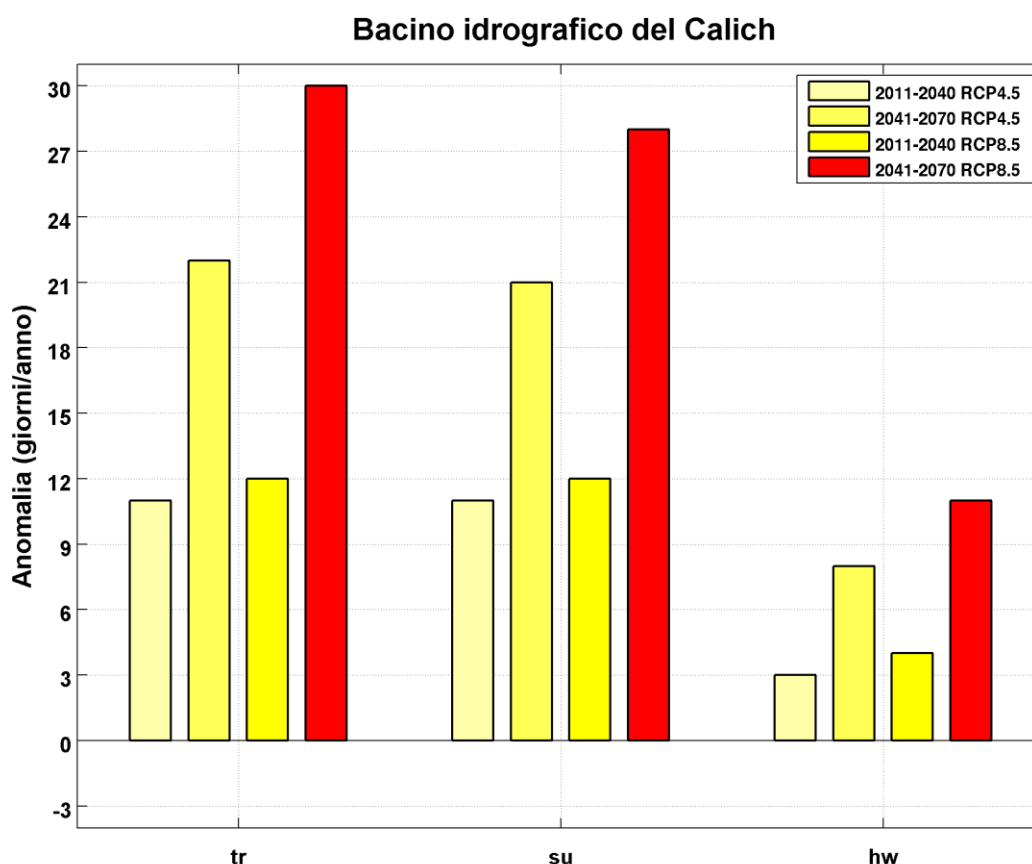


Figura 2: Anomalie degli indicatori di temperatura per i due scenari RCP4.5 e RCP8.5 e i due periodi futuri rispetto al periodo di riferimento 1981-2010.

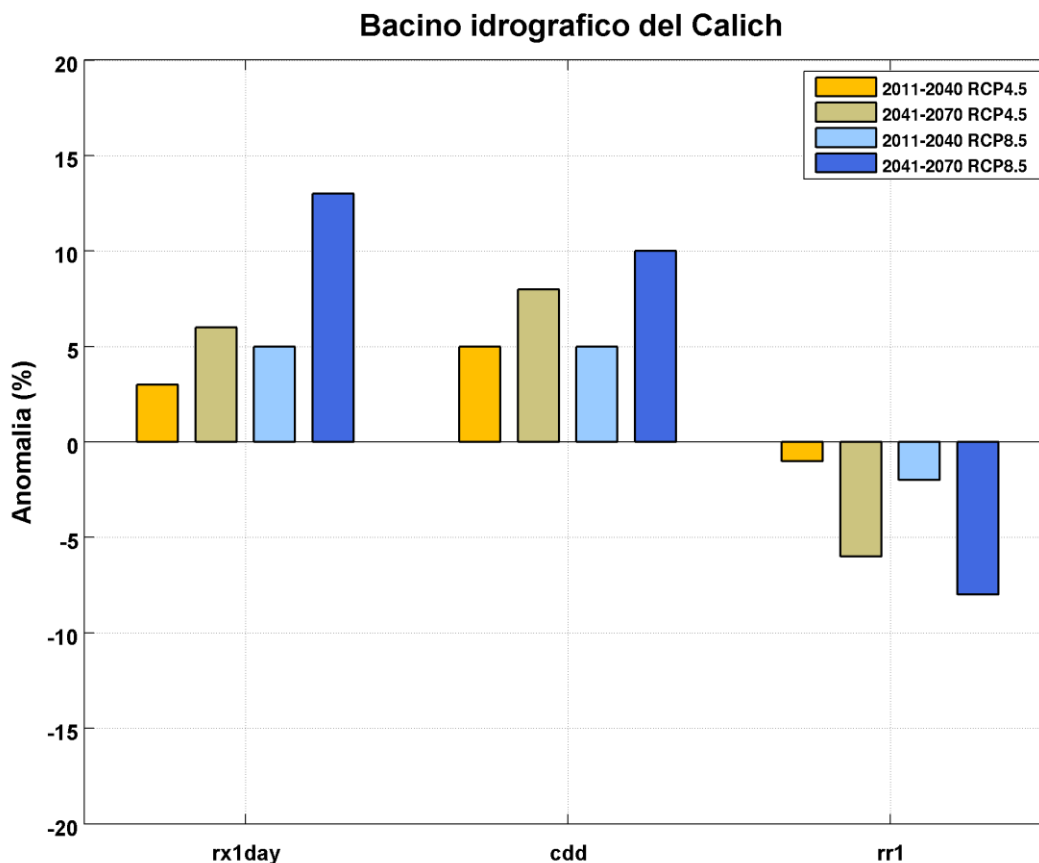


Figura 3: Anomalie degli indicatori di precipitazione per i due scenari RCP4.5 e RCP8.5 e i due periodi futuri rispetto al periodo di riferimento 1981-2010.

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 dei suddetti indicatori calcolati a partire dai modelli EURO-CORDEX.

Le Figure da 4 a 9 mostrano le serie temporali dei valori annuali degli indicatori estremi di temperatura (Figure da 4 a 6) e precipitazione (Figure da 7 a 9) 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. Le aree ombreggiate, presenti in tali Figure, rappresentano il range di incertezza ottenuto sommando e sottraendo all'ensemble mean la deviazione standard della distribuzione dei dati simulati dai modelli EURO-CORDEX. Inoltre, il numero tra parentesi che compare nella leggenda rappresenta per ciascun esperimento (historical, RCP4.5 ed RCP8.5) il numero medio di modelli che ricadono nel range di incertezza. In termini di temperatura, in Figura 4, per entrambi gli scenari, si evince un aumento del numero

La cooperazione al cuore del Mediterraneo
La coopération au coeur de la Méditerranée

di giorni all'anno con temperatura minima giornaliera maggiore di 20°C (tr), più evidente nel periodo a lungo termine e secondo lo scenario RCP8.5. Per quanto riguarda la dispersione dei modelli intorno all'ensemble mean, in generale il range di incertezza mostra una variabilità contenuta secondo entrambi gli scenari, in cui cadono mediamente 12 modelli su 18.

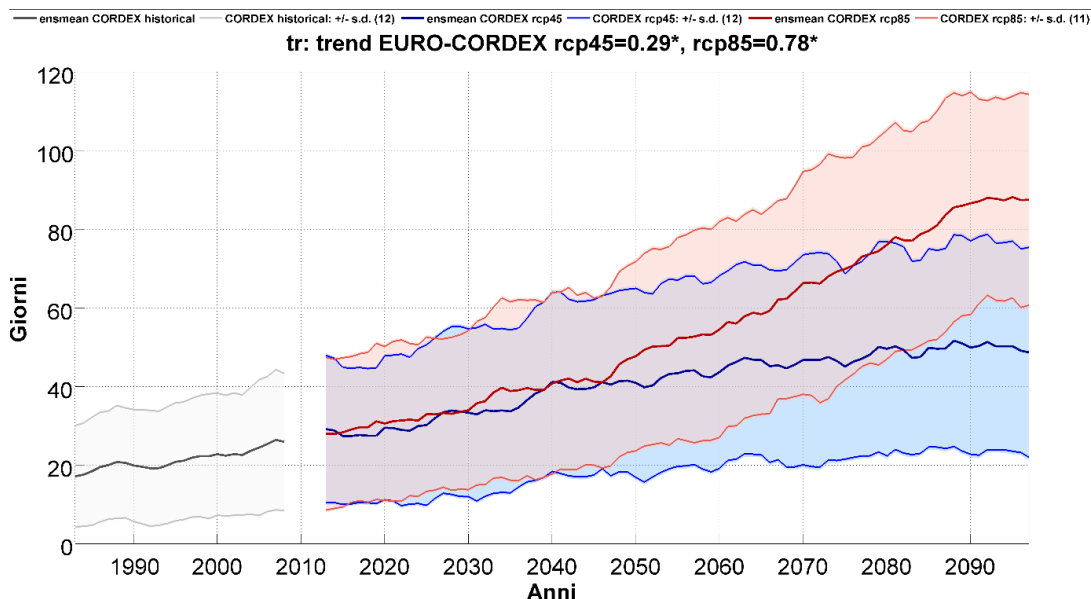


Figura 4: Proiezioni climatiche dei modelli EURO-CORDEX per l'indicatore tr, considerando il periodo storico (in grigio) e gli scenari RCP4.5 (in blu) e RCP8.5 (in rosso). La linea spessa scura indica la proiezione climatica media (ensemble mean), calcolata mediando i valori di tutte le simulazioni considerate; le aree ombreggiate rappresentano il range ottenuto sommando e sottraendo all'ensemble mean la deviazione standard dei valori simulati dai modelli e forniscono una misurazione dell'incertezza delle proiezioni. Sono state considerate tutte le simulazioni EURO-CORDEX attualmente disponibili e in comune tra il periodo storico e gli scenari RCP4.5 ed RCP8.5, ovvero 18. I risultati sono ottenuti effettuando una media mobile su una finestra di 5 anni.



Nella Figura 5, secondo entrambi gli scenari, si evince un aumento del numero di giorni all'anno con temperatura massima giornaliera maggiore di 25°C (su). Inoltre, si osserva che la dispersione si restringe sul periodo a lungo termine per lo scenario RCP8.5. Mediamente nel range di incertezza cadono 11 modelli su 18.

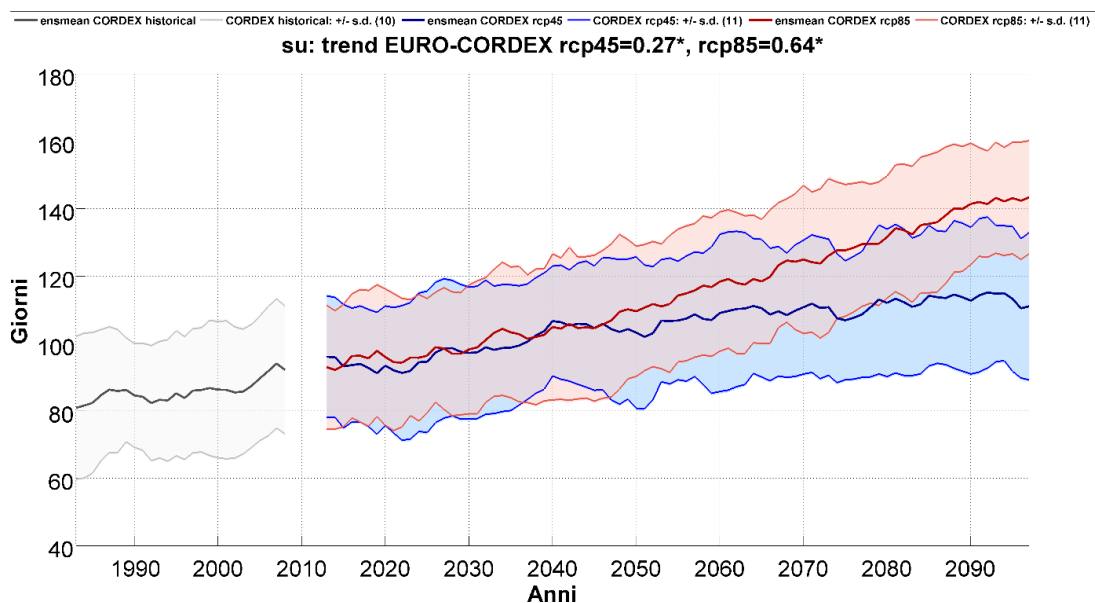


Figura 5: Proiezioni climatiche dei modelli EURO-CORDEX per l'indicatore su, considerando il periodo storico (in grigio) e gli scenari RCP4.5 (in blu) e RCP8.5 (in rosso). La linea spessa scura indica la proiezione climatica media (ensemble mean), calcolata mediando i valori di tutte le simulazioni considerate; le aree ombreggiate rappresentano il range ottenuto sommando e sottraendo all'ensemble mean la deviazione standard dei valori simulati dai modelli e forniscono una misurazione dell'incertezza delle proiezioni. Sono state considerate tutte le simulazioni EURO-CORDEX attualmente disponibili e in comune tra il periodo storico e gli scenari RCP4.5 ed RCP8.5, ovvero 18. I risultati sono ottenuti effettuando una media mobile su una finestra di 5 anni.



Interreg



UNIONE EUROPEA



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

rete transfrontaliera delle lagune, dei laghi e degli stagni

Infine, nella Figura 6, secondo lo scenario RCP8.5, si evince un forte aumento del numero di giorni all'anno con temperatura massima giornaliera maggiore di 35°C (hw), più pronunciato sul periodo a lungo termine, mentre l'aumento è più lieve per lo scenario RCP4.5. Le aree ombreggiate mostrano un'incertezza lievemente più ampia sul periodo a lungo termine (2071-2100) che risulta più evidente per lo scenario RCP8.5. Mediamente nel range di incertezza cadono 12 modelli su 18.

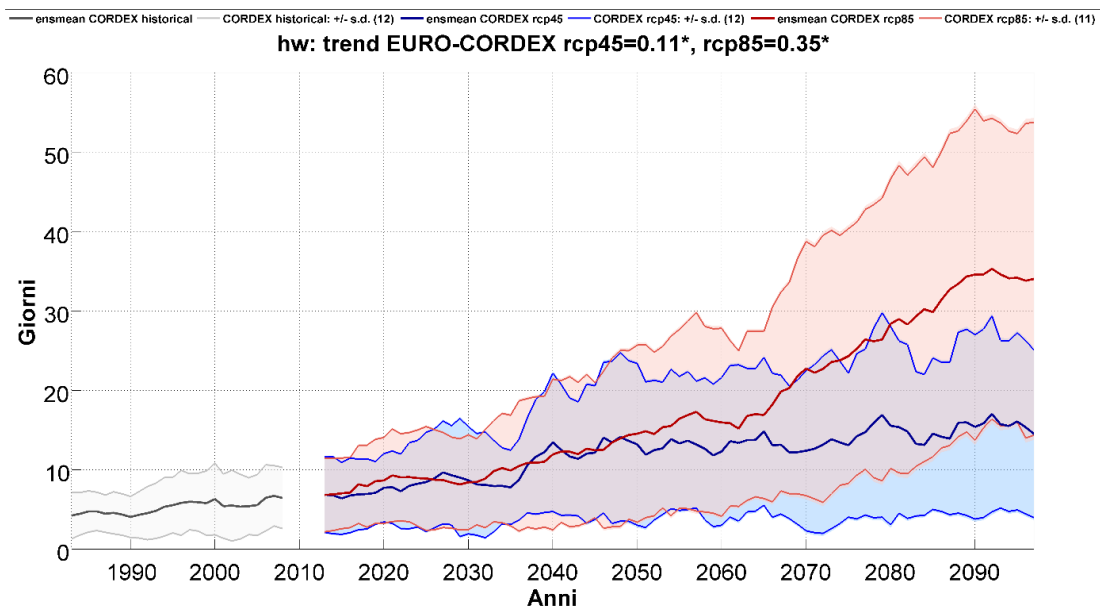


Figura 6: Proiezioni climatiche dei modelli EURO-CORDEX per l'indicatore hw, considerando il periodo storico (in grigio) e gli scenari RCP4.5 (in blu) e RCP8.5 (in rosso). La linea spessa scura indica la proiezione climatica media (ensemble mean), calcolata mediando i valori di tutte le simulazioni considerate; le aree ombreggiate rappresentano il range ottenuto sommando e sottraendo all'ensemble mean la deviazione standard dei valori simulati dai modelli e forniscono una misurazione dell'incertezza delle proiezioni. Sono state considerate tutte le simulazioni EURO-CORDEX attualmente disponibili e in comune tra il periodo storico e gli scenari RCP4.5 ed RCP8.5, ovvero 18. I risultati sono ottenuti effettuando una media mobile su una finestra di 5 anni.

La cooperazione al cuore del Mediterraneo
La coopération au coeur de la Méditerranée



Interreg
MARITTIMO-IT FR-MARITIME



In termini di precipitazione, si evince un trend positivo statisticamente significativo per gli indicatori rx1day (Figura 7) e cdd (Figura 8), mentre un trend negativo statisticamente significativo per l'indicatore rr1 (Figura 9), secondo entrambi gli scenari. In particolare, in Figura 7 si evince un aumento dei massimi di precipitazione giornaliera (rx1day), più evidente per lo scenario RCP8.5. Per quanto riguarda la dispersione dei modelli intorno all'ensemble mean, si ha un aumento del range di incertezza sul periodo a lungo termine, più marcato secondo lo scenario RCP8.5. Mediamente, il range di incertezza include quasi tutti i modelli.

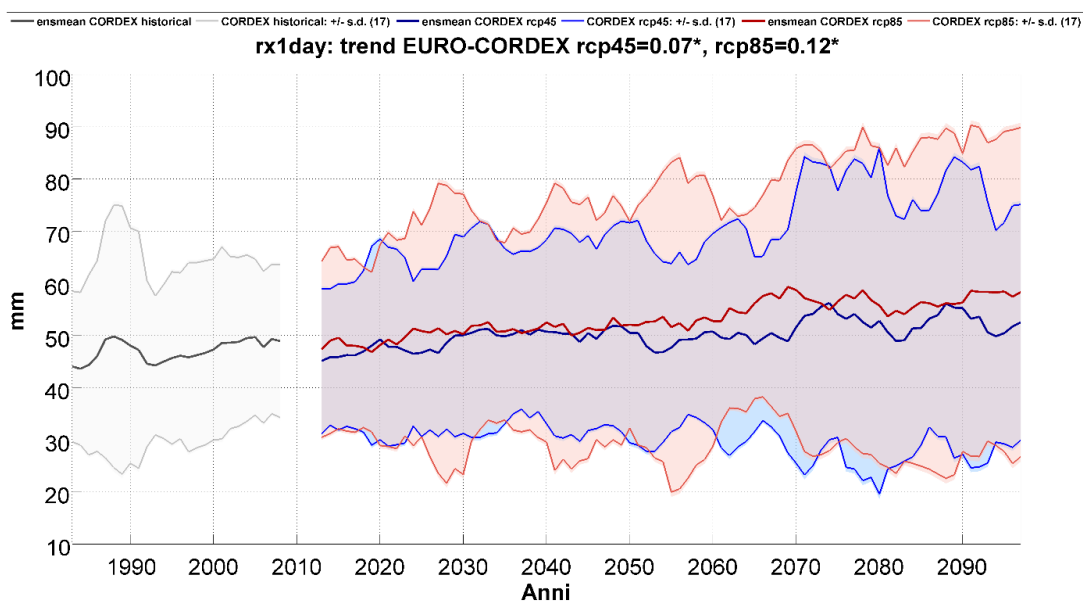


Figura 7: Proiezioni climatiche dei modelli EURO-CORDEX per l'indicatore rx1day, considerando il periodo storico (in grigio) e gli scenari RCP4.5 (in blu) e RCP8.5 (in rosso). La linea spessa scura indica la proiezione climatica media (ensemble mean), calcolata mediando i valori di tutte le simulazioni considerate; le aree ombreggiate rappresentano il range ottenuto sommando e sottraendo all'ensemble mean la deviazione standard dei valori simulati dai modelli e forniscono una misurazione dell'incertezza delle proiezioni. Sono state considerate tutte le simulazioni EURO-CORDEX attualmente disponibili e in comune tra il periodo storico e gli scenari RCP4.5 ed RCP8.5, ovvero 18. I risultati sono ottenuti effettuando una media mobile su una finestra di 5 anni.

In Figura 8, secondo entrambi gli scenari, è atteso un aumento del massimo numero di giorni consecutivi con assenza di precipitazioni (cdd), che risulta maggiore per lo scenario RCP8.5. Inoltre, si ha un lieve aumento della dispersione sul periodo a lungo termine per lo scenario RCP8.5. Il numero di modelli mediamente contenuto nel range di incertezza è pari a 12 su 18.

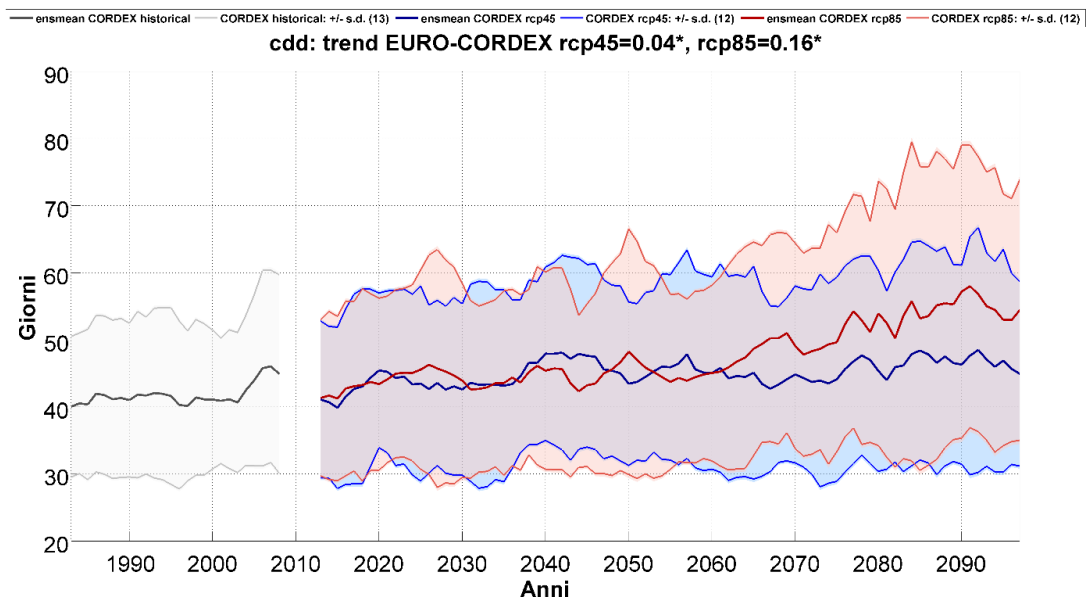


Figura 8: Proiezioni climatiche dei modelli EURO-CORDEX per l'indicatore cdd, considerando il periodo storico (in grigio) e gli scenari RCP4.5 (in blu) e RCP8.5 (in rosso). La linea spessa scura indica la proiezione climatica media (ensemble mean), calcolata mediando i valori di tutte le simulazioni considerate; le aree ombreggiate rappresentano il range ottenuto sommando e sottraendo all'ensemble mean la deviazione standard dei valori simulati dai modelli e forniscono una misurazione dell'incertezza delle proiezioni. Sono state considerate tutte le simulazioni EURO-CORDEX attualmente disponibili e in comune tra il periodo storico e gli scenari RCP4.5 ed RCP8.5, ovvero 18. I risultati sono ottenuti effettuando una media mobile su una finestra di 5 anni.

Infine, in Figura 9 è proiettata una diminuzione dei giorni di precipitazione (rr1), che risulta maggiore secondo lo scenario RCP8.5. In generale, il range di incertezza mostra una variabilità abbastanza ampia secondo entrambi gli scenari, in cui cadono mediamente 14 modelli su 18.

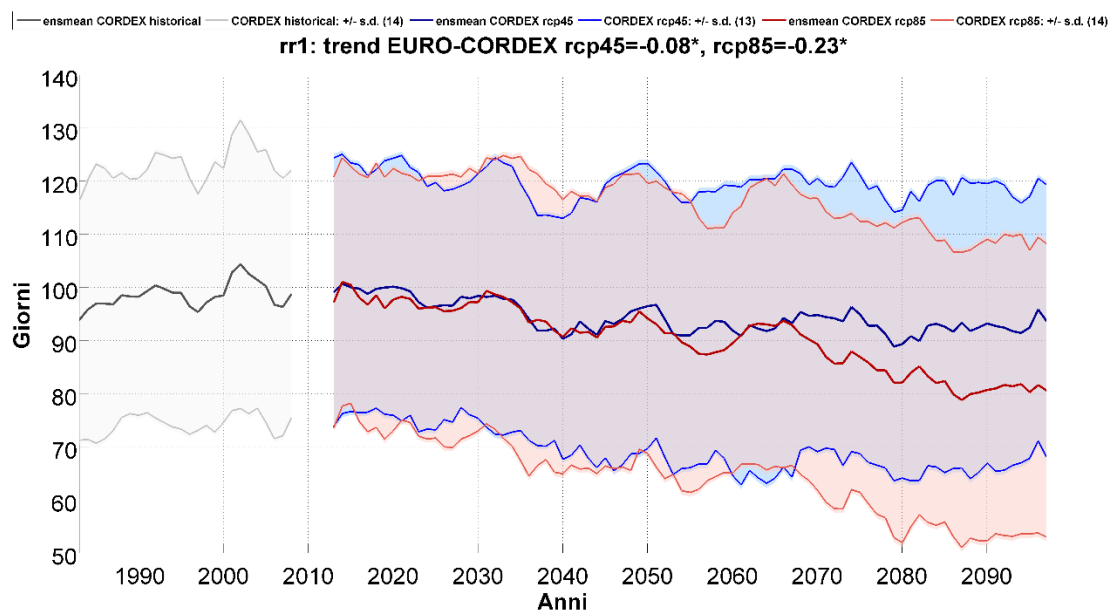


Figura 9: Proiezioni climatiche dei modelli EURO-CORDEX per l'indicatore rr1, considerando il periodo storico (in grigio) e gli scenari RCP4.5 (in blu) e RCP8.5 (in rosso). La linea spessa scura indica la proiezione climatica media (ensemble mean), calcolata mediando i valori di tutte le simulazioni considerate; le aree ombreggiate rappresentano il range ottenuto sommando e sottraendo all'ensemble mean la deviazione standard dei valori simulati dai modelli e forniscono una misurazione dell'incertezza delle proiezioni. Sono state considerate tutte le simulazioni EURO-CORDEX attualmente disponibili e in comune tra il periodo storico e gli scenari RCP4.5 ed RCP8.5, ovvero 18. I risultati sono ottenuti effettuando una media mobile su una finestra di 5 anni.



Interreg



UNIONE EUROPEA



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

rete transfrontaliera delle lagune,
dei laghi e degli stagni

Conclusioni

In questo lavoro è stato fornito un quadro sintetico delle variazioni climatiche attese sul bacino idrografico del Calich sul breve termine (2011-2040) e medio termine (2041-2070), utilizzando i dati simulati dai diversi modelli climatici regionali disponibili all'interno del programma EURO-CORDEX (<http://www.euro-cordex.net>). Le proiezioni climatiche future sono state ottenute considerando per i due diversi scenari IPCC RCP4.5 e RCP8.5 il valore medio (ensemble mean) delle proiezioni climatiche e l'incertezza associata (Kotlarski et al. 2014, Jacob et al. 2014).

L'utilizzo di tutti i modelli disponibili nel programma EURO-CORDEX, sebbene più oneroso dal punto di vista metodologico e computazionale, ha permesso di effettuare una stima dell'incertezza da associare allo scenario di variazione della variabile o indicatore climatico di interesse.

Tali analisi evidenziano un generale aumento delle temperature, più pronunciato nel periodo a medio termine e considerando lo scenario RCP8.5 (più pessimista); in particolare è evidente un forte aumento del numero di giorni all'anno con temperature minime maggiori di 20 °C (tr) e con temperature massime maggiori di 25 °C (su). Inoltre, il bacino idrografico del Calich è interessato da un lieve aumento del numero di giorni con temperature massime maggiori di 35 °C (hw), maggiore per lo scenario RCP8.5.

In termini di precipitazione, si evince come sia atteso un aumento dei massimi di precipitazione giornaliera (rx1day) e del massimo numero di giorni consecutivi all'anno con precipitazione minore di 1 millimetro (cdd), più pronunciato secondo lo scenario RCP8.5 e considerando il periodo 2041-2070. Invece, è attesa una riduzione del numero di giorni di precipitazione (rr1).

L'analisi degli scenari climatici, realizzata per il bacino idrografico del Calich e ottenuta sulla base delle proiezioni climatiche attualmente disponibili, rappresenta uno strumento di supporto e sintesi per gli esperti di specifici studi di impatto.

La cooperazione al cuore del Mediterraneo
La coopération au coeur de la Méditerranée



Interreg





Interreg



UNIONE EUROPEA



MARITTIMO-IT F R-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

rete transfrontaliera delle lagune,
dei laghi e degli stagni

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.

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

La cooperazione al cuore del Mediterraneo
La coopération au coeur de la Méditerranée



Interreg
MARITTIMO-IT F R-MARITIME





Interreg



UNIONE EUROPEA



MARITTIMO-IT F R-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

rete transfrontaliera delle lagune,
dei laghi e degli stagni

impatti dei cambiamenti climatici sui sistemi geofisici, compresi alluvioni, siccità e innalzamento del livello del mare, rappresentano un sottoinsieme di impatti denominati impatti fisici.

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 sulla scala regionale (ovvero tra i 10 e 50 km circa).

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 socio-economici 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 socio-economico e cambiamenti tecnologici) e le loro relazioni chiave. Gli scenari di concentrazione, derivati dagli scenari di emissione, sono impiegati come

La cooperazione al cuore del Mediterraneo
La coopération au coeur de la Méditerranée



Interreg
MARITTIMO-IT F R-MARITIME





Interreg



UNIONE EUROPEA



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

rete transfrontaliera delle lagune,
dei laghi e degli stagni

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.

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).

La cooperazione al cuore del Mediterraneo
La coopération au coeur de la Méditerranée





Interreg



UNIONE EUROPEA



MARITTIMO-IT F R-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

rete transfrontaliera delle lagune,
dei laghi e degli stagni

Bibliografia

Caciagli L. Glossario minimo dell'IPCC http://www.cmcc.it/wp-content/uploads/2014/04/IPCC_AR5_Glossario_IT.pdf.

Haylock MR, Hofstra N, Tank AMGK, et al (2008) A European daily high-resolution gridded data set of surface temperature and precipitation for 1950-2006. J Geophys Res. doi: 10.1029/2008jd010201.

IPCC (2007a) Intergovernmental Panel on Climate Change. Climate Change 2007: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, Pachauri R.K and Reisinger A.ed.]. IPCC, Geneva, Switzerland, 104 pp.

IPCC (2014a) Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

IPCC (2013a) Summary for Policymakers. In: Stocker TF, D. Qin, G.-K. Plattner, et al. (eds) Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge (United Kingdom) and New York (NY, USA), pp 1–30.

Jacob D, Petersen J, Eggert B, et al (2014) EURO-CORDEX: new high-resolution climate change projections for European impact research. Reg Environ Chang 14:563–578. doi: 10.1007/s10113-013-0499-2.

Karl T, Nicholls N, Ghazi A (1999). CLIVAR/GCOS/WMO workshop on indices and indicators for climate extremes: Workshop summary. Climatic Change, 42, 3-7.

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

Kotlarski S, Keuler K, Christensen OB, 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.

La cooperazione al cuore del Mediterraneo
La coopération au coeur de la Méditerranée



Interreg
MARITTIMO-IT F R-MARITIME





Interreg



UNIONE EUROPEA



MARITTIMO-IT F R-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

rete transfrontaliera delle lagune,
dei laghi e degli stagni

Mann, H.B. 1945. Non-parametric tests against trend, *Econometrica* 13:163-171.

MATTM, Rapporto sullo stato delle conoscenze scientifiche su impatti, vulnerabilità e adattamento ai cambiamenti climatici in Italia, 2014.

Peterson T (2001). Report on the Activities of the Working Group on Climate Change Detection and Related Rapporteurs 1998-2001. WMO, Rep. WCDMP-47, WMO-TD 1071.

Van Vuuren et. al. (2011). The representative concentration pathways: an overview. *Climatic Change* 109:5–31, DOI 10.1007/s10584-011-0148-z.

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

La cooperazione al cuore del Mediterraneo
La coopération au coeur de la Méditerranée





Link a siti internet

- A. <http://etccdi.pacificclimate.org/index.shtm>
- B. http://surfobs.climate.copernicus.eu/dataaccess/access_eobs.php#datafiles

Abbreviazioni, acronimi

CMCC	Centro Euro-Mediterraneo sui Cambiamenti Climatici
ETCCDI	Expert Team on Climate Change Detection and Indices
GCM	Global Climate Model
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
RCM	Regional Climate Model
WMO	World Meteorological Organization