



Interreg



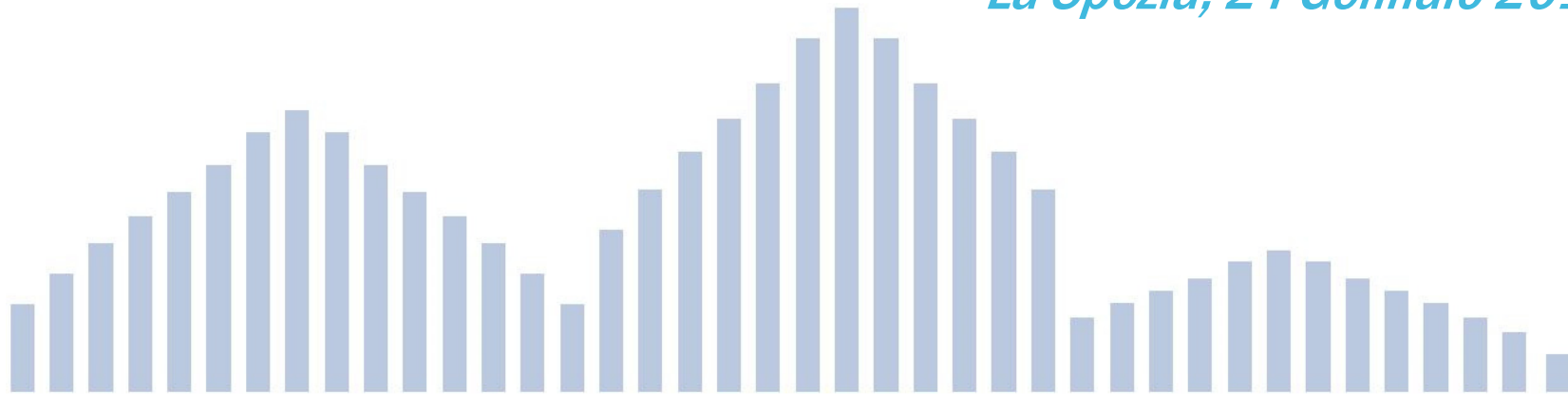
UNIONE EUROPEA

MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



La Spezia, 24 Gennaio 2019



Profilo climatico
Comune della Spezia

Mauro Rossi

Consiglio Nazionale delle Ricerche

Istituto di Ricerca per la Protezione Idrogeologica

PROFILO CLIMATICO

Quali sono i contenuti del profilo climatico?

Il profilo climatico elaborato per il territorio del Comune della Spezia descrive:

- la **variabilità climatica osservata**
- gli **scenari climatici attesi**

sulla base delle osservazioni strumentali e delle proiezioni climatiche attualmente disponibili.



Interreg



UNIONE EUROPEA

MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



PERIODI DI RIFERIMENTO

Criteri di scelta del periodo di riferimento

Lo studio del clima **implica**, per definizione, l'utilizzo di **lunghe scale temporali**.

WMO 'World Meteorological Organization' **stabilisce** in **30 anni** la **lunghezza standard** su cui effettuare delle **analisi statistiche** che possano essere considerate **rappresentative del clima**.

30 anni è un periodo **abbastanza lungo** da filtrare eventuali **variazioni o anomalie annuali**, ma anche **abbastanza breve** da essere in grado di **mostrare le tendenze climatiche più lunghe** (WMO, 2007).

VARIABILITÀ CLIMATICA OSSERVATA

Modalità di analisi della variabilità climatica osservata

La stima della variabilità osservata è stata **effettuata utilizzando** dati di temperatura massima e minima e pioggia giornalieri misurati nel periodo di riferimento 1981-2010 nella stazione pluvio-termometrica di La Spezia.

I dati mancanti sono stati **ricostruiti utilizzando** le serie storiche delle stazioni limitrofe Sarzana e Levanto.



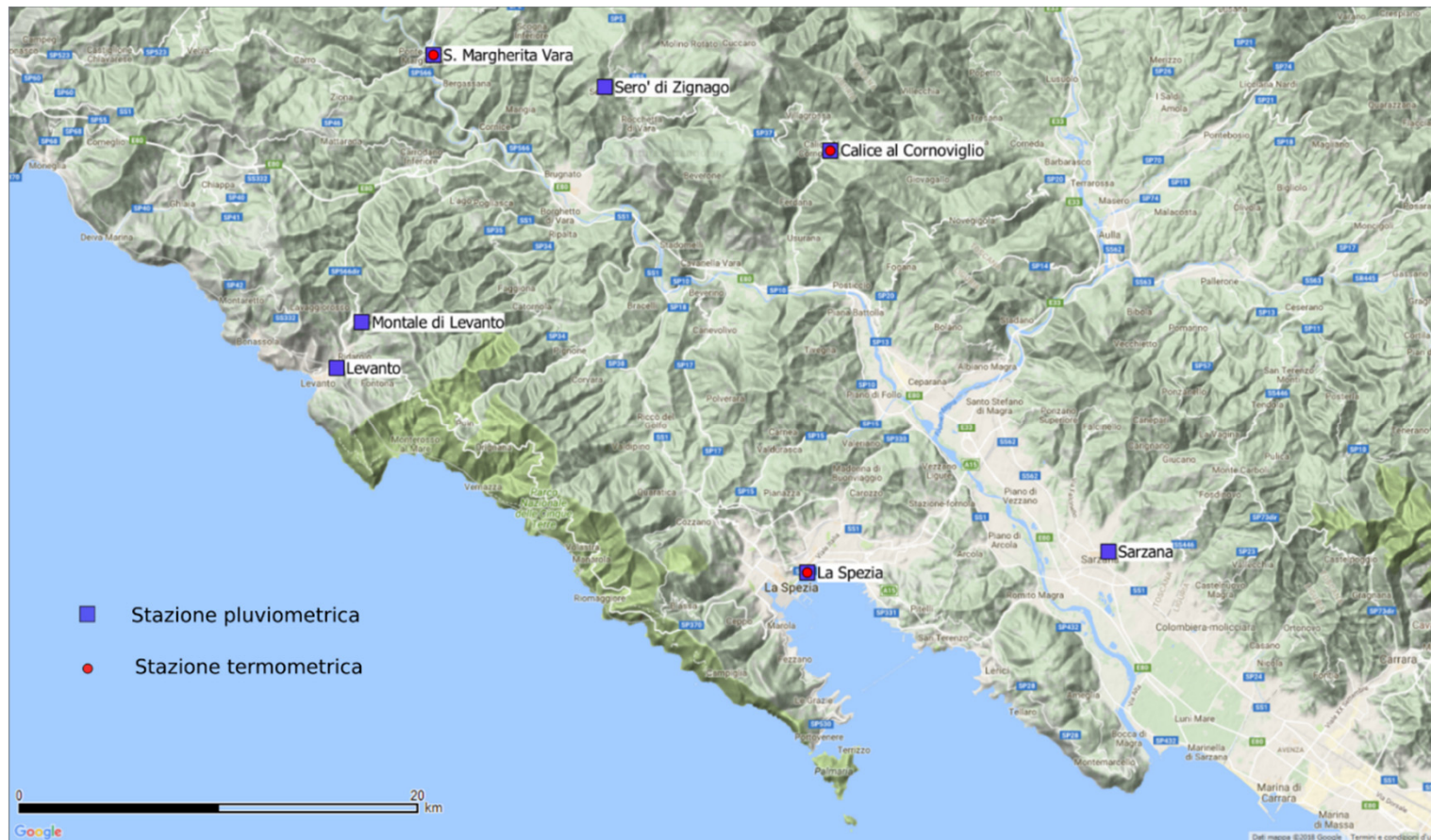
Interreg  UNIONE EUROPEA

MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



LOCALIZZAZIONE STAZIONI DI MISURA



La Cooperazione al cuore del Mediterraneo
La Coopération au coeur de la Méditerranée



Interreg



UNIONE EUROPEA



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

anno	Prec (giorni)	Tmin (giorni)	Tmax (giorni)	perc_prec (%)	perc_tmin (%)	perc_tmax (%)
1981	365	365	365	100	100	100
1982	365	365	365	100	100	100
1983	365	365	365	100	100	100
1984	366	366	366	100	100	100
1985	365	365	365	100	100	100
1986	365	365	365	100	100	100
1987	365	365	365	100	100	100
1988	366	366	366	100	100	100
1989	365	362	363	100	99.2	99.5
1990	365	365	365	100	100	100
1991	365	364	365	100	99.7	100
1992	366	359	359	100	98.1	98.1
1993	365	365	365	100	100	100
1994	365	365	365	100	100	100
1995	365	365	365	100	100	100
1996	366	366	366	100	100	100
1997	365	365	365	100	100	100
1998	365	364	364	100	99.7	99.7
1999*	365	218	218	100	59.7	59.7
2000	366	365	365	100	99.7	99.7
2001	365	364	364	100	99.7	99.7
2002	340	335	335	93.2	91.8	91.8
2003	365	362	362	100	99.2	99.2
2004	366	366	366	100	100	100
2005	365	354	354	100	97.0	97.0
2006	365	364	364	100	99.7	99.7
2007*	364	253	253	99.7	69.3	69.3
2008*	366	259	259	100	70.8	70.8
2009*	365	258	258	100	70.7	70.7
2010*	365	257	257	100	70.4	70.4

ANALISI «CHANGE POINT»

Test utilizzato per l'analisi di “change point”

E' stato **utilizzato** il test di Pettitt per investigare la presenza di “change point” nelle serie di pioggia, Tmin e Tmax. Un “change point” è un punto che **separa** due porzioni della serie con medie statisticamente differenti.

Se il p-value è **maggiore** di un dato livello di confidenza (0.05), l'ipotesi nulla (H_0) del test non può essere rigettata, pertanto nella serie analizzata sono **assenti** punti di cambiamento.



Interreg



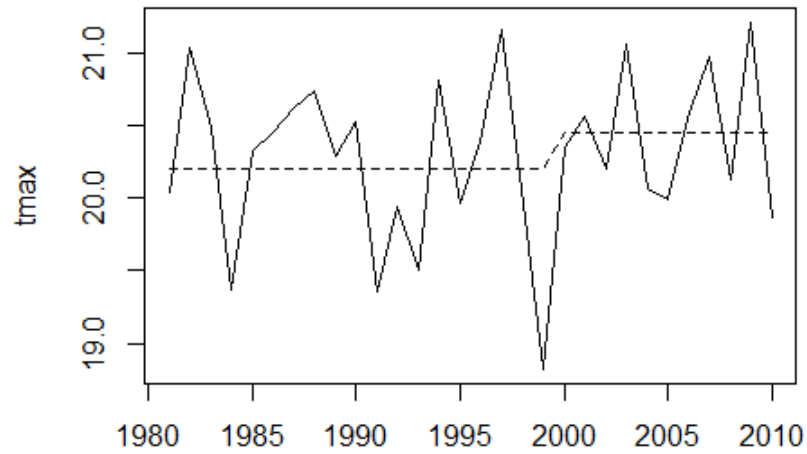
UNIONE EUROPEA

MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

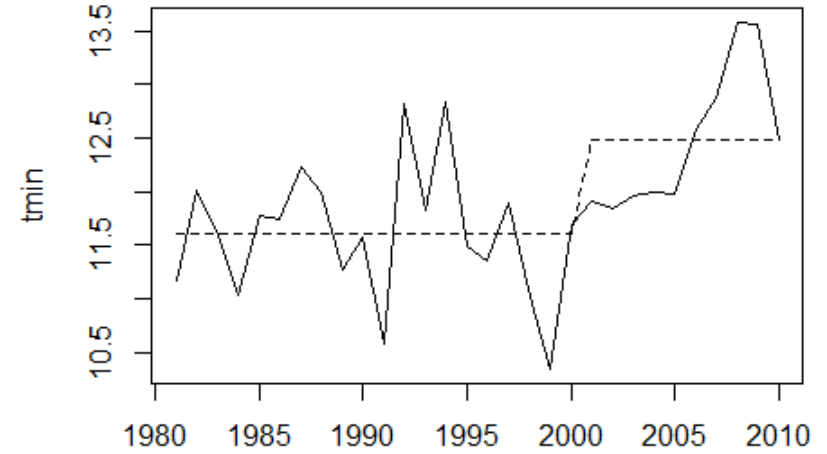


Test statistics $U^*=45$ - p.value=1.294



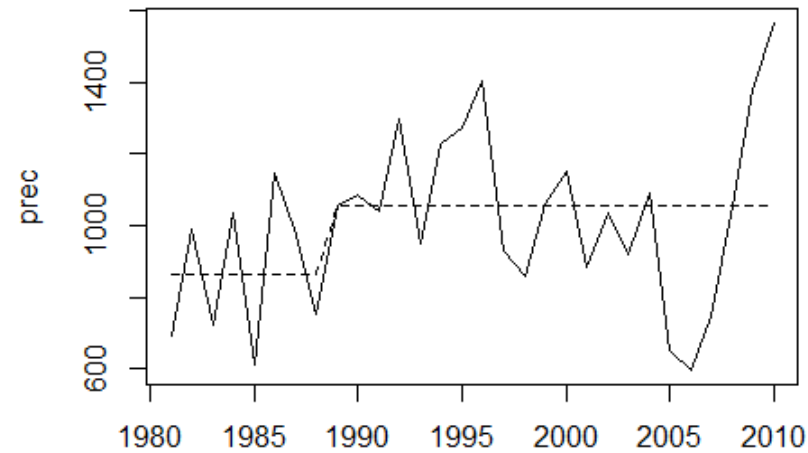
Time

Test statistics $U^*=140$ - p.value=0.03



Time

Test statistics $U^*=80$ - p.value=0.505



Time

ANALISI «STRUCTURAL CHANGE»

Test utilizzato per l'analisi di “change point”

E' stato **utilizzato** il test di Rec-CUSUM (Cumulative SUM of Recursive residuals) per investigare la presenza di “change point” nelle serie di pioggia, Tmin e Tmax. Un “structural change” è un punto che **separa** due porzioni della serie che seguono modelli di regressione statisticamente differenti.

Se il p-value è **maggiore** di un dato livello di confidenza (0.05), l'ipotesi nulla (H_0) del test non può essere rigettata, pertanto nella serie analizzata sono **assenti** cambi di strutturali.



Interreg



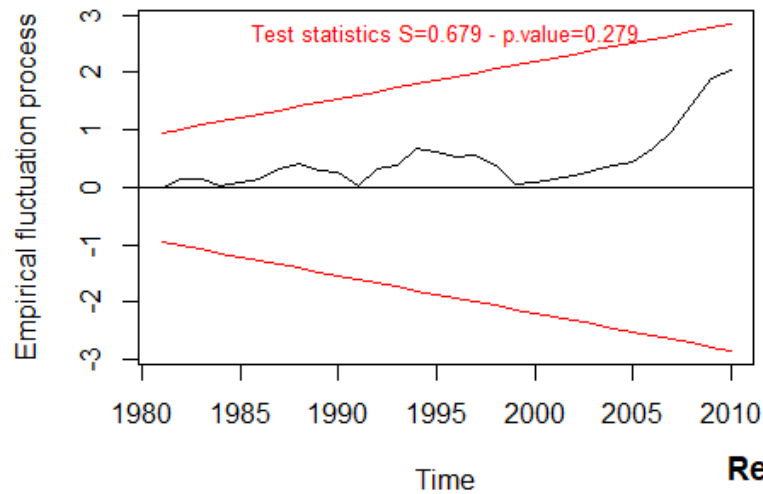
UNIONE EUROPEA

MARITTIMO-IT FR-MARITIME

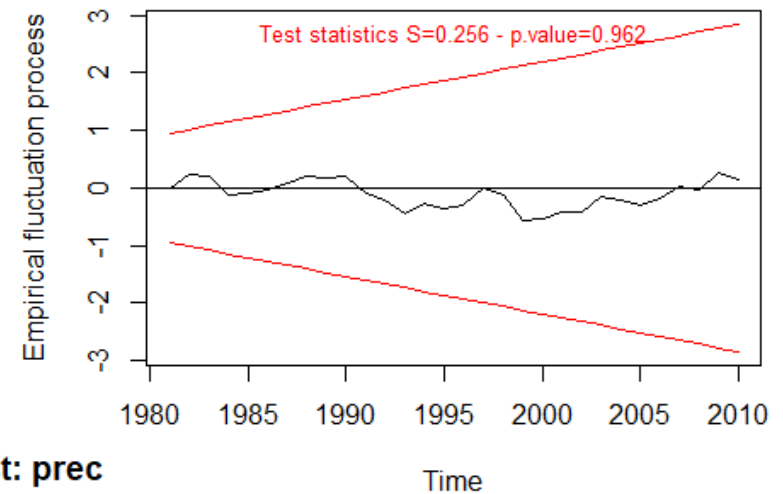
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



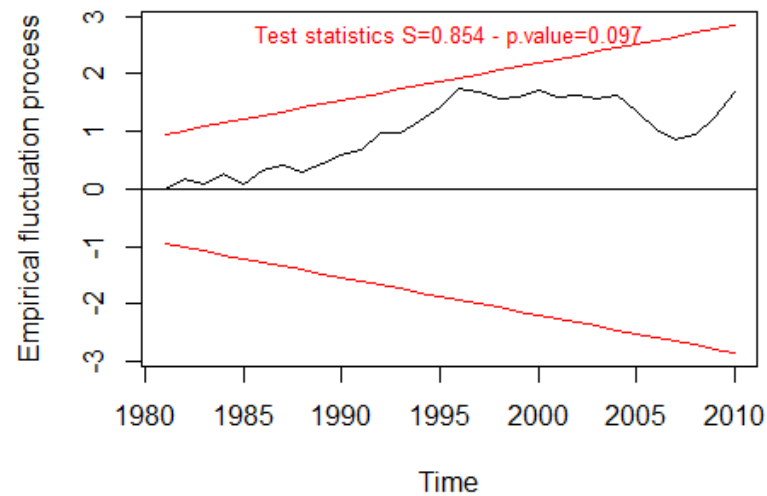
Recursive CUSUM test: tmin



Recursive CUSUM test: tmax



Recursive CUSUM test: prec



VARIABILITÀ OSSERVATA (1981-2010)

Statistiche annuali e mensili nel periodo di osservazione

Media, 5° e 95° percentile dei valori annuali di precipitazione, di temperatura massima e di temperatura minima

Media prec	q5 prec	q95 prec	Media tmin	q5 tmin	q95 tmin	Media tmax	q5 tmax	q95 tmax
999.8	628.8	1394.2	11.7	10.8	12.7	20.2	18.9	21.1

Media, 5° e 95° percentile dei valori stagionale di precipitazione, di temperatura massima e di temperatura minima

Stagione	Media prec	q5 prec	q95 prec	Media tmin	q5 tmin	q95 tmin	Media tmax	q5 tmax	q95 tmax
DGF (Dic-Gen-Feb)	279.8	120.2	499.1	5.4	3.7	6.5	12.7	11.6	13.8
MAM (Mar-Apr-Mag)	225.3	119.2	396.7	10.2	8.8	11.1	18.7	17.3	20.0
GLA (Giu-Lug-Ago)	122.3	35.5	228.5	18.4	17.7	19.5	28.6	27.8	29.5
SON (Set-Ott-Nov)	376.0	136.0	663.1	12.8	11.0	14.8	21.2	19.4	22.6



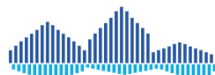
Interreg



UNIONE EUROPEA

MARITTIMO-IT FR-MARITIME

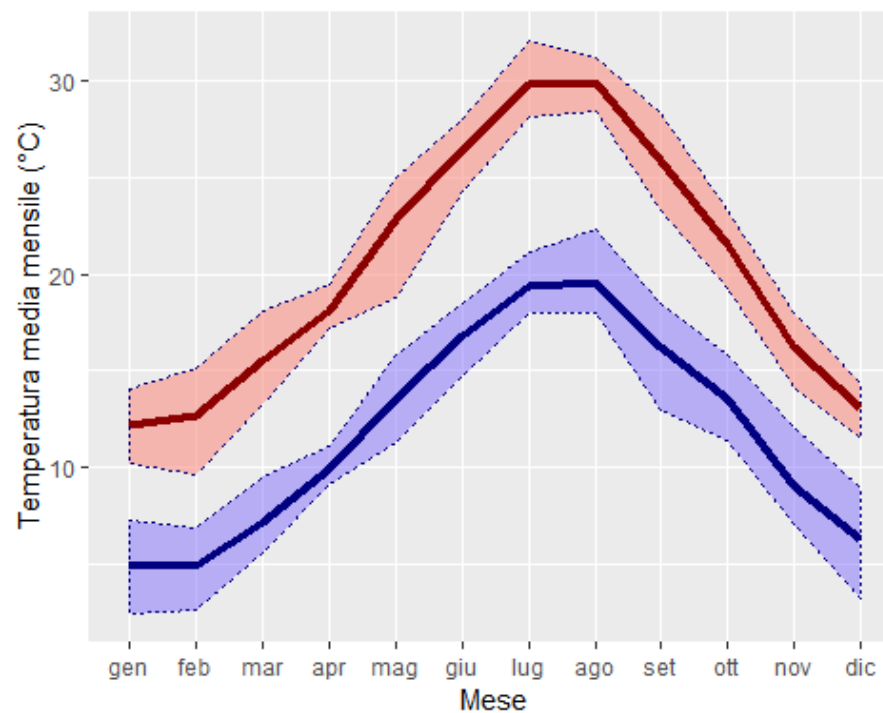
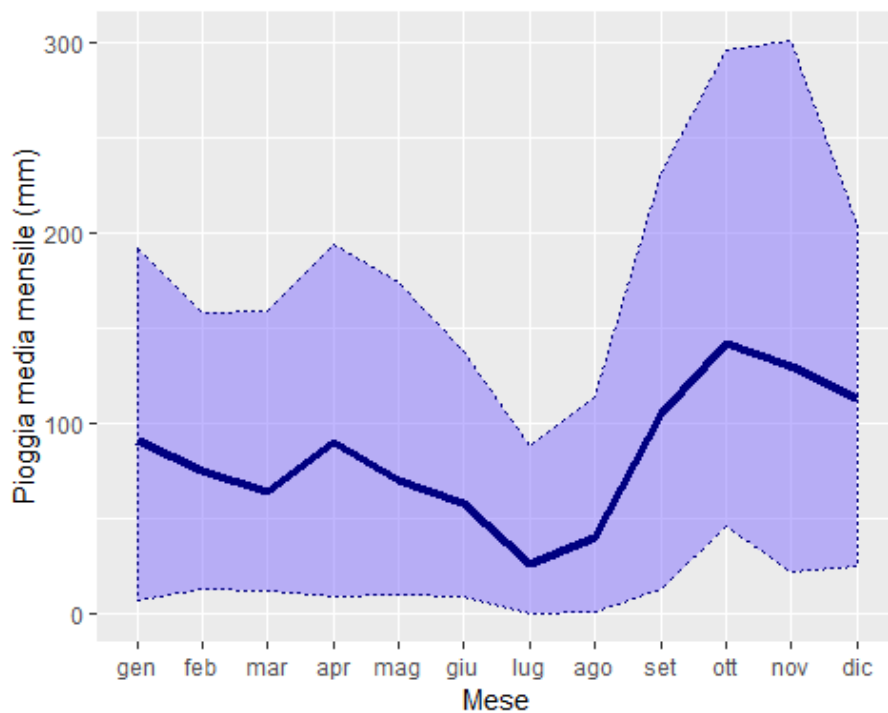
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



ADAPT

VARIABILITÀ MEDIE MENSILI

Andamento e variabilità dei valori medi mensili





Interreg



UNIONE EUROPEA

MARITTIMO-IT FR-MARITIME

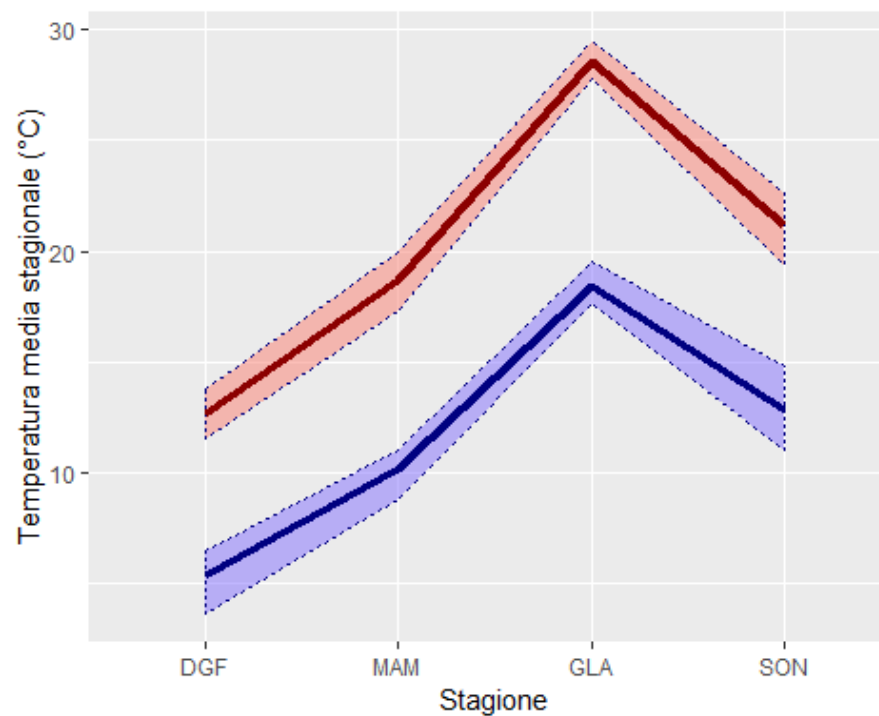
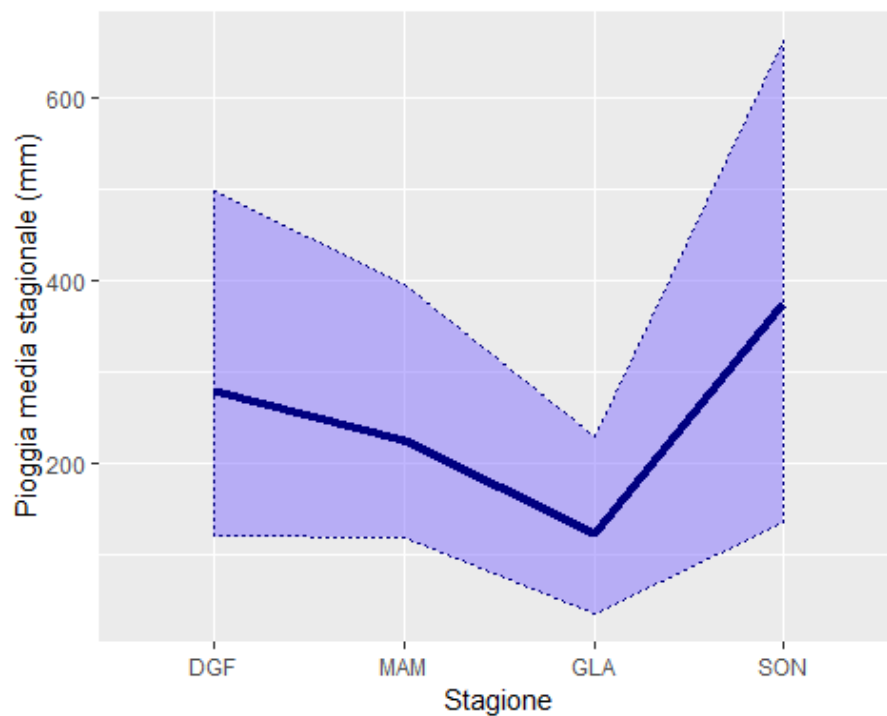
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



ADAPT

VARIABILITÀ MEDIE STAGIONALI

Andamento e variabilità dei valori medi stagionali



ANALISI DEI «TREND» ANNUALI

Test utilizzato per l'analisi dei “trend” e della loro significatività

E' stato **utilizzato** il test di Mann-Kendall per investigare la presenza di “trend” di crescita/decrecita significativi nelle serie di pioggia, Tmin e Tmax. Per valori della pendenza di Sen positivi ci **si attende** un aumento dei valori della serie analizzata nel tempo, mentre per valori negativi una diminuzione.

Se il p-value è **minore** di un dato livello di confidenza (0.05), l'ipotesi nulla (H_0) del test può essere rigettata, pertanto nella serie analizzata **si osserva** una tendenza monotona crescente o decrescente in funzione del valore positivo o negativo della statistica di Sen.



Interreg



UNIONE EUROPEA

MARITTIMO-IT FR-MARITIME

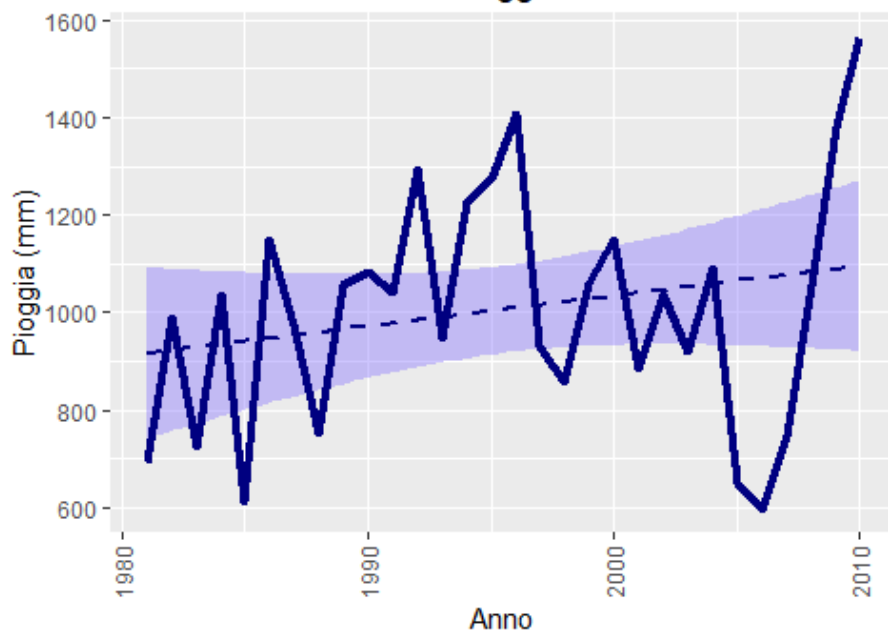
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



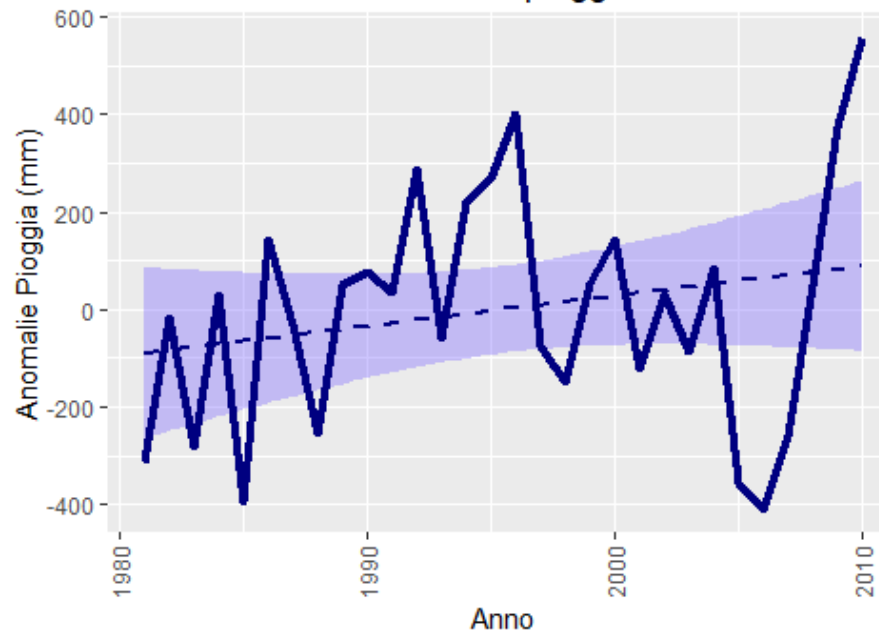
PIOGGIA ANNUALE

Analisi trend di pioggia e anomalie di pioggia annuale

Stazione La Spezia
Trend Pioggia: 6.56

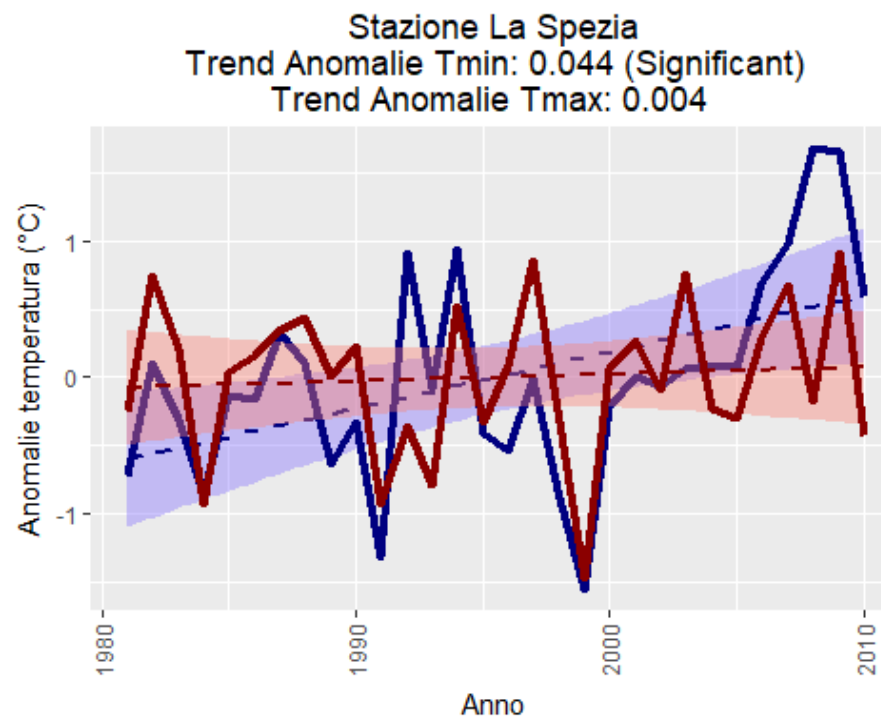
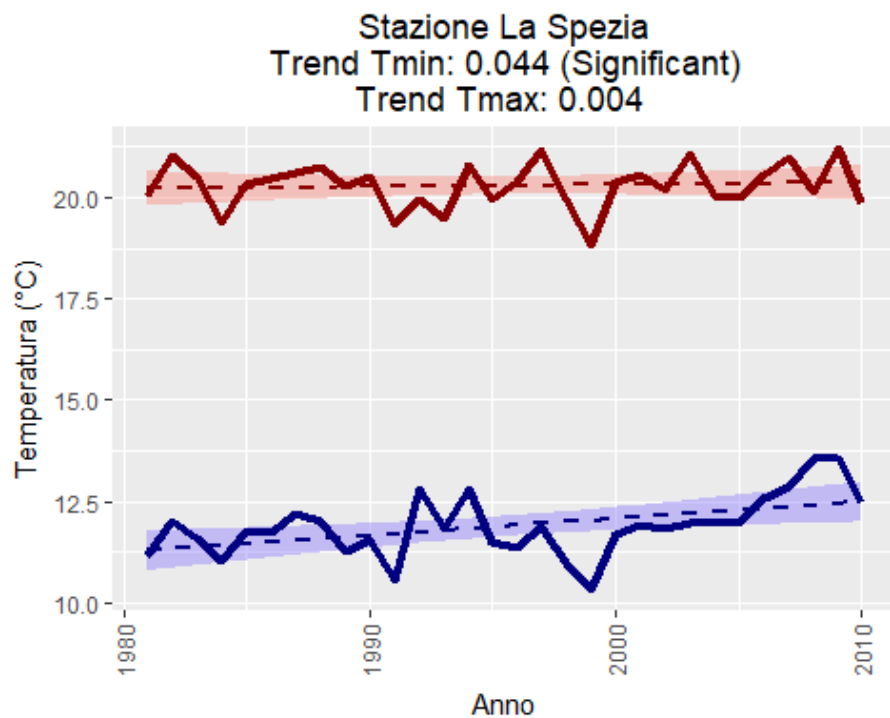


Stazione La Spezia
Trend Anomalie pioggia: 6.56



TEMPERATURA ANNUALE

Analisi trend di temperatura e anomalie di temperatura annuale



VALORI ESTREMI

Analisi dei valori estremi di pioggia e temperatura minima e massima

percentile	prec (mm)	prec no zero (mm)	tmin (°C)	tmax (°C)
1th	0	0.1	-0.5	6.6
5th	0	0.2	2.0	10.0
50th	0	4.0	11.8	19.7
95th	18.0	36.0	21.0	31.4
99th	41.8	64.7	22.9	34.2

INDICATORI CLIMATICI

Indicatori utilizzati ai fini della caratterizzazione del clima locale

ACRONIMO	INDICATORE
SU	Summer days: numero di giorni all'anno con temperatura massima giornaliera maggiore di 25°C
TN/TR	Tropical nights: numero di giorni all' anno con temperatura minima maggiore di 20°C
R10	numero di giorni all'anno con precipitazione maggiore di 10 mm
PRCPTOT	cumulata (somma) della precipitazione annuale per i giorni con precipitazione maggiore o uguale ad 1 mm
PRCPTOT DJF	cumulata (somma) della precipitazione dei mesi invernali (dicembre, gennaio, febbraio) per i giorni con precipitazione maggiore o uguale ad 1 mm
PRCPTOT SON	cumulata (somma) della precipitazione dei mesi autunnali (settembre, ottobre, novembre) per i giorni con precipitazione maggiore o uguale ad 1 mm
PRCPTOT MAM	cumulata (somma) della precipitazione dei mesi primaverili (marzo, aprile, maggio) per i giorni con precipitazione maggiore o uguale ad 1 mm
PRCPTOT JJA	cumulata (somma) della precipitazione dei mesi estivi (giugno, luglio, agosto) per i giorni con precipitazione maggiore o uguale ad 1 mm
RX1DAY	massimo valore di precipitazione su 24 ore su scala annuale
RR1	numero di giorni all'anno con pioggia maggiore o uguale ad 1 millimetro

VALORI INDICATORI CLIMATICI

Valori degli indicatori climatici stimati nel periodo 1981-2010

SU gg/anno	TN_TR gg/anno	R10 gg/anno	PRCTOT mm/anno	PRCTOT_DJF mm/stagione	PRCTOT_MAM mm/stagione	PRCTOT_JJA mm/stagione	PRCTOT_SON mm/stagione	RX1DAY mm/5gg	RR1 gg/anno
107	30	32	996	277	222	124	373	35	80

SCENARI CLIMATICI ATTESI

Dati e modalità di analisi per la stima dei cambiamenti climatici attesi

Utilizzati gli output di 11 diversi modelli climatici regionali (RCM) disponibili all'interno del programma **EURO-CORDEX** (<http://www.euro-cordex.net>).

Considerate le proiezioni climatiche ottenute considerando due diversi scenari IPCC RCP4.5 e RCP8.5.

Selezionate le 9 celle (risoluzione \approx 10km) in corrispondenza e nelle vicinanze del Comune di La Spezia.

Analizzati 3 periodi: **2011-2040** (breve termine), **2041-2070** (medio termine), **2071-2100** (lungo termine).

ANALISI ANOMALIE MEDIE ATTESE NEI DIVERSI PERIODI

Anomalie medie attese rispetto al periodo 1981-2010

	RCP4.5					RCP8.5					
	Anno	DGF	MAM	GLA	SON	Anno	DGF	MAM	GLA	SON	
Pr (%)	0.8	-0.2	4.4	-2.3	0.9	1.2	2.3	-2.3	4.4	1.0	2011- 2040
Tmin (°C)	0.7	0.6	0.4	0.9	0.7	0.8	0.6	0.6	1.0	0.9	
Tmean (°C)	0.7	0.7	0.4	0.9	0.8	0.8	0.7	0.6	1.0	0.9	
Tmax (°C)	0.7	0.7	0.4	0.8	0.8	0.8	0.7	0.6	1.0	0.9	
Pr (%)	1.3	2.3	-0.6	-2.1	3.5	3.6	4.9	-0.5	7.7	3.2	2041- 2070
Tmin (°C)	1.2	1	0.9	1.7	1.2	1.8	1.5	1.4	2.2	2.1	
Tmean (°C)	1.3	1.1	1	1.7	1.3	1.8	1.6	1.4	2.1	2.1	
Tmax (°C)	1.3	1.1	1	1.7	1.3	1.8	1.6	1.4	2.1	2.1	
Pr (%)	2.5	6.0	-0.6	1.5	1.8	2.0	7.0	-1.3	2.5	-0.5	2071- 2100
Tmin (°C)	1.7	1.6	1.3	2	1.8	3.4	3.1	2.7	4.1	3.6	
Tmean (°C)	1.7	1.6	1.4	2	1.9	3.4	3.2	2.7	4.1	3.6	
Tmax (°C)	1.7	1.7	1.4	2	1.9	3.4	3.2	2.6	4.1	3.6	



Interreg



UNIONE EUROPEA

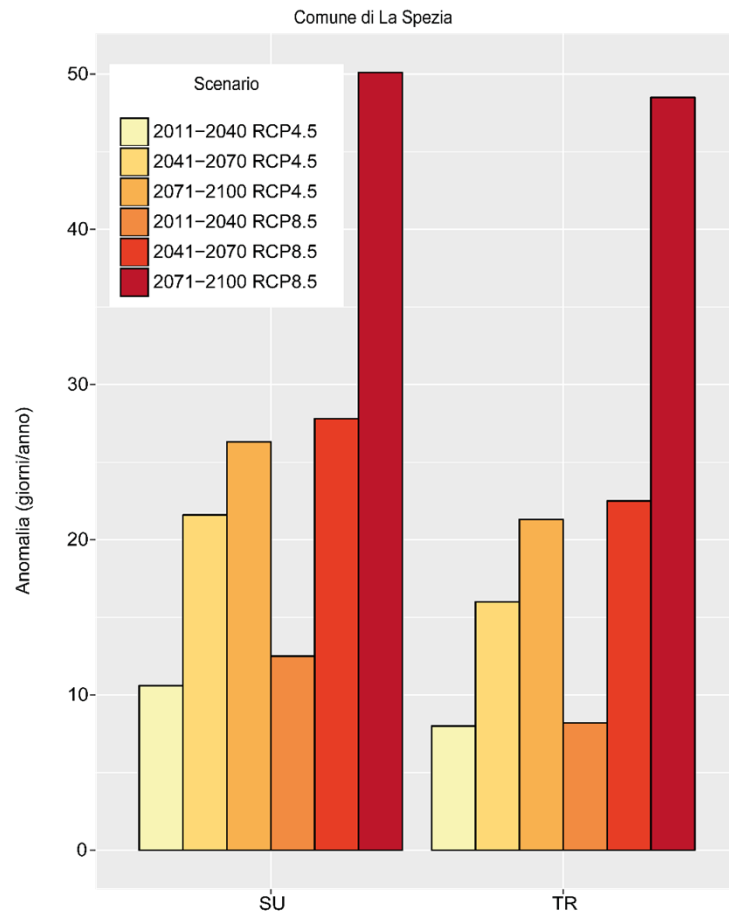
MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



ANALISI ANOMALIE MEDIE INDICATORI TEMPERATURA

Anomalie indicatori temperatura rispetto al periodo 1981-2010



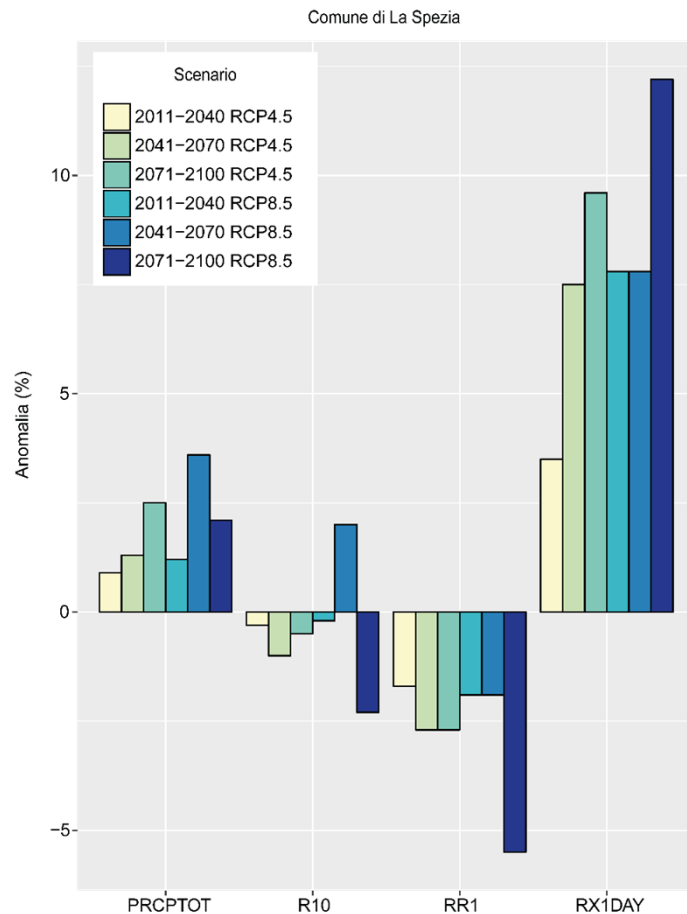
SU (Summer days): numero di giorni all'anno con temperatura massima giornaliera maggiore di 25°C

TR (Tropical nights): numero di giorni all'anno con temperatura minima maggiore di 20°C



ANALISI ANOMALIE MEDIE INDICATORI PIOGGIA ANNUA

Anomalie indicatori pioggia annua rispetto al periodo 1981-2010



PRCPTOT: cumulata della precipitazione annuale per i giorni con precipitazione maggiore o uguale ad 1 mm

R10: numero di giorni all'anno con precipitazione maggiore di 10 mm

RR1: numero di giorni all'anno con pioggia maggiore o uguale ad 1 millimetro

RX1DAY: massimo valore di precipitazione su 24 ore su scala annuale



Interreg



UNIONE EUROPEA

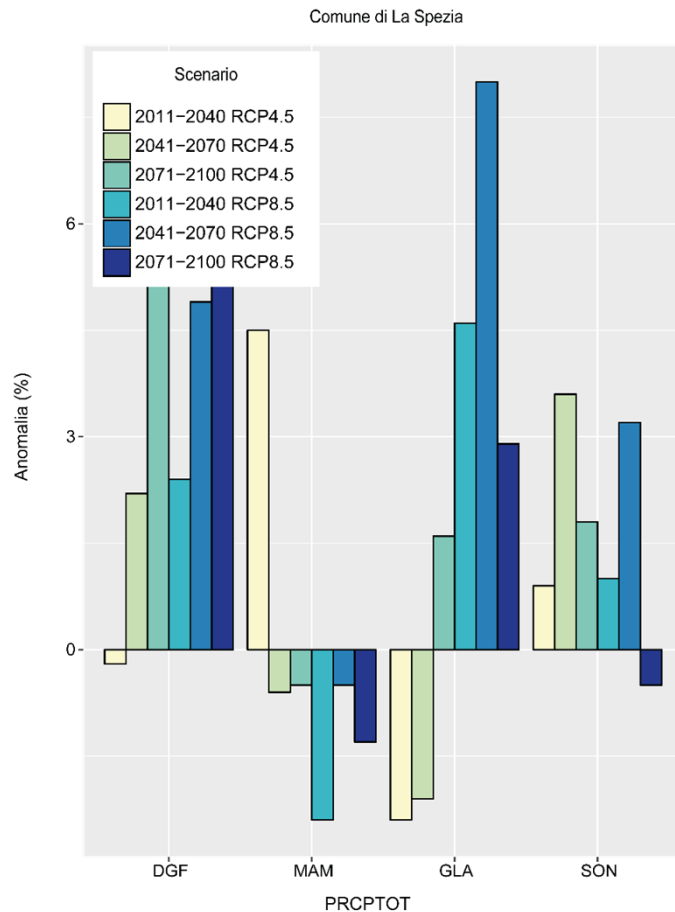
MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



ANALISI ANOMALIE MEDIE PIOGGIA STAGIONALE

Anomalie medie pioggia stagionale rispetto al periodo 1981-2010



PRCPTOT DJF: cumulata della precipitazione dei mesi invernali

PRCPTOT MAM: cumulata della precipitazione dei mesi primaverili

PRCPTOT JJA: cumulata della precipitazione dei mesi estivi

PRCPTOT SON: cumulata della precipitazione dei mesi autunnali



Interreg



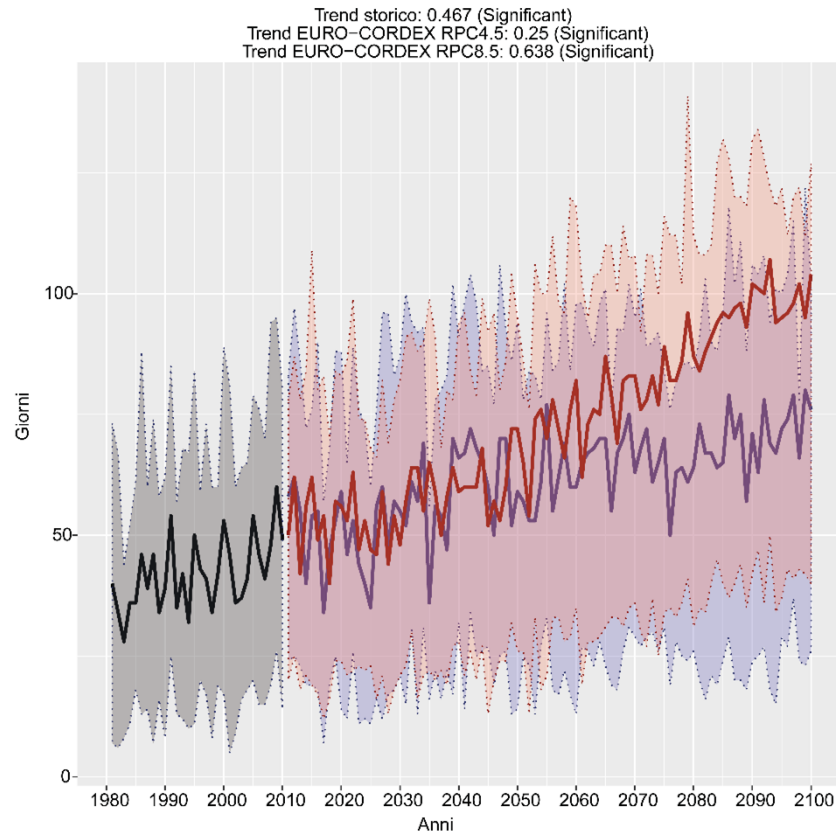
MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



ANALISI TREND INDICATORE SU

Analisi dei trend dei valori annuali dell'indicatore SU



SU (Summer days): numero di giorni all'anno con temperatura massima giornaliera maggiore di 25°C

- ensmean CORDEX historical
- CORDEX historical: 5° - 95° percentile
- ensmean CORDEX rcp45
- CORDEX rcp45: 5° - 95° percentile
- ensmean CORDEX rcp85
- CORDEX rcp85: 5° - 95° percentile

Numero medio di modelli nella fascia di incertezza

STORICO	RCP4.5	RCP8.5
8/11	8/11	8/11



Interreg



UNIONE EUROPEA

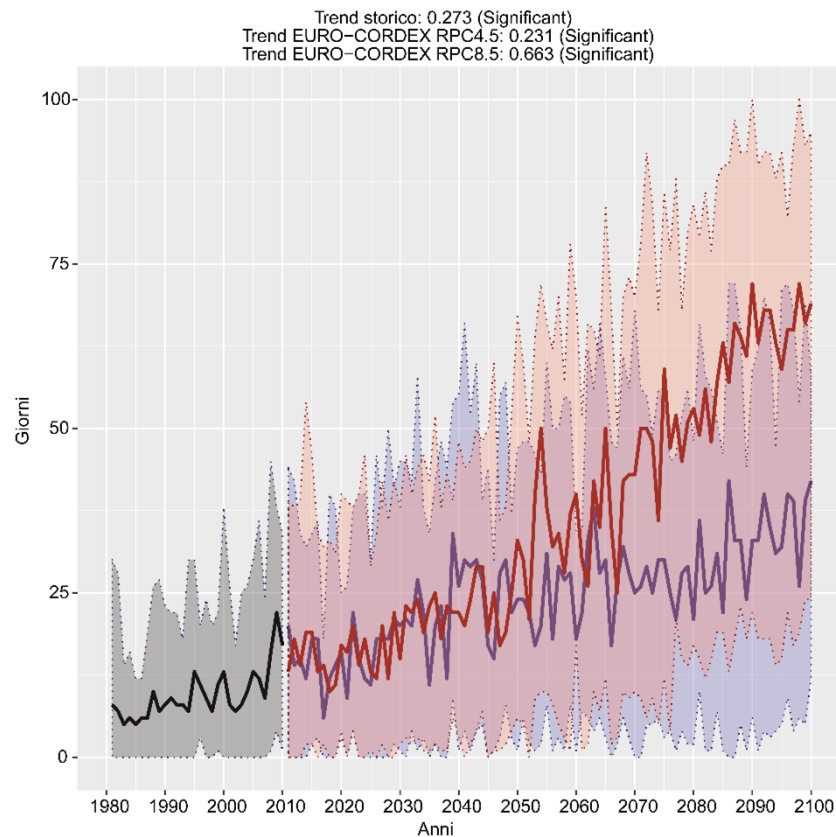
MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



ANALISI TREND INDICATORE TR

Analisi dei trend dei valori annuali dell'indicatore TR



TR (Tropical nights): numero di giorni all' anno con temperatura minima maggiore di 20°C

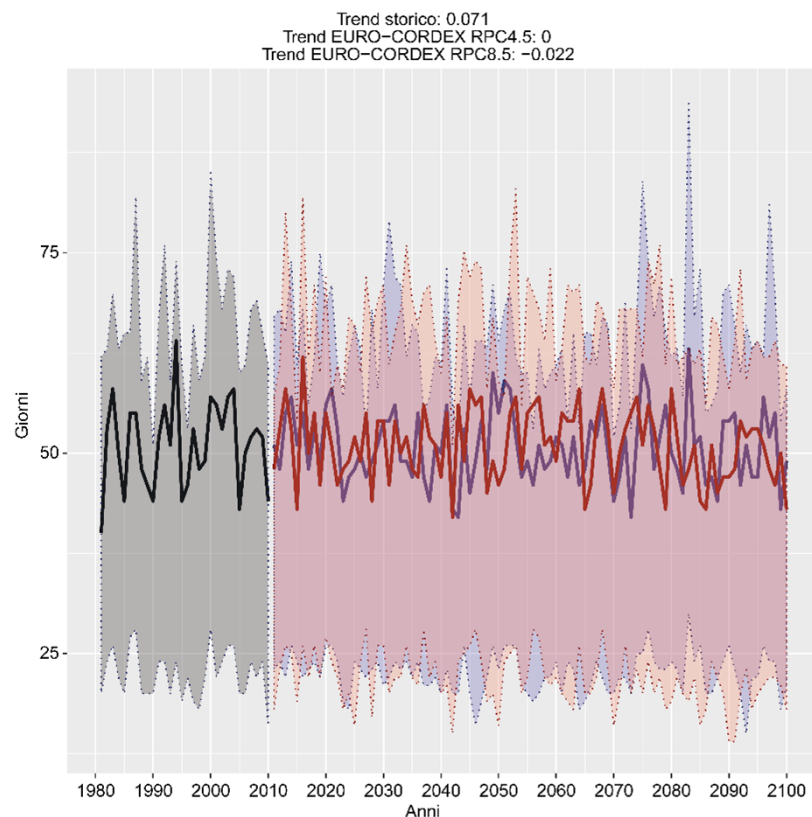
- ensmean CORDEX historical
- CORDEX historical: 5° - 95° percentile
- ensmean CORDEX rcp45
- CORDEX rcp45: 5° - 95° percentile
- ensmean CORDEX rcp85
- CORDEX rcp85: 5° - 95° percentile

Numero medio di modelli nella fascia di incertezza

STORICO	RCP4.5	RCP8.5
8/11	8/11	8/11

ANALISI TREND INDICATORE R10

Analisi dei trend dei valori annuali dell'indicatore R10



R10: numero di giorni all'anno con precipitazione maggiore di 10 mm

- ensmean CORDEX historical
- CORDEX historical: 5° - 95° percentile
- ensmean CORDEX rcp45
- CORDEX rcp45: 5° - 95° percentile
- ensmean CORDEX rcp85
- CORDEX rcp85: 5° - 95° percentile

	STORICO	RCP4.5	RCP8.5
Numero medio di modelli nella fascia di incertezza	9/11	9/11	9/11



Interreg



UNIONE EUROPEA

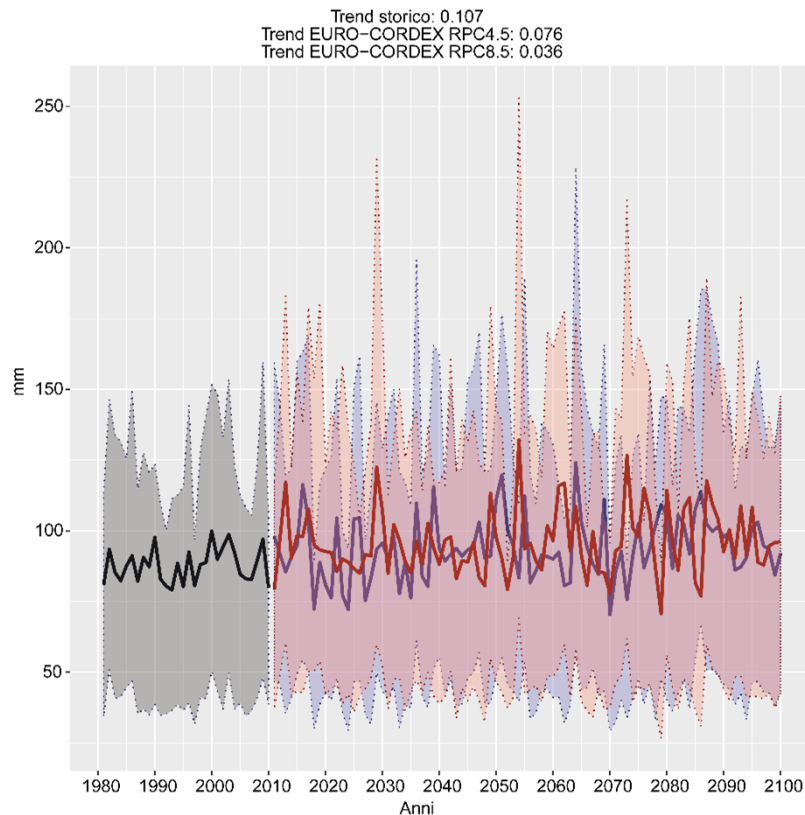
MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



ANALISI TREND INDICATORE RX1DAY

Analisi dei trend dei valori annuali dell'indicatore RX1DAY



RX1DAY: massimo valore di precipitazione su 24 ore su scala annuale

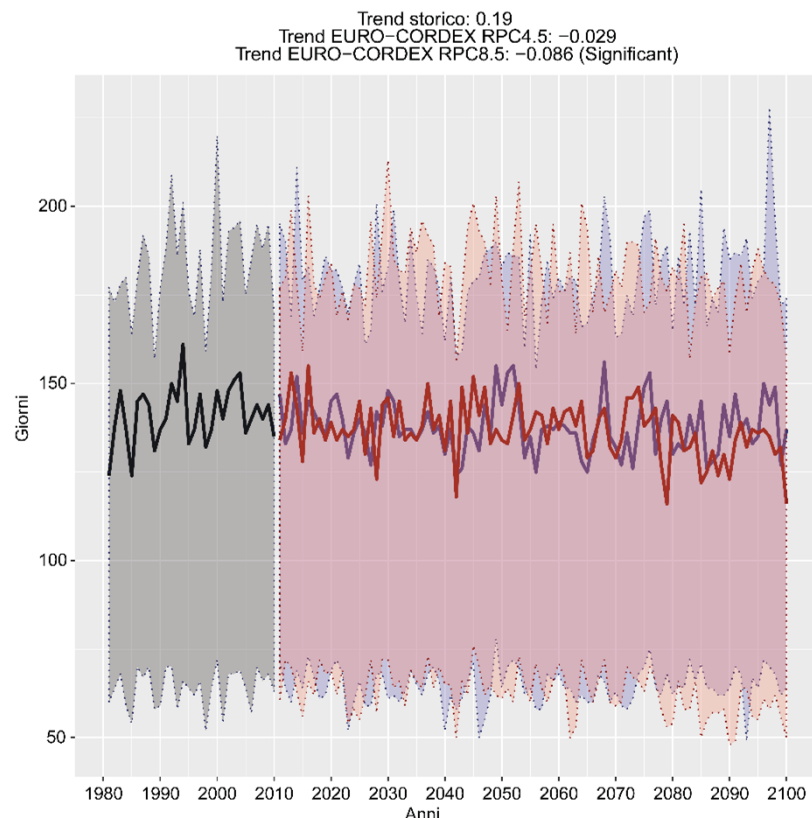
- ensmean CORDEX historical
- CORDEX historical: 5° - 95° percentile
- ensmean CORDEX rcp45
- CORDEX rcp45: 5° - 95° percentile
- ensmean CORDEX rcp85
- CORDEX rcp85: 5° - 95° percentile

Numero medio di modelli nella fascia di incertezza

STORICO	RCP4.5	RCP8.5
9/11	9/11	9/11

ANALISI TREND INDICATORE RR1

Analisi dei trend dei valori annuali dell'indicatore RR1



RR1: numero di giorni all'anno con pioggia maggiore o uguale ad 1 millimetro

- ensmean CORDEX historical
- CORDEX historical: 5° - 95° percentile
- ensmean CORDEX rcp45
- CORDEX rcp45: 5° - 95° percentile
- ensmean CORDEX rcp85
- CORDEX rcp85: 5° - 95° percentile

	STORICO	RCP4.5	RCP8.5
Numero medio di modelli nella fascia di incertezza	9/11	9/11	9/11



Interreg



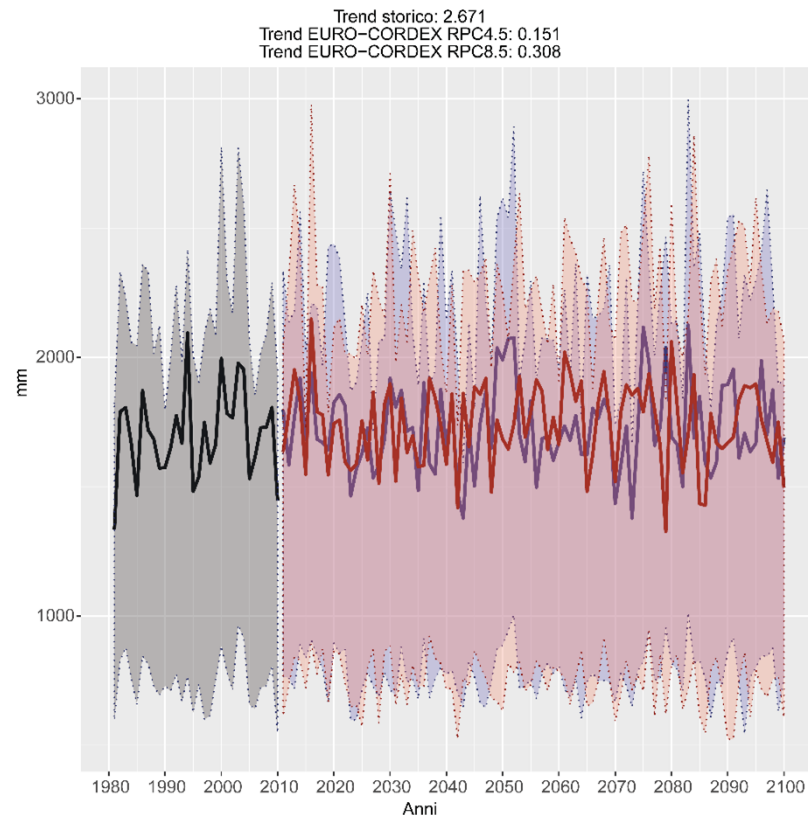
MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



ANALISI TREND INDICATORE PRCPTOT

Analisi dei trend dei valori annuali dell'indicatore PRCPTOT



PRCPTOT: cumulata della precipitazione annuale per i giorni con precipitazione maggiore o uguale ad 1 mm

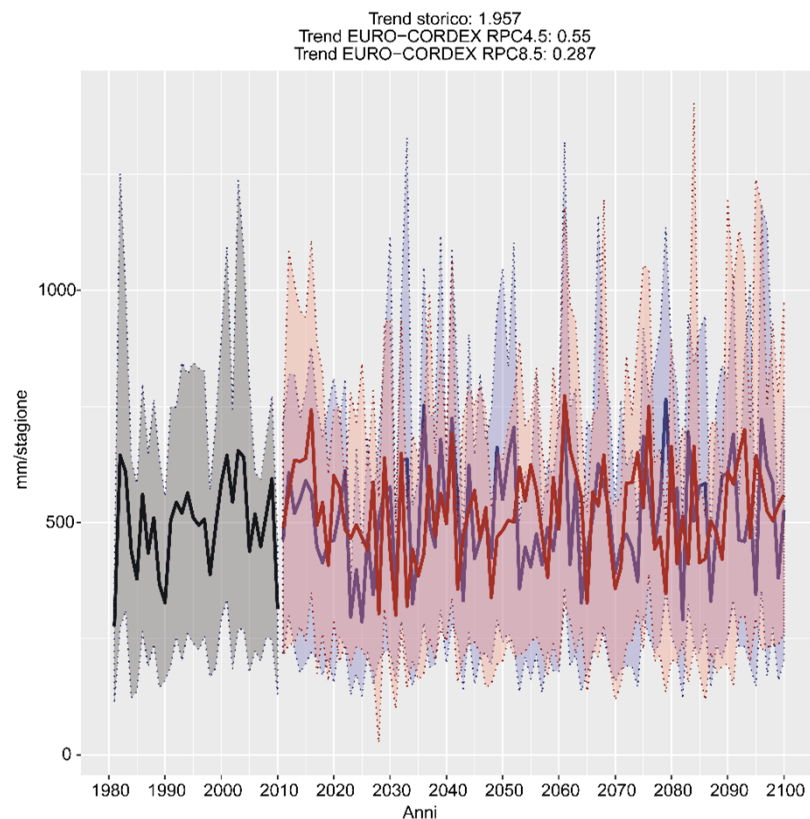
- ensmean CORDEX historical
- CORDEX historical: 5° - 95° percentile
- ensmean CORDEX rcp45
- CORDEX rcp45: 5° - 95° percentile
- ensmean CORDEX rcp85
- CORDEX rcp85: 5° - 95° percentile

Numero medio di modelli nella fascia di incertezza

STORICO	RCP4.5	RCP8.5
9/11	9/11	9/11

ANALISI TREND INDICATORE PRCPTOT DJF

Analisi dei trend dei valori annuali dell'indicatore PRCPTOT DJF



PRCPTOT DJF: cumulata della precipitazione dei mesi invernali (dicembre, gennaio, febbraio) per i giorni con precipitazione maggiore o uguale ad 1 mm

- ensmean CORDEX historical
- CORDEX historical: 5° - 95° percentile
- ensmean CORDEX rcp45
- CORDEX rcp45: 5° - 95° percentile
- ensmean CORDEX rcp85
- CORDEX rcp85: 5° - 95° percentile

	STORICO	RCP4.5	RCP8.5
Numero medio di modelli nella fascia di incertezza	9/11	9/11	9/11



Interreg



UNIONE EUROPEA

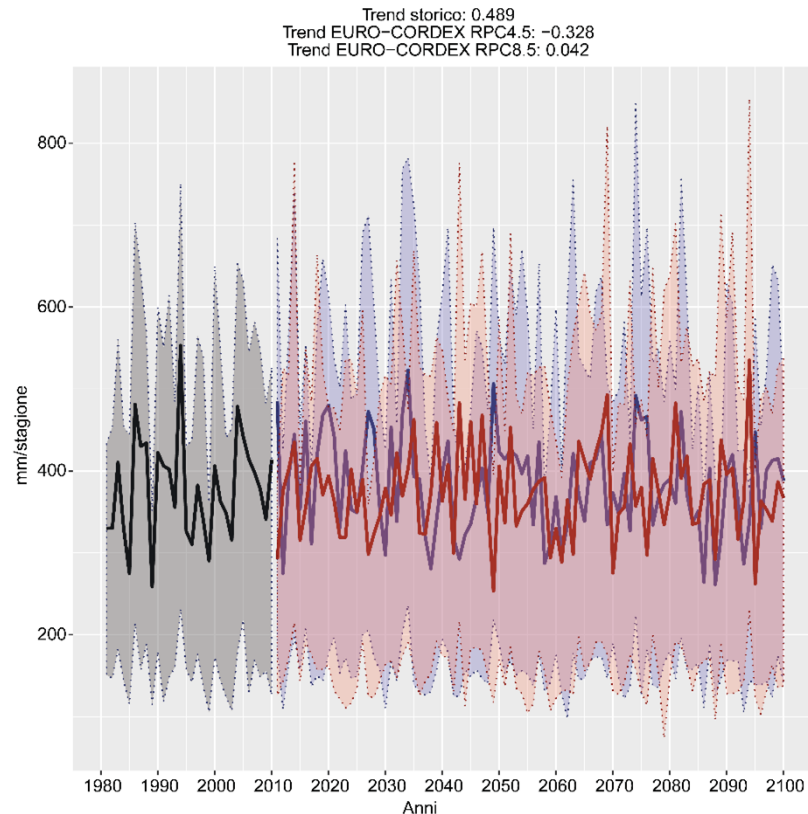
MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



ANALISI TREND INDICATORE PRCPTOT MAM

Analisi dei trend dei valori annuali dell'indicatore PRCPTOT MAM



PRCPTOT MAM: cumulata della precipitazione dei mesi primaverili (marzo, aprile, maggio) per i giorni con precipitazione maggiore o uguale ad 1 mm

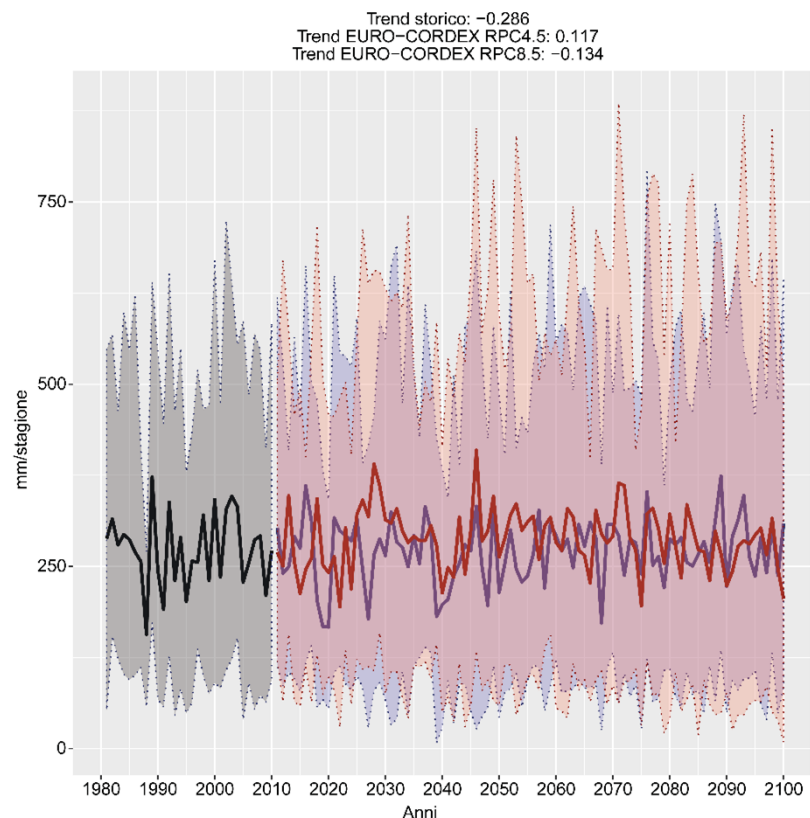
- ensmean CORDEX historical
- CORDEX historical: 5° - 95° percentile
- ensmean CORDEX rcp45
- CORDEX rcp45: 5° - 95° percentile
- ensmean CORDEX rcp85
- CORDEX rcp85: 5° - 95° percentile

Numero medio di modelli nella fascia di incertezza

STORICO	RCP4.5	RCP8.5
9/11	9/11	9/11

ANALISI TREND INDICATORE PRCPTOT JJA

Analisi dei trend dei valori annuali dell'indicatore PRCPTOT JJA



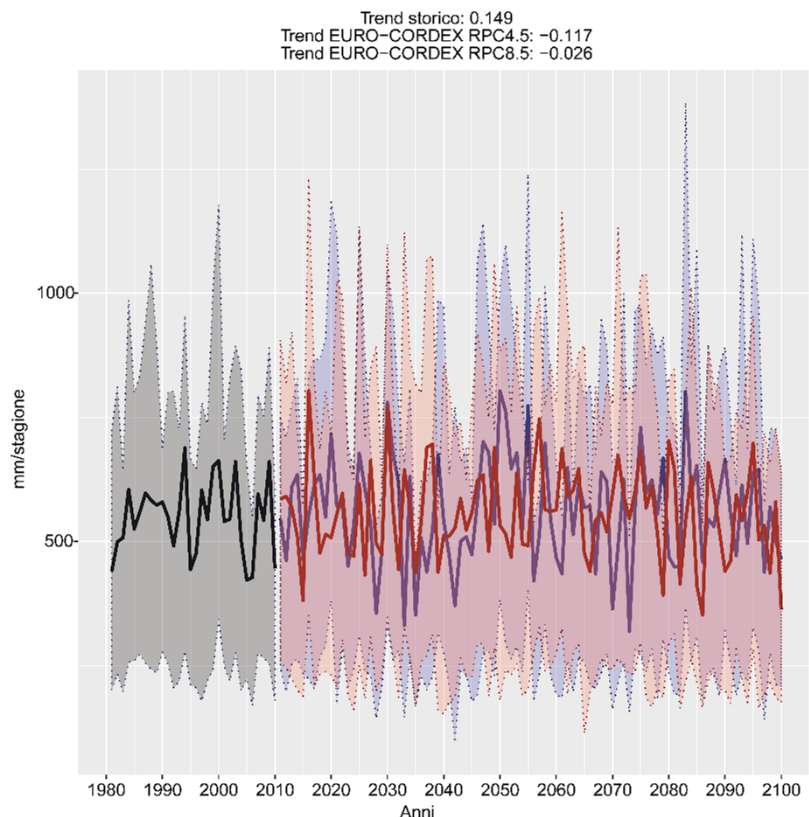
PRCPTOT JJA: cumulata della precipitazione dei mesi estivi (giugno, luglio, agosto) per i giorni con precipitazione maggiore o uguale ad 1 mm

- ensmean CORDEX historical
- █ CORDEX historical: 5° - 95° percentile
- ensmean CORDEX rcp45
- █ CORDEX rcp45: 5° - 95° percentile
- ensmean CORDEX rcp85
- █ CORDEX rcp85: 5° - 95° percentile

	STORICO	RCP4.5	RCP8.5
Numero medio di modelli nella fascia di incertezza	9/11	9/11	9/11

ANALISI TREND INDICATORE PRCPTOT SON

Analisi dei trend dei valori annuali dell'indicatore PRCPTOT SON



PRCPTOT SON: cumulata della precipitazione dei mesi autunnali (settembre, ottobre, novembre) per i giorni con precipitazione maggiore o uguale ad 1 mm

- ensmean CORDEX historical
- CORDEX historical: 5° - 95° percentile
- ensmean CORDEX rcp45
- CORDEX rcp45: 5° - 95° percentile
- ensmean CORDEX rcp85
- CORDEX rcp85: 5° - 95° percentile

STORICO	RCP4.5	RCP8.5
9/11	9/11	9/11

Numero medio di modelli nella fascia di incertezza

SINTESI DEI TREND DEI DIVERSI INDICATORI

Tabella di sintesi dei trend degli indicatori e della relativa significatività

Indice	Historical	RCP4.5	RCP8.5
SU	0.467 (Signif)	0.25 (Signif)	0.638 (Signif)
TR	0.273 (Signif)	0.231 (Signif)	0.663 (Signif)
R10	0.071	0.000	-0.022
RX1DAY	0.107	0.076	0.036
RR1	0.190	-0.029	-0.086 (Signif)
PRCTOT	2.671	0.151	0.308

CONCLUSIONI (1/3)

Sintesi delle principali conclusioni del profilo climatico locale

- Aumento significativo delle temperature con intensità crescente sul lungo periodo (maggiore per lo scenario RCP8.5) fino a circa 4°C in estate nel periodo di lungo termine (2071-2100).**
- Tendenza all'aumento delle precipitazioni annuali e stagionali, nei periodi di breve (2011-2040), medio (2041-2071) e lungo termine (2071-2100) con alcune eccezioni.**

CONCLUSIONI (2/3)

Sintesi delle principali conclusioni del profilo climatico locale

- Diminuzione precipitazioni estive nel periodo di breve (2011-2040) e medio (2014-2070) termine per lo scenario RCP4.5.
- Tendenza alla diminuzione delle precipitazioni per la stagione primaverile nel periodo a medio e lungo termine per lo scenario RCP4.5. Per lo scenario RCP8.5 diminuzione delle precipitazioni primaverili a breve (2011-2040), medio (2014-2070) e a lungo termine (2071-2100) e una diminuzione di quelle autunnali a lungo termine.

CONCLUSIONI (3/3)

Sintesi delle principali conclusioni del profilo climatico locale

- In termini di estremi è atteso un aumento significativo del numero di giorni all'anno con temperature massime maggiori di 25 °C (SU) e del numero di giorni con temperatura minima maggiore di 20 °C (TR).
- In termini di precipitazione si evince una lieve diminuzione statisticamente significativa del numero di giorni con precipitazione maggiore o uguale a 1 mm (indicatore RR1) per lo scenario RCP8.5.

Grazie per l'attenzione Merci pour l'attention



www.interreg-maritime.eu/adapt