

***Il clima che cambia ed
avversità meteorologiche:
la parola ai dati***

AGENDA

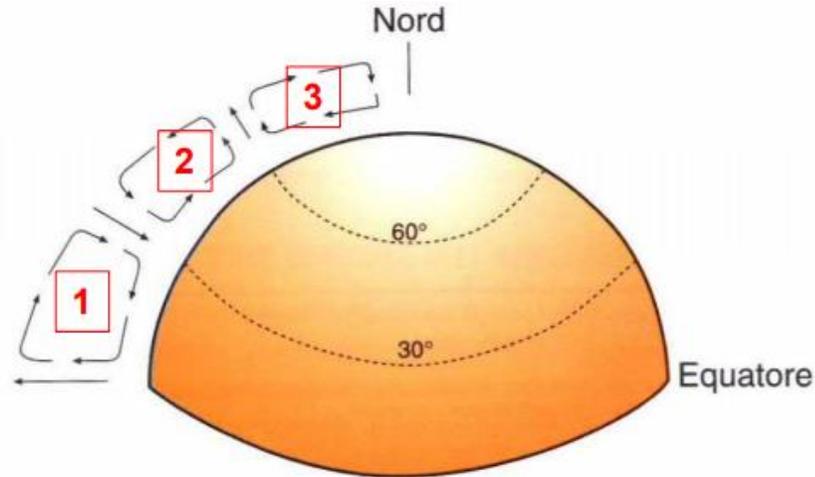
- Intro : Il Clima e il Meteo, due concetti differenti....
- La circolazione atmosferica
- Monitoraggio meteorologico a terra e da satellite
- L'effetto Urban Heat Island
- Cosa dicono i dati meteorologici ? overview a scala mondiale, europea e nazionale
- Il concetto di tempo di ritorno degli eventi estremi e vulnerabilità dei comparti Socio-Economici e Naturali : focus sull'agricoltura

IL CLIMA E IL METEO

Cosa sono la Meteorologia e la Climatologia? La meteorologia e la climatologia si occupano dei fenomeni che avvengono in atmosfera e delle interazioni che quest'ultima ha con il suolo e il mare.

Quello che le differenzia sono le scale di tempo: la meteorologia lavora su scale temporali relativamente brevi (dall'ora alla stagione), per le quali studia, monitorizza, analizza e prevede i fenomeni che avvengono in un dato tempo e luogo. La climatologia lavora invece su scale temporali più lunghe (tipicamente trent'anni), per le quali valuta l'insieme delle condizioni meteorologiche medie di un territorio, studia i processi dinamici che le modificano e cerca di stimare l'entità di tali modifiche.

LA CIRCOLAZIONE ATMOSFERICA A 3 CELLE



(1) Cella di Hadley

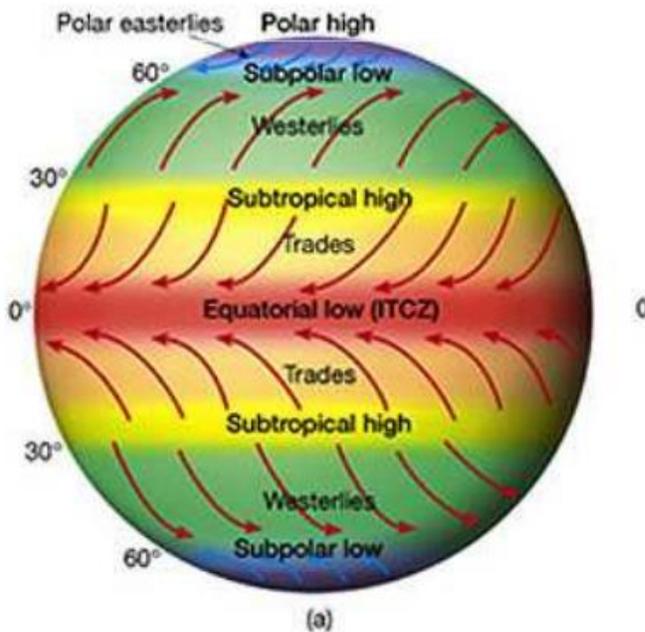
- guidata dal gradiente termico meridionale (circolazione di tipo termico)
- l'aria sale all'equatore e scende attorno ai 30°
- responsabile di deserti, trade winds (Alisei), ITCZ

(2) Cella di Ferrel

- tra i 30-60° è max il gradiente di temperatura, ma non si instaura una circolazione di tipo termico
- aria sale attorno ai 60°, sopra alla regione fredda e scende attorno ai 30°
- spiega le correnti da ovest (*westerlies*) alle medie latitudini

(3) Cella polare

- circolazione molto debole di tipo termico



LA CIRCOLAZIONE ATMOSFERICA A 3 CELLE

Il modello a 3 celle è in grado di spiegare diverse caratteristiche della circolazione generale osservata

-ITCZ

-anticicloni sub-tropicali

-il generale andamento dei venti:

(i) westerlies alle medie latitudini molto variabili

(ii) Alisei orientali persistenti all'equatore

(iii) venti orientali ai poli

-bassa pressione all'equatore

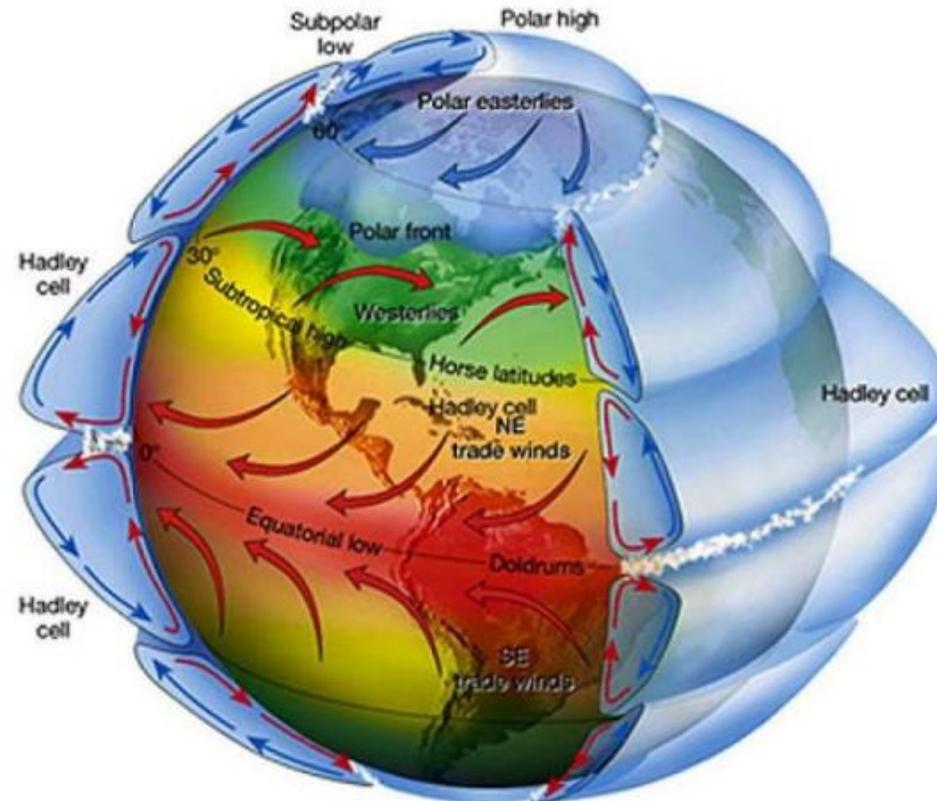
-alta pressione ai poli

-alta pressione sub-tropicale

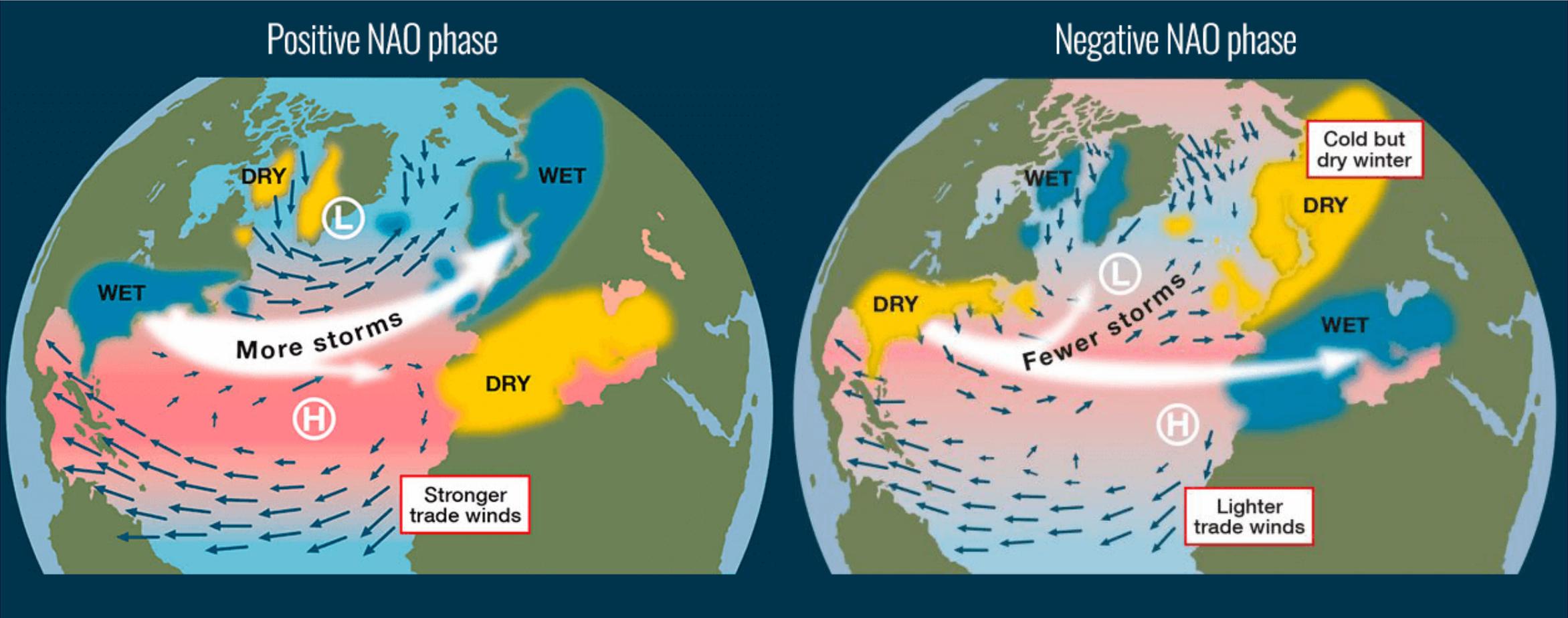
-basse pressioni tra 30-60°

Cosa manca?

La presenza dei continenti che si scaldano/raffreddano rapidamente, delle montagne, dei ghiacci, altera la circolazione generale teorica del modello a 3 celle, soprattutto nell'emisfero nord

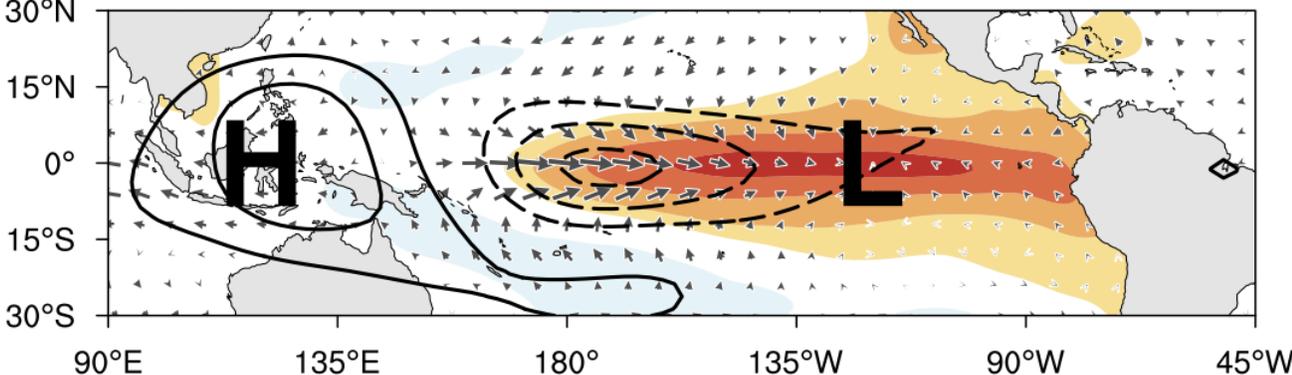


North Atlantic Oscillation

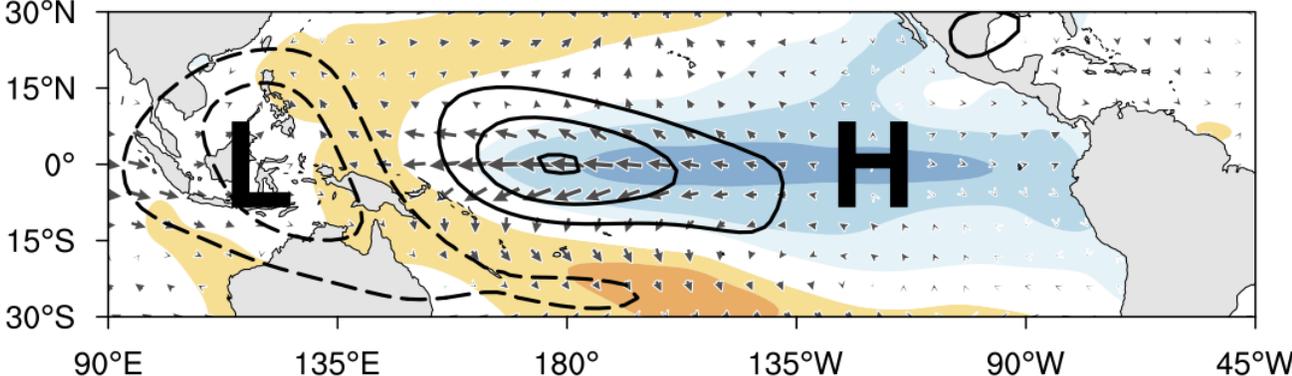


El Niño e La Niña

(a) El Niño



(b) La Niña



Sea Surface Temperature Anomaly



I TIPI DI TEMPO IN ITALIA

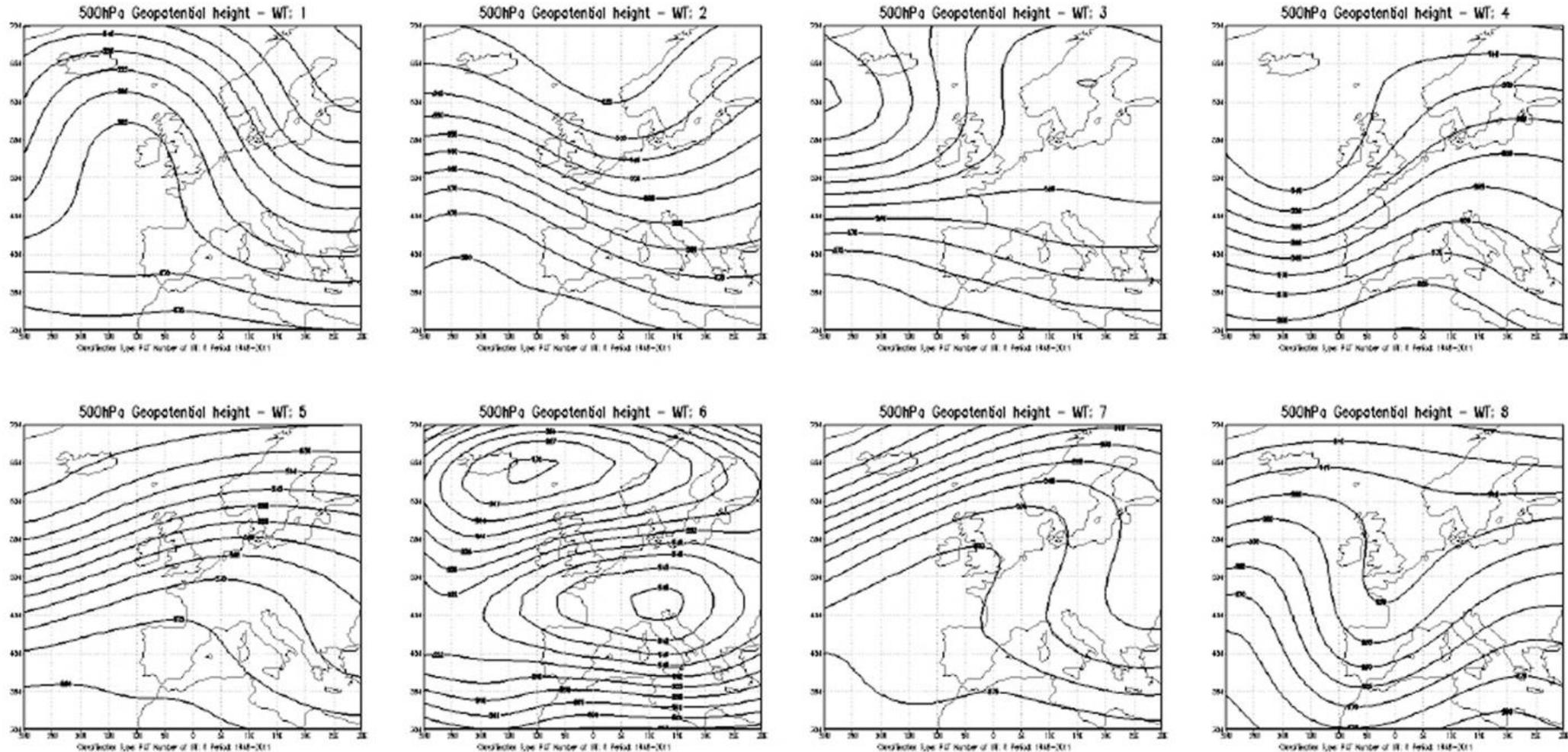


Fig 1. 500hPa geopotential height for each weather types (WT) classified by LAMMA-IBIMET for the period 1948–2011.

I TIPI DI TEMPO IN ITALIA

Table 1. The most common Weather Types (WT) in Europe and prevailing circulation in Italy.

WT number	Characteristics of circulation
1	Marked northward expansion of the Azores anticyclone with blocked anticyclonic circulation over the North Atlantic and northerly winds over Italy
2	Moderate northward expansion of the Azores anticyclone with cyclonic circulation over south Scandinavia and north-westerly winds over Italy
3	Marked cyclonic circulation over Iceland with anticyclonic circulation over northern central Europe accompanied with increased precipitation over Italy, generated by intermittent Atlantic perturbations
4	Cyclonic circulation over the North Atlantic and cyclonic circulation over west Mediterranean Europe and central Mediterranean Europe with decreased precipitations over central Mediterranean Europe
5	Cyclonic circulation over the north-west Atlantic with marked anticyclonic circulation over west Mediterranean Europe and central Mediterranean Europe, inducing warm and dry conditions over Italy
6	Anticyclonic circulation over Iceland and cyclonic circulation over central Europe, with higher precipitation over Tuscany by intrusions of arctic and polar continental air
7	South westerly flow over the North Atlantic with ridging over the British Isles towards Scandinavia, with easterly wind over central Mediterranean Europe resulting in very cold dry conditions
8	Cyclonic circulation over west Europe with a ridge over the eastern Mediterranean

MONITORAGGIO DELLE VARIABILI ATMOSFERICHE



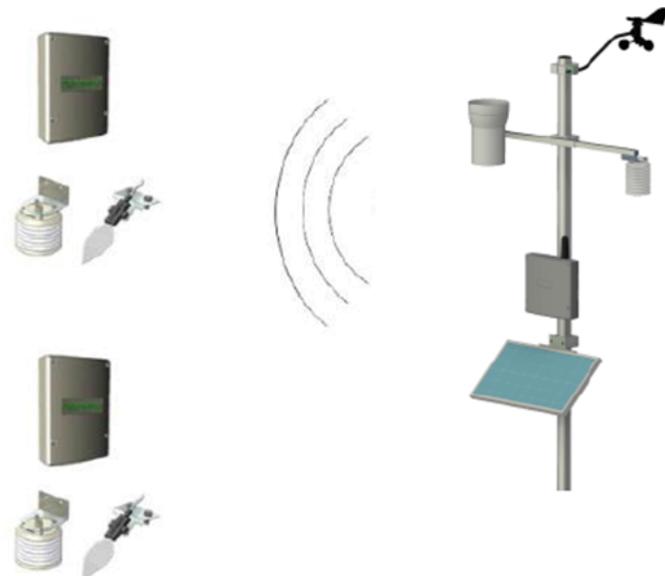


Esempi di Stazioni meteo ad uso agrometeorologico



Esempio Weather Station 1

- Sensori: velocità del vento, bagnatura fogliare, pluviometro, temperatura dell'aria e umidità relativa
- Connettività: 2G, 3G, 4G (LTE classe 1, LTE classe M)
- Intervallo di misurazione: 5 minuti (per impostazione predefinita)
- Intervallo di registrazione: 10-120 min (selezionabile dall'utente)
- Frequenza di trasmissione: selezionabile dall'utente
- Alimentato da batteria 4,5 Ah e pannello solare



Esempio Weather Station con unità periferiche

- Sensori : (velocità del vento, pluviometro, temperatura e umidità relativa, pressione atmosferica)
- Connettività: modem 2G e ricevitore wireless IoT
- Alimentazione: pannello solare 20 W e batteria 44 Ah
- Sensori wireless: 2 unità IoT wireless, con batteria, temperatura aria, umidità relativa e bagnatura fogliare (double face)
- Trasmissione dati a intervalli: regolabile da 5 secondi a 60 minuti per ogni canale

METEOSAT

- Dal 2004 EUMETSAT, Agenzia Europea per il Monitoraggio Meteorologico e Climatologico dallo Spazio, ha messo in operatività i due satelliti Meteosat 8 e Meteosat 9; sono satelliti geostazionari la cui orbita è situata sul piano equatoriale terrestre a 36.000 chilometri dalla Terra. A questa distanza la sua velocità di rotazione è la stessa di quella terrestre (24 ore), perciò si trova costantemente sulla verticale di uno stesso punto sopra il Golfo di Guinea a longitudine 0° e latitudine 0° (latitudine 9.5°).
- Ogni 15 minuti il satellite acquisisce un'immagine in multifrequenza del disco terrestre.
- Il sensore SEVIRI raccoglie immagini in 12 differenti canali, che si possono raccogliere in 3 categorie:
 - Visibile
 - Infrarosso
 - Vapore acqueo



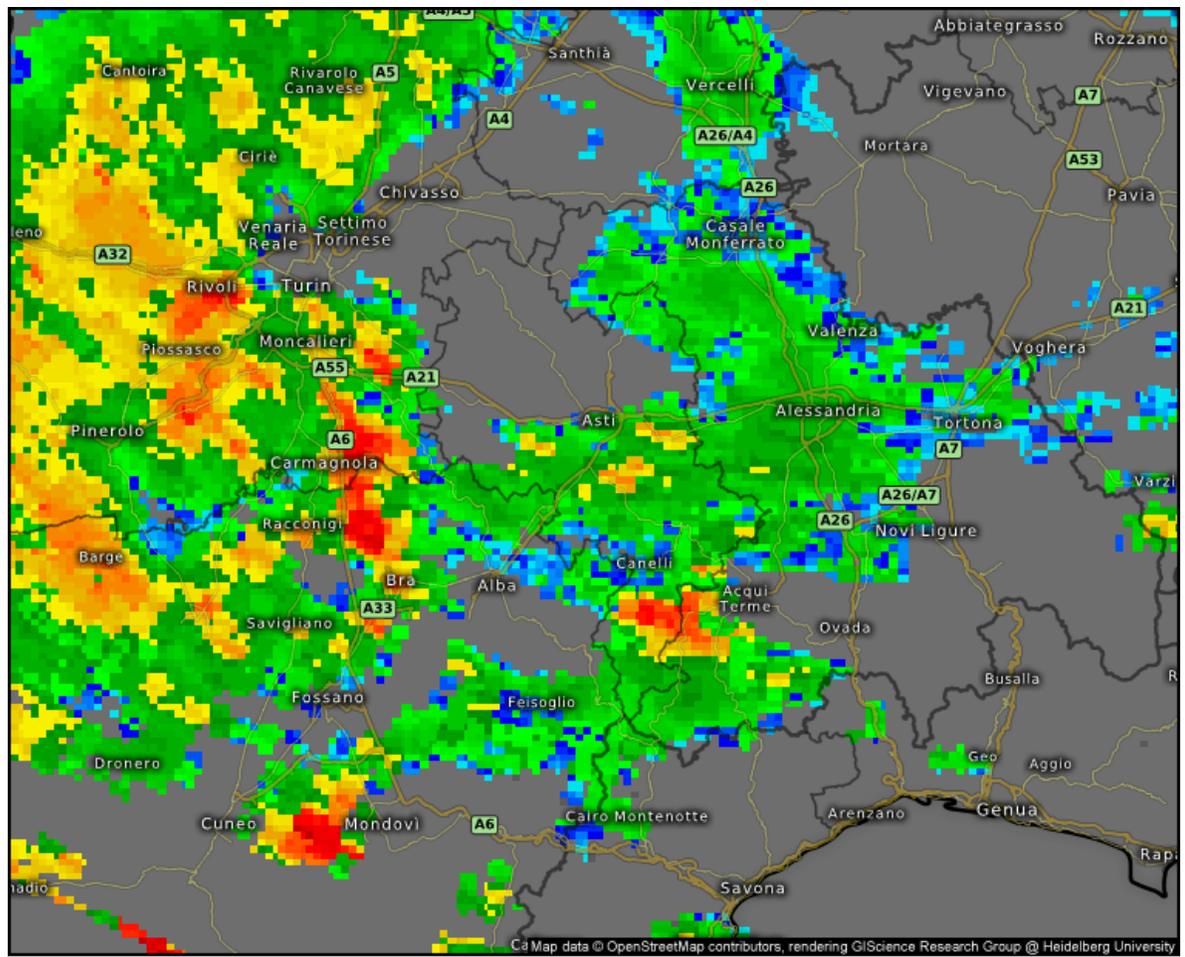
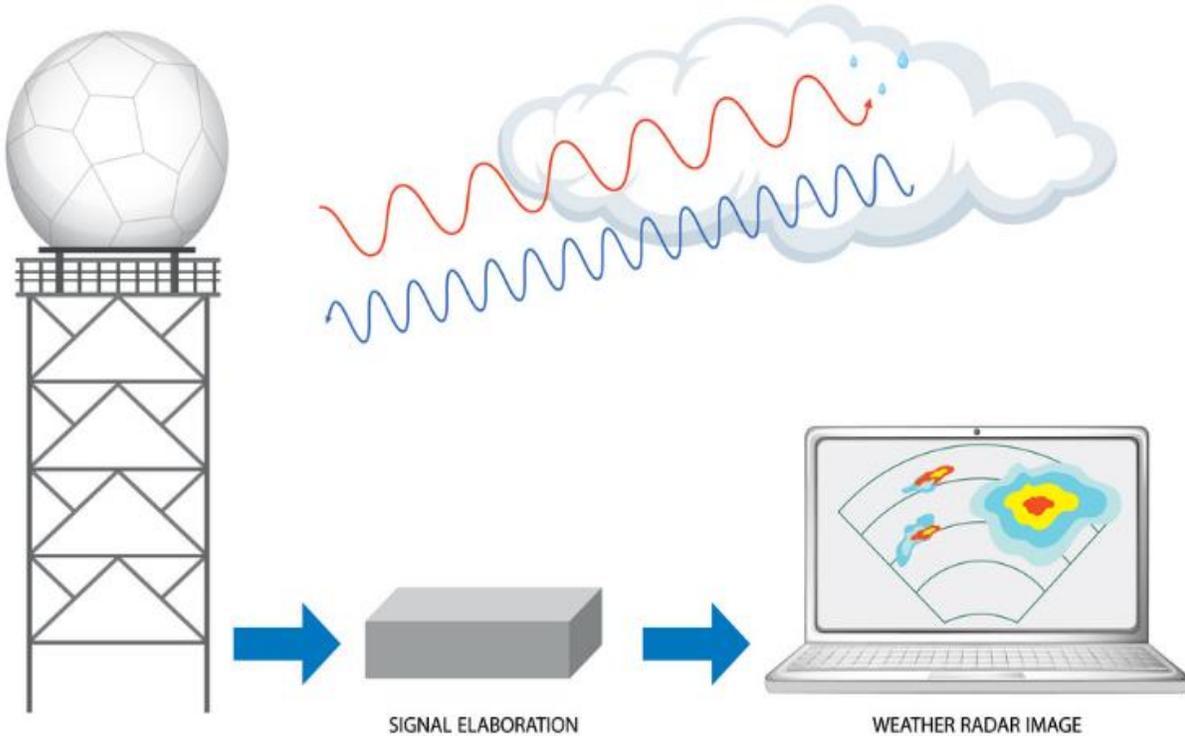
I RADAR METEOROLOGICI

Il radar meteorologico emette onde elettromagnetiche ad alta potenza in un raggio concentrato, che rimbalza sulle gocce di pioggia e ritorna come echi radar, così i meteorologi possono determinare l'intensità e la posizione delle precipitazioni.

I radar meteorologici operano nello spettro delle microonde e vengono distinti a seconda della banda di frequenze in cui lavorano: S-band (da 2 a 4 GHz), C-band (da 4 a 8 GHz) e X-band (da 8 a 12 GHz). Tipicamente, i sistemi radar funzionano nella banda C, offrendo buone capacità di osservazione fino a circa 200 km. Alcuni utilizzano anche la banda X per sistemi più portatili con copertura affidabile fino a 80 km.

I sistemi radar forniscono informazioni equivalenti a migliaia di pluviometri con una risoluzione di 1 km, migliorando la gestione delle acque e aiutando nello studio dei modelli meteorologici. In sintesi, i sistemi radar meteorologici svolgono un ruolo fondamentale nella comprensione e nella previsione dei fenomeni meteorologici, contribuendo a migliorare le previsioni meteorologiche a breve termine.

I RADAR METEOROLOGICI



Asti

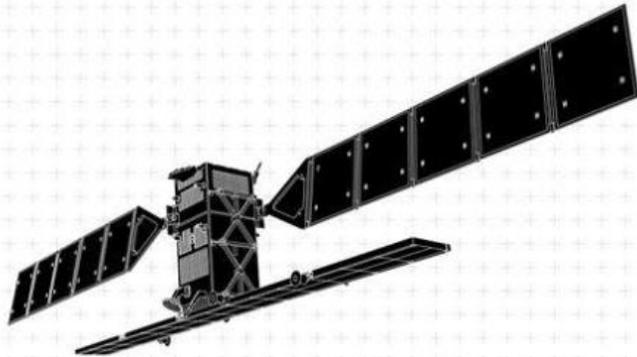
Missione ESA Copernicus

SENTINEL-1



• **All-weather, day-and-night radar imaging satellite for land and ocean services**

- Able to "see" through clouds and rain
- Data delivery within 1 hour of acquisition
- Airbus Defence and Space developed C-band radar instrument

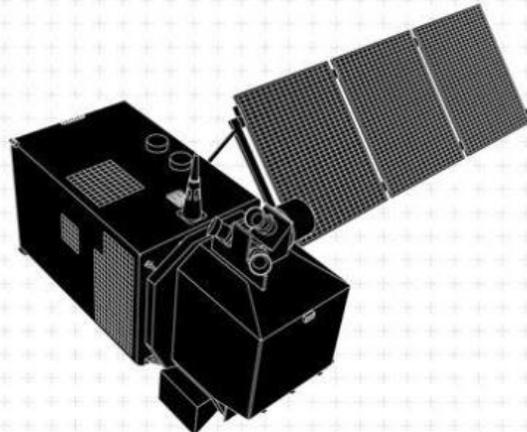


SENTINEL-2



• **Medium Res Multispectral optical satellite for observation of land, vegetation and water**

- 13 spectral bands with 10, 20 or 60m resolution and 290km swath width
- Global coverage of the Earth's land surface every 5 days
- Airbus Defence and Space prime contractor for satellites and instruments

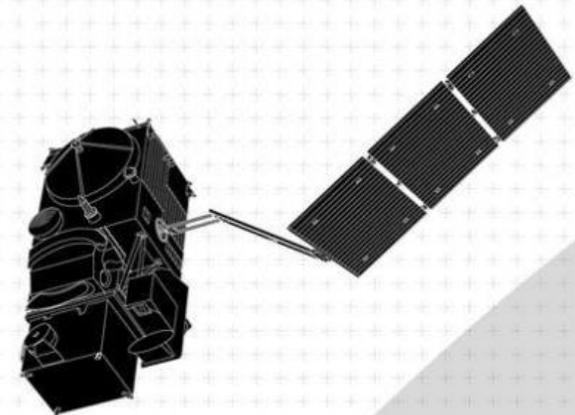


SENTINEL-3



• **Measures sea-surface topography with a resolution of 300 m, sea and land surface temperature and colour with a resolution of 1 km**

- Measures water vapour, cloud water content and thermal radiation emitted by the Earth
- Determines global sea surface temperatures with an accuracy greater than 0.3 K
- Airbus Defence and Space supplies Microwave Radiometer



Missione ESA Copernicus

SENTINEL-5P



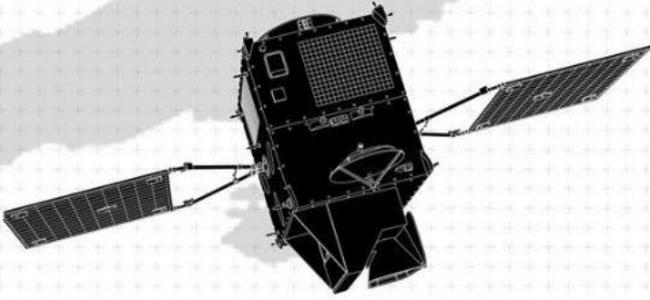
- Global observation of key atmospheric constituents, including ozone, nitrogen dioxide, sulphur dioxide and other environmental pollutants
- Improves climate models and weather forecasts
- Provides data continuously during five-year gap between the retirement of Envisat and the launch of Sentinel-5
- Airbus Defence and Space prime contractor for satellite and TROPOMI instrument



SENTINEL-4



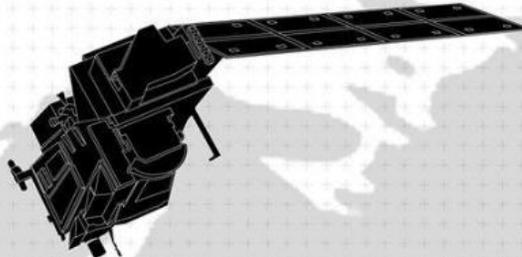
- Provides hourly updates on air quality with data on atmospheric aerosol and traces gas concentrations
- Spatial sampling is 8 km and spectral resolution between 0.12 nm and 0.5 nm
- Airbus Defence and Space prime contractor for spectrometer
- Carried aboard EUMETSAT's Meteosat Third Generation (MTG) satellites



SENTINEL-5



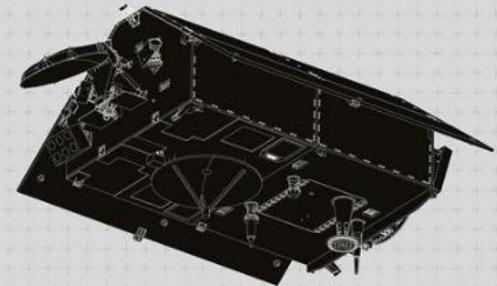
- Measures air quality and solar radiation, monitors stratospheric ozone and the climate
- Global coverage of Earth's atmosphere with an unprecedented spatial resolution
- Airbus Defence and Space prime contractor for instrument
- Carried aboard EUMETSAT's MetOp Second Generation satellites



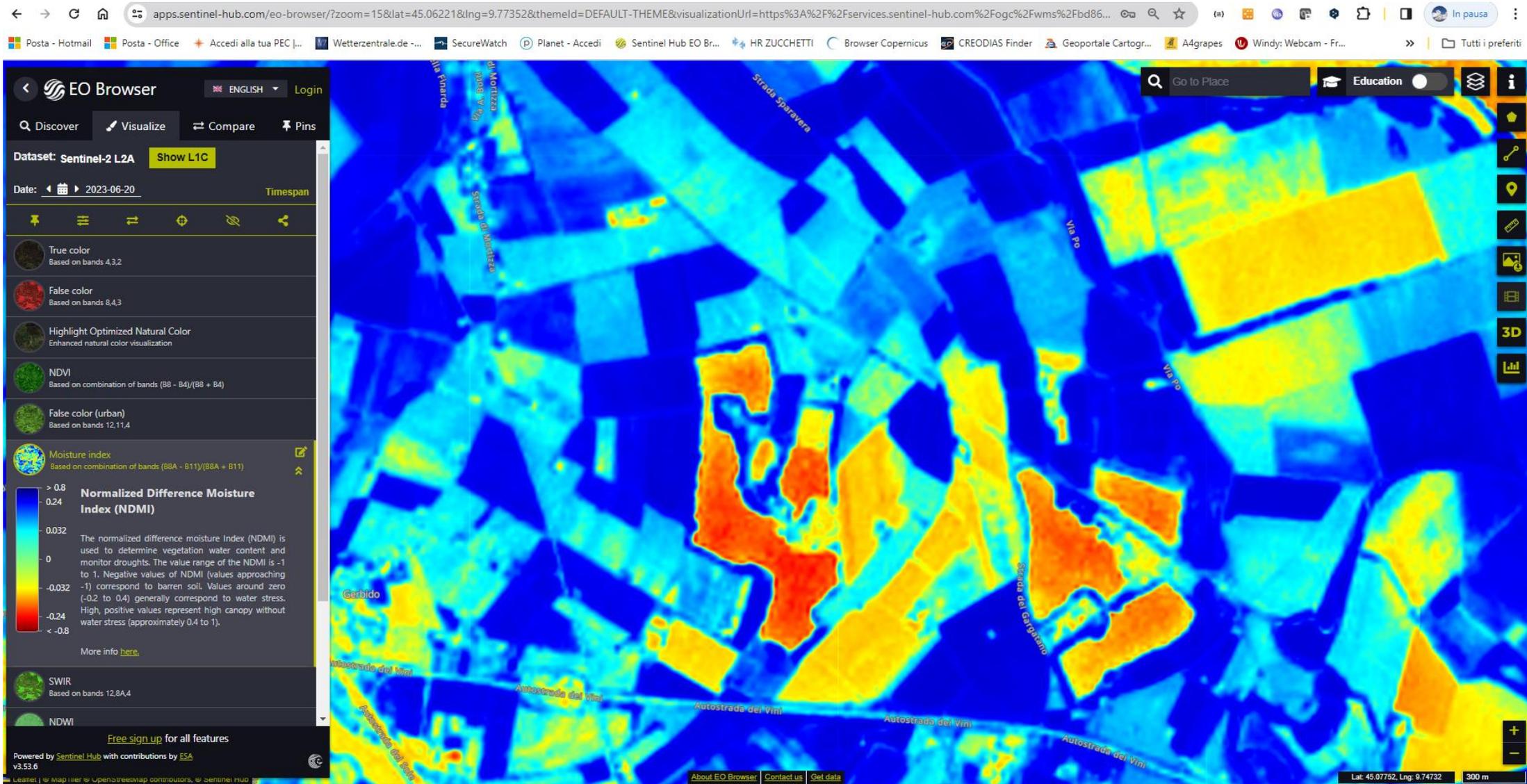
SENTINEL-6



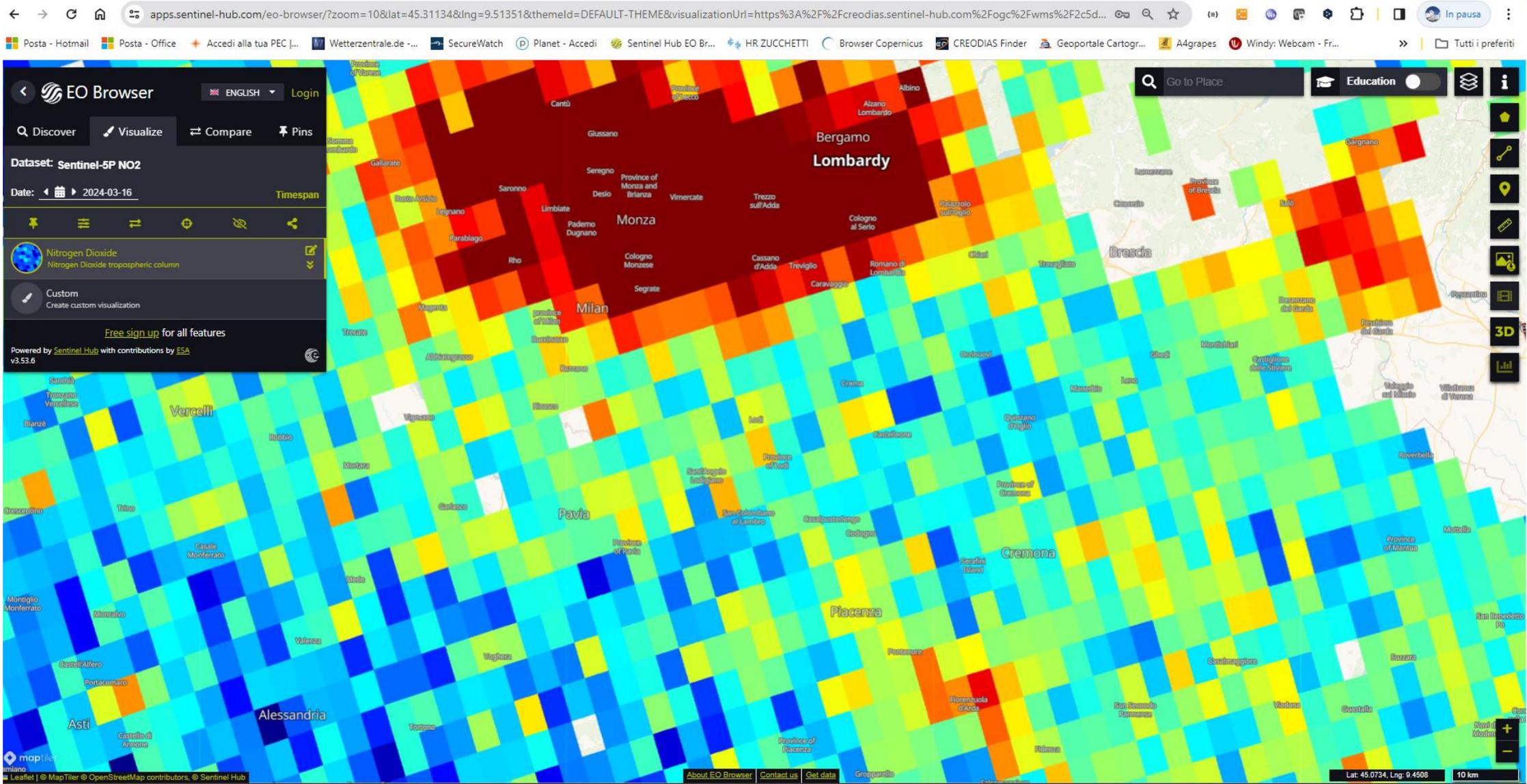
- Observes changes in sea surface height with an accuracy of a few centimeters
- Global mapping of the sea surface topography every 10 days
- Enables precise observation of ocean currents and ocean heat storage; vital for predicting rises in sea levels
- Airbus Defence and Space prime contractor for satellite



Moisture Index



Bioossido di azoto



Applicazioni: Le mappe delle aree alluvionate

16-17 Maggio 2023 – Emilia Romagna – Appezamenti Grande Cooperativa Agricola



Immagine nel visibile
23 maggio

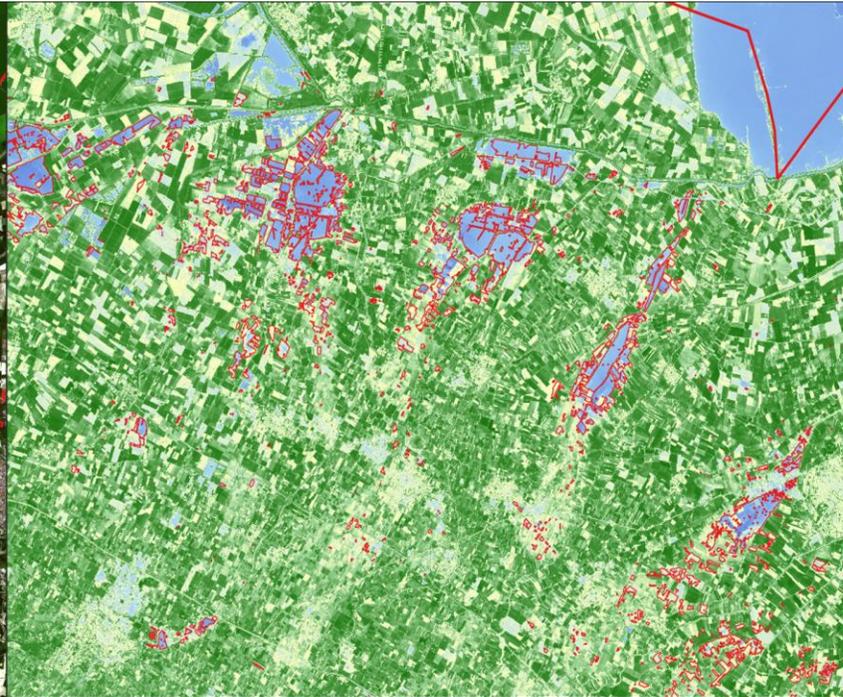


Immagine multispettrale
23 maggio

Severo

Lieve

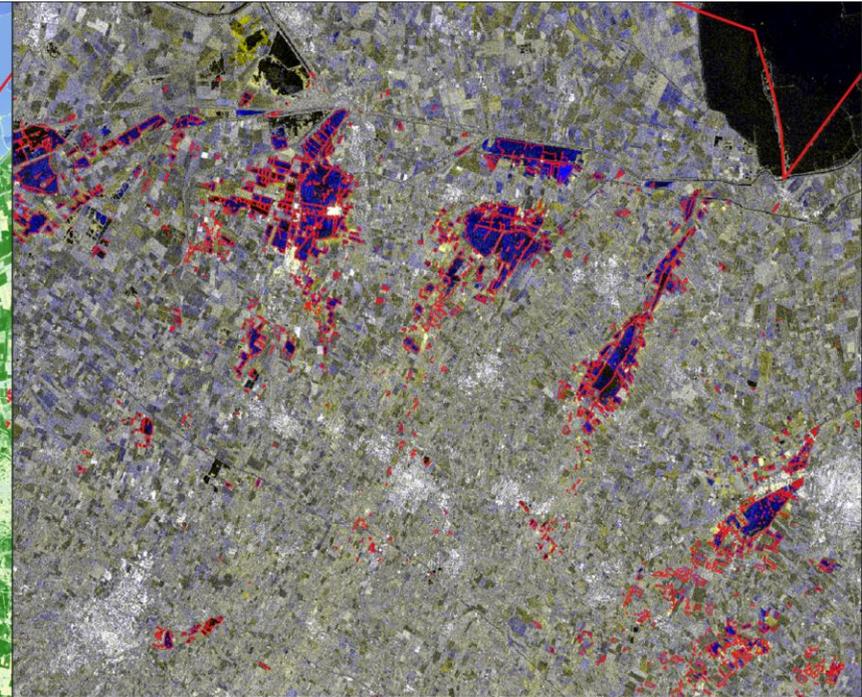


Immagine radar
22 maggio

Severo

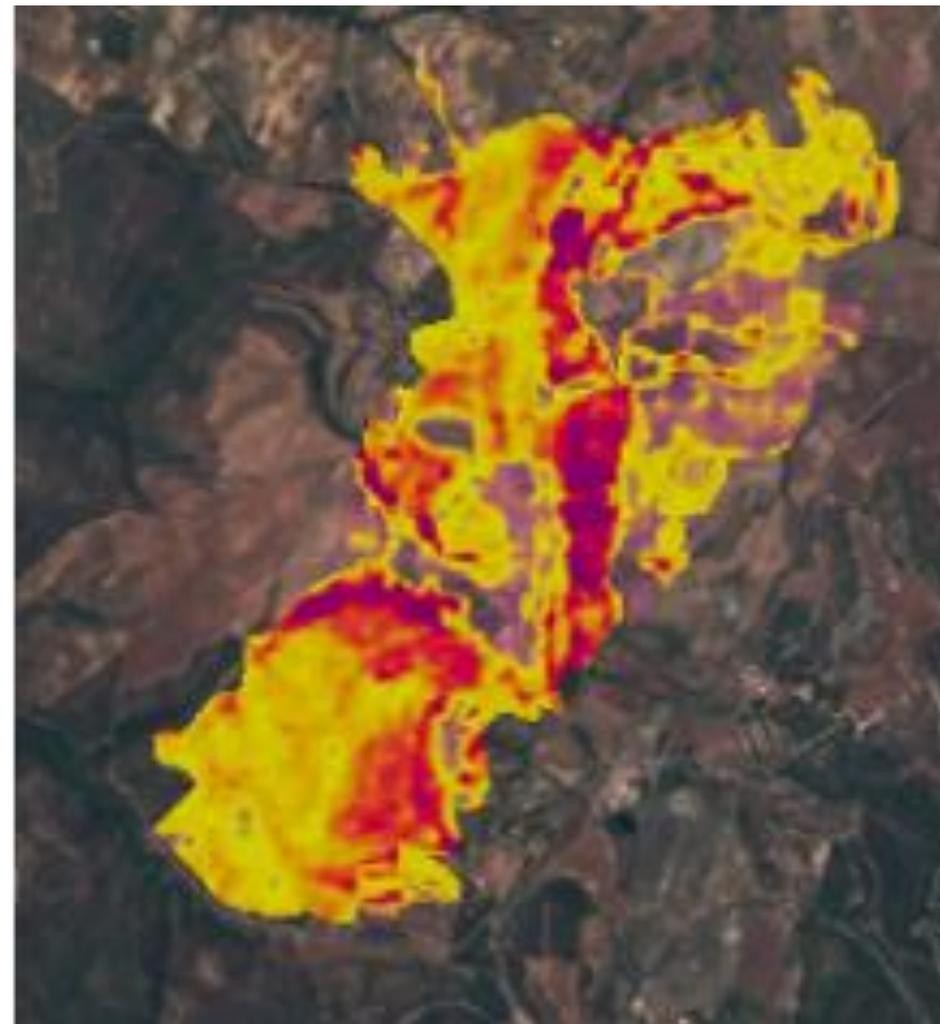
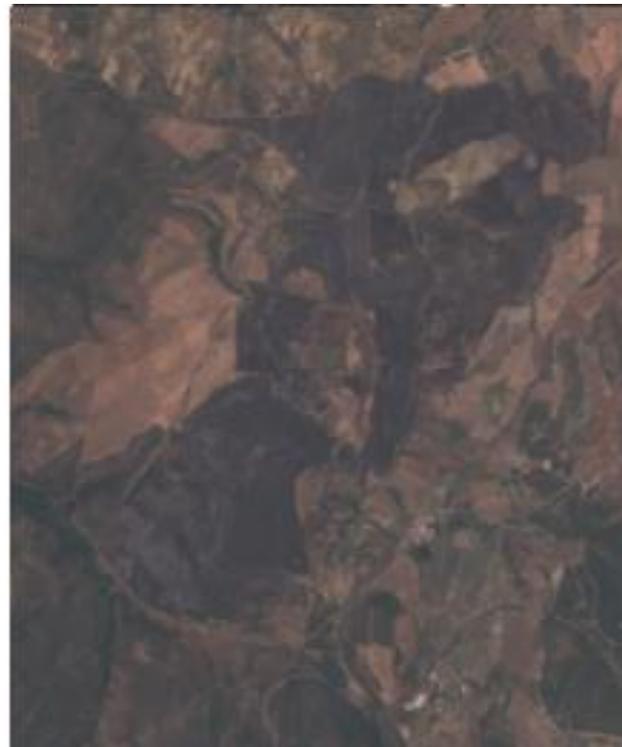
Lieve

Applicazioni: Le mappe dei danni da incendio

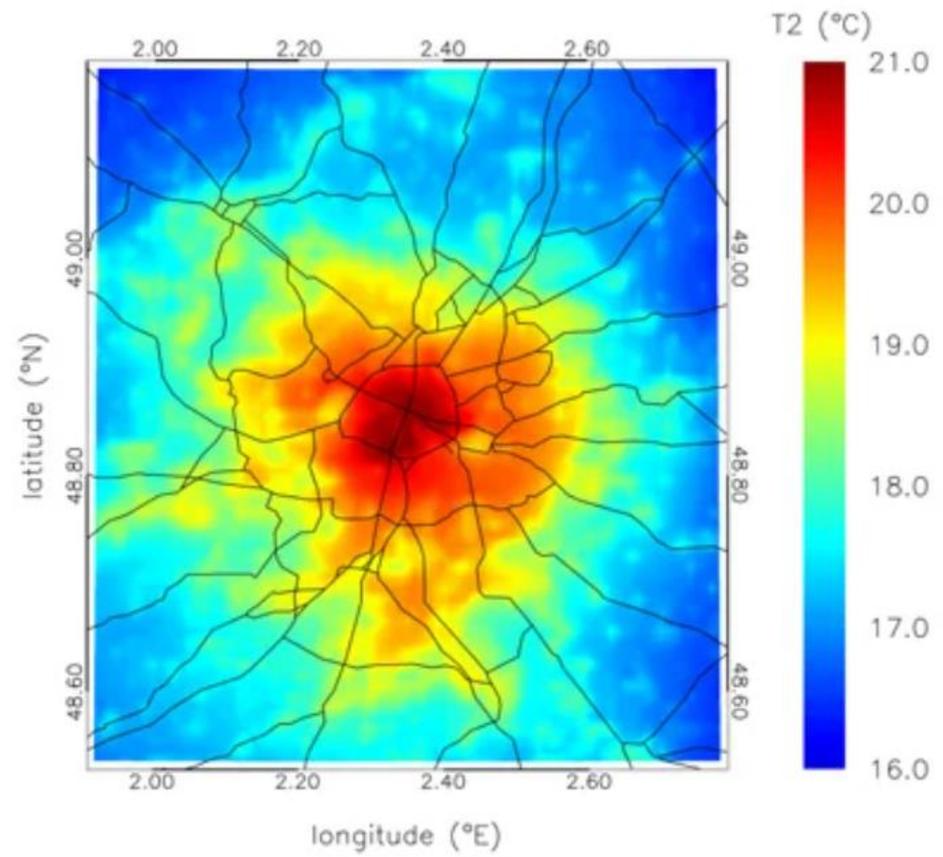
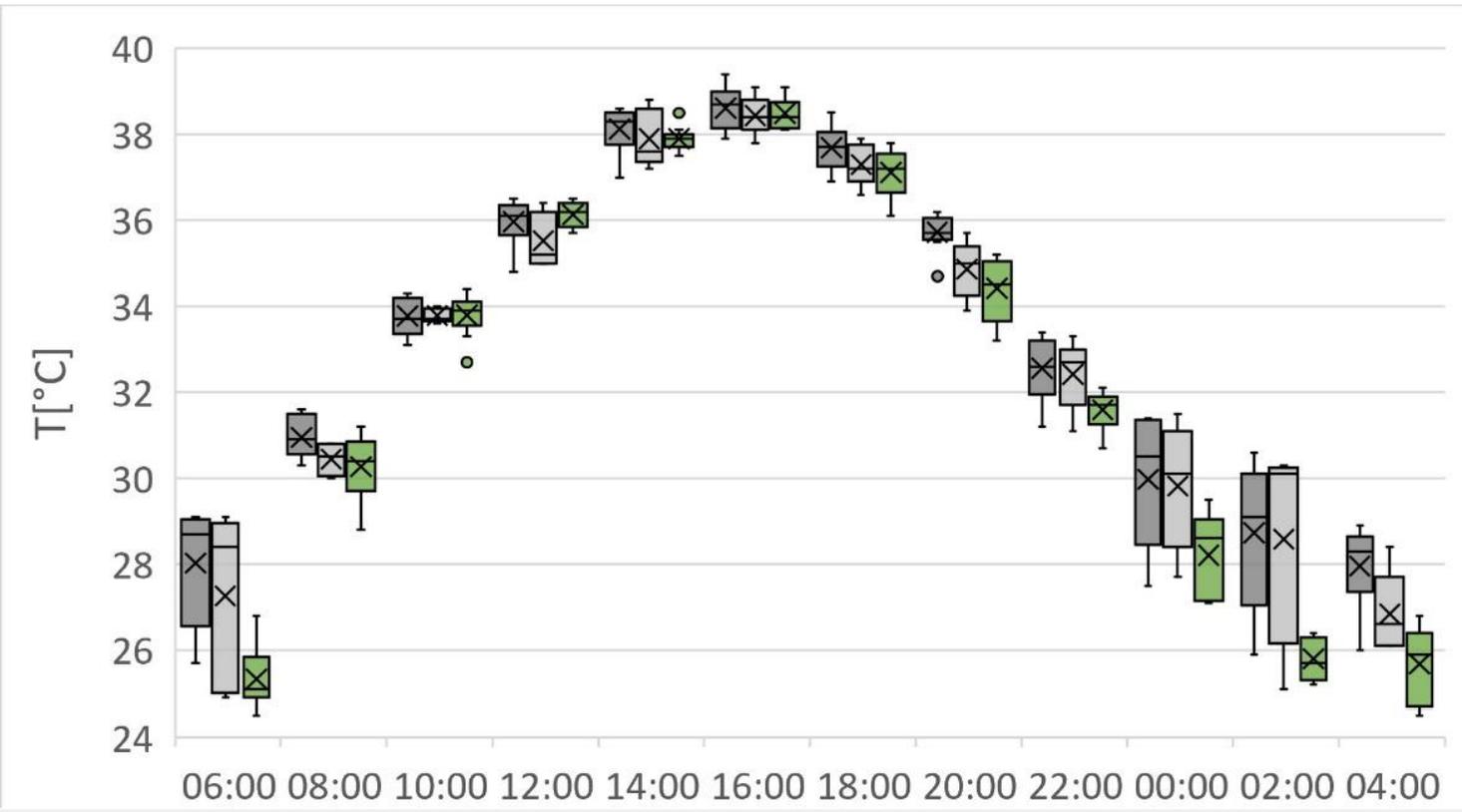
PRIMA



DOPO



L'ISOLA DI CALORE URBANA



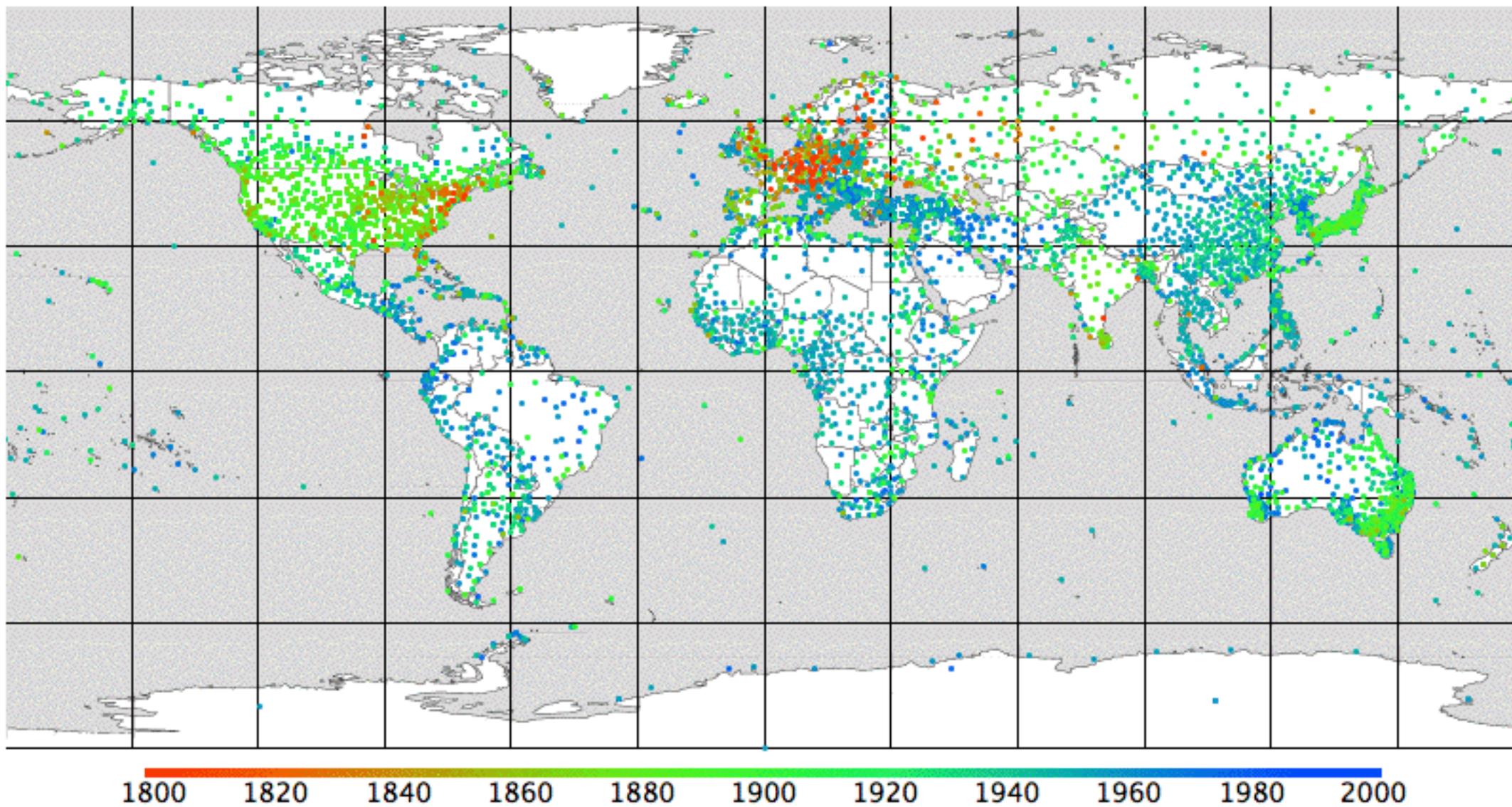
Colangelo, G.; Sanesi, G.; Mariani, L.; Parisi, S.G.; Cola, G. A
Circulation Weather Type Analysis of Urban Effects on Daily Thermal Range for Milan (Italy).
Atmosphere2022, 13, 1529. <https://doi.org/10.3390/atmos13091529>

Mean air temperature in Paris, France at 22:00 CEST in summer 2003. Credits: VITO, Planetek.

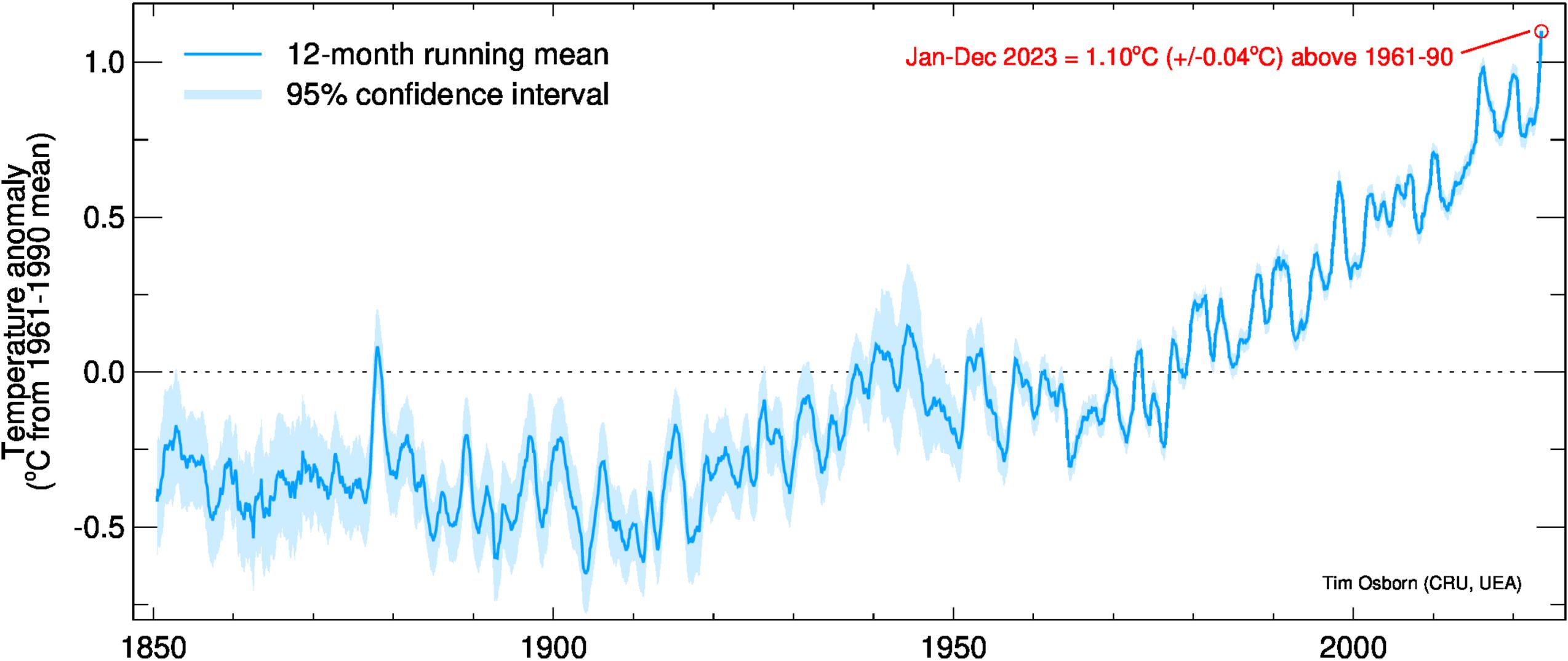
COSA CI
DICONO I
DATI ?



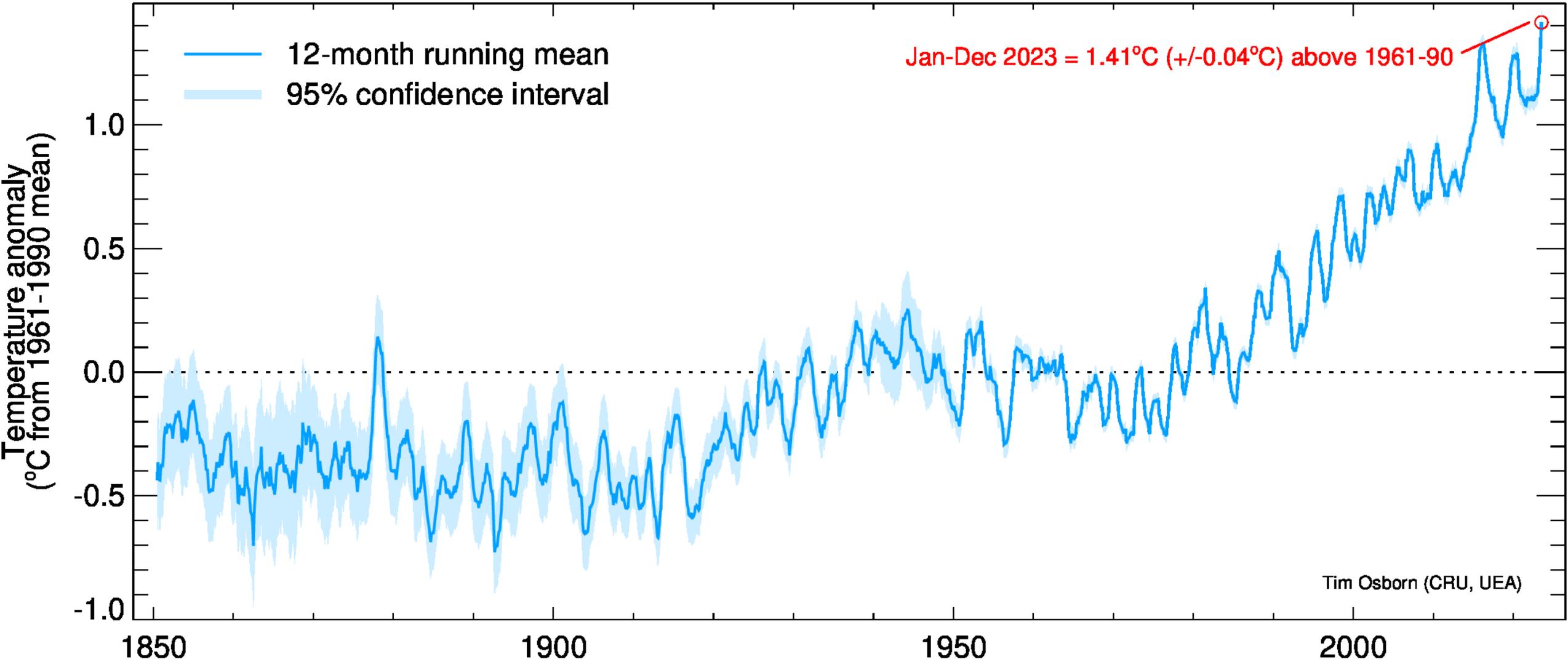
Copertura mondiale delle stazioni meteorologiche



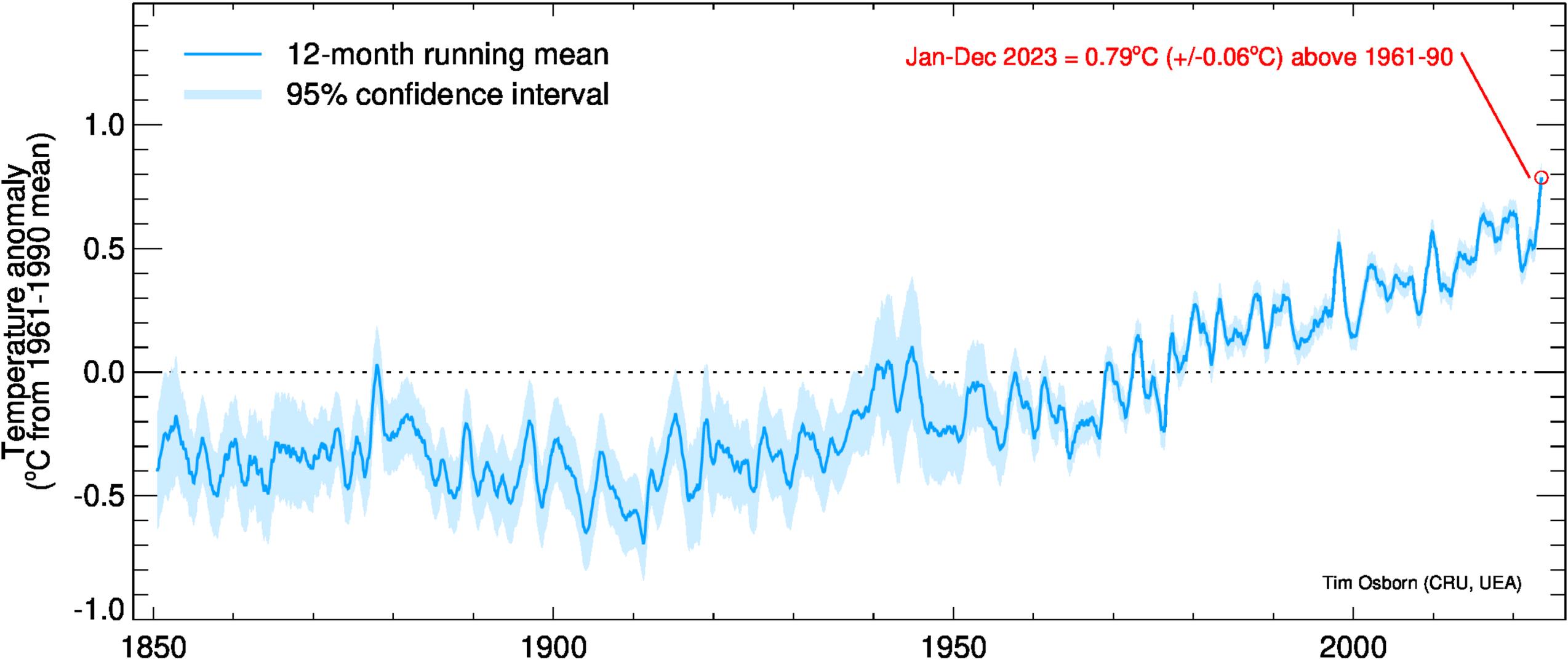
HadCRUT5 Analysis global temperature



HadCRUT5 Analysis NH temperature



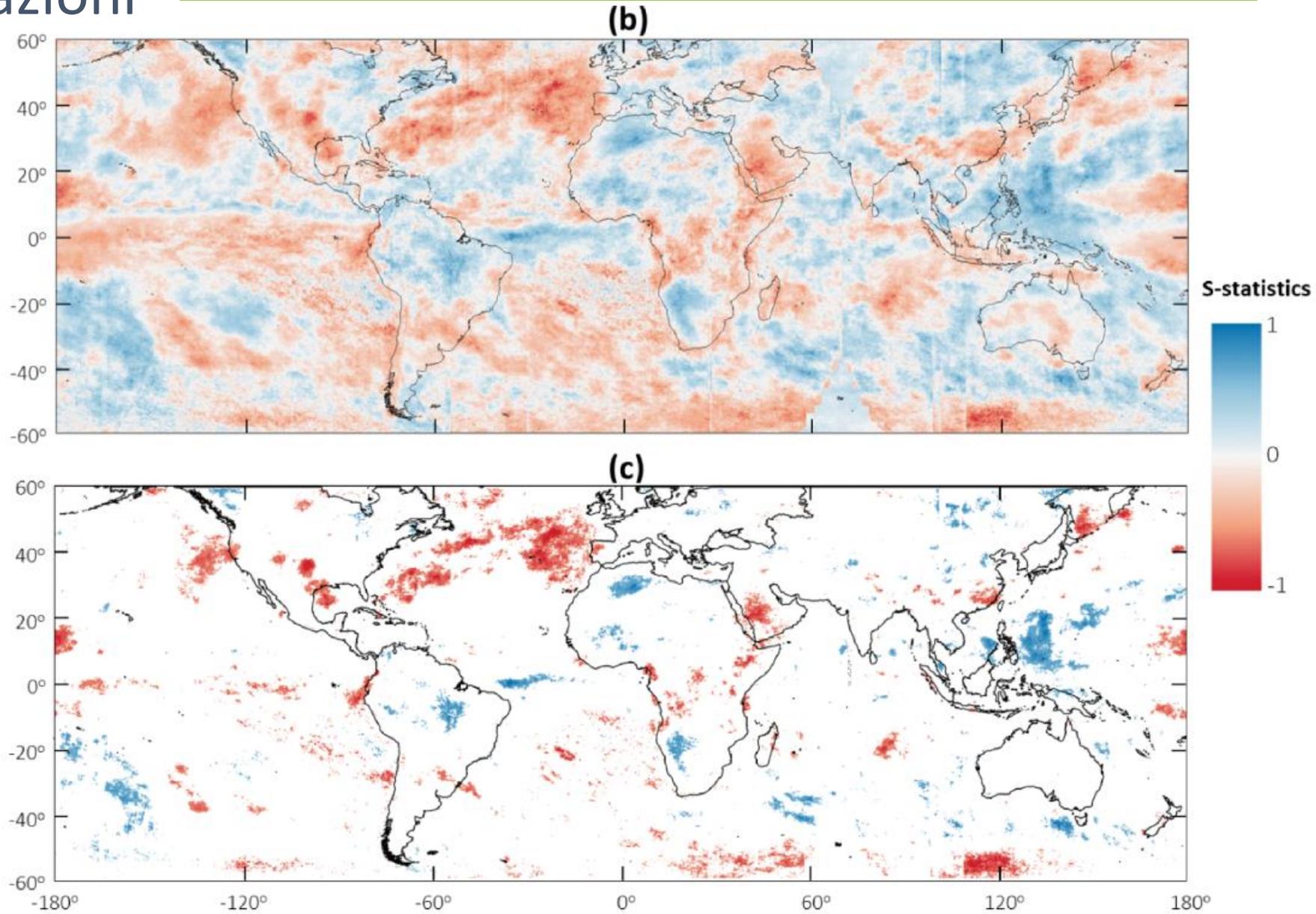
HadCRUT5 Analysis SH temperature



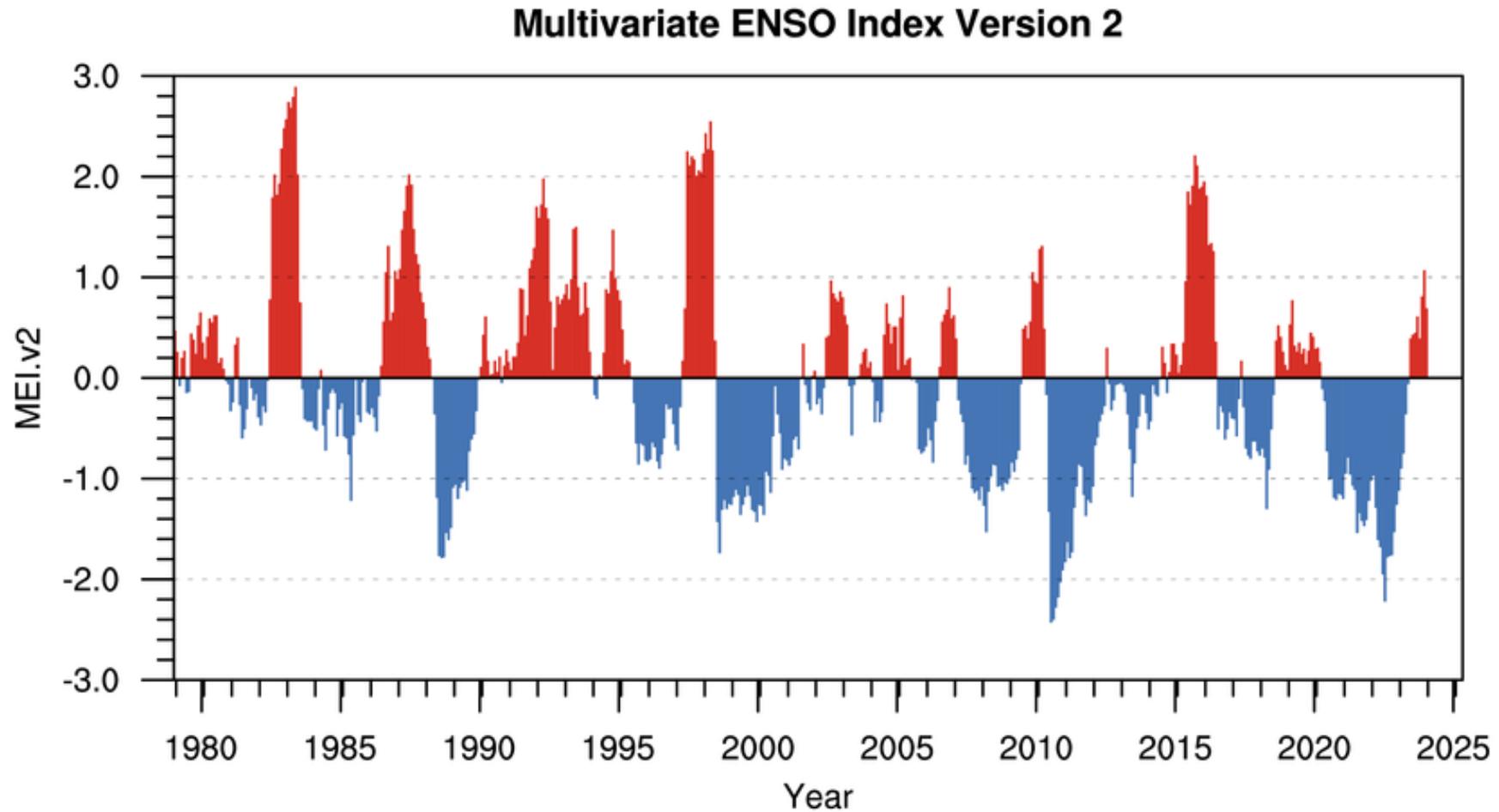
Il trend delle precipitazioni

Global Precipitation Trends
across Spatial Scales
Using Satellite Observations -
BAMS 2018

(b),(c) pixel-based precipitation trends from 1983 to 2015 from PERSIANN-CDR. In (b) and (c) the warm colors show a decreasing trend and the cool colors show an increasing trend in precipitation. Note (c) observed trend is statistically significant at the 0.05 significance level according to the Mann–Kendall test.
PERSIANN-CDR: Precipitation Estimation from Remotely Sensed Information using Artificial Neural Networks - Climate Data Record

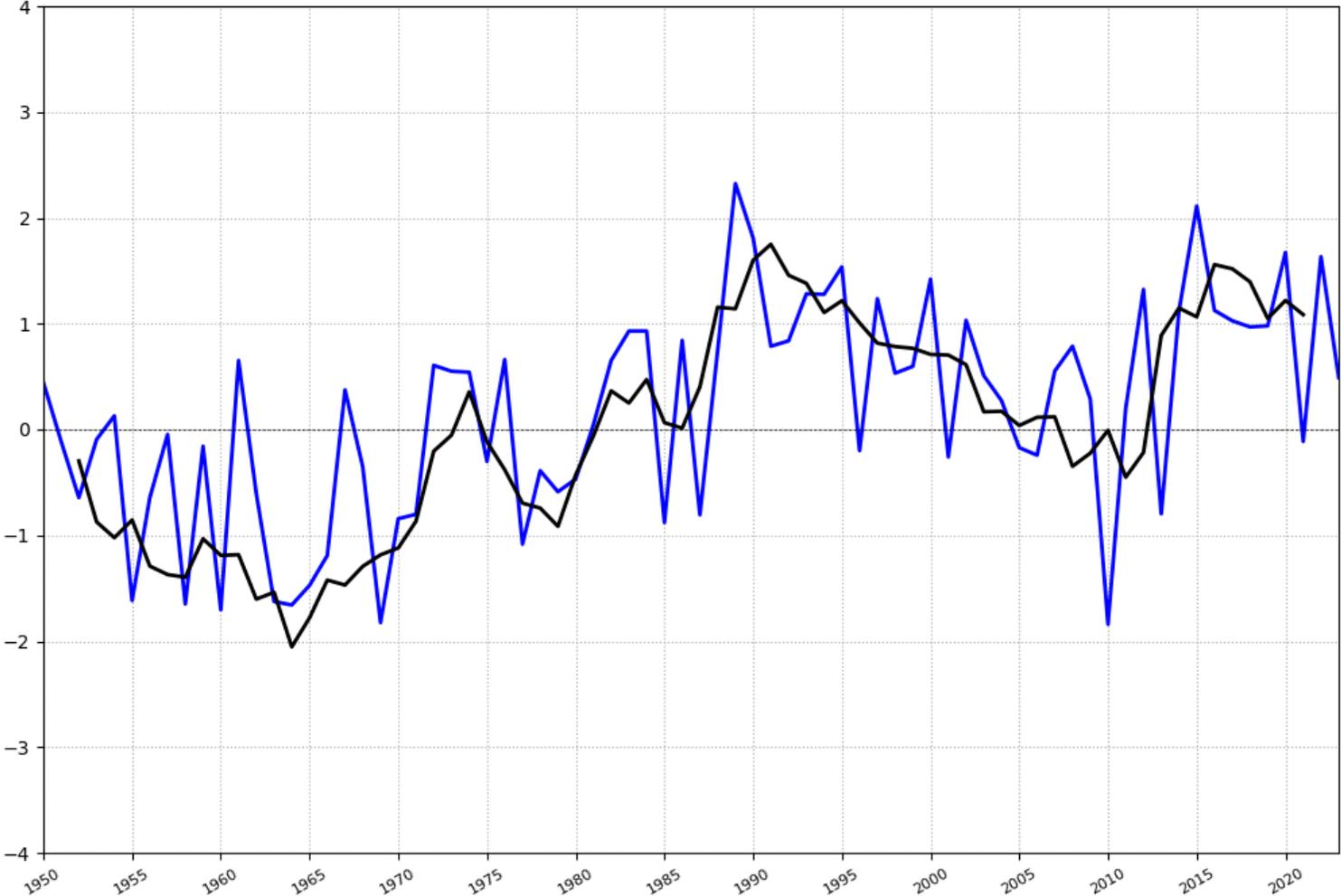


El Niño e La Niña



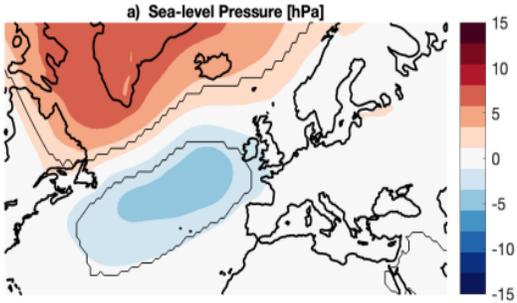
North Atlantic Oscillation

JFM Season Standardized NAO Index (1950-2023)

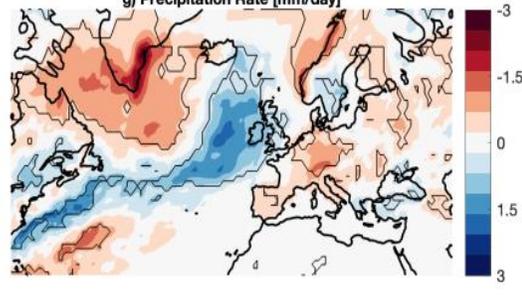
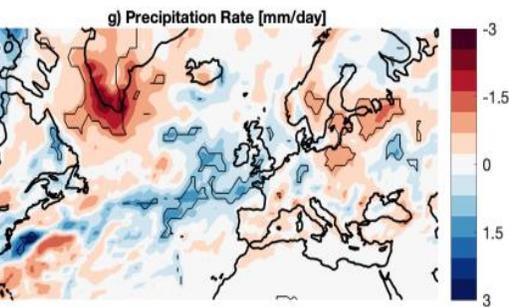
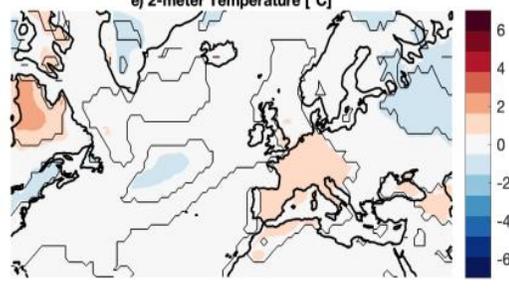
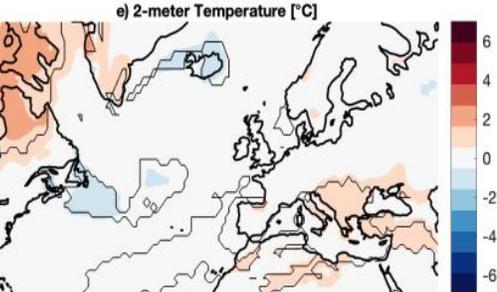
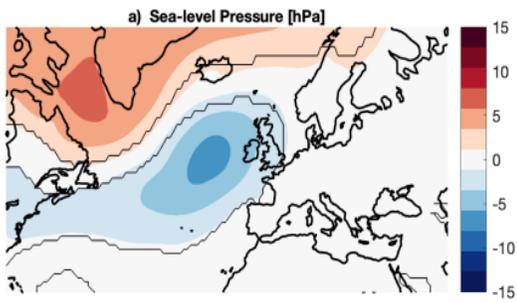


Cambiamento della circolazione atmosferica

1950-1975



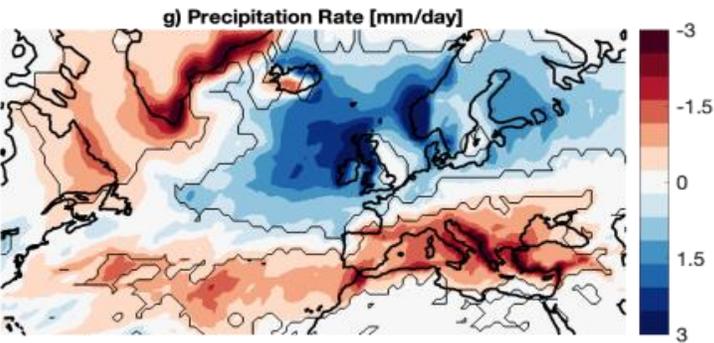
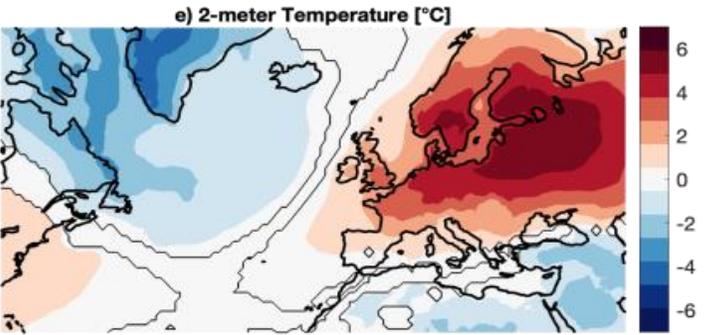
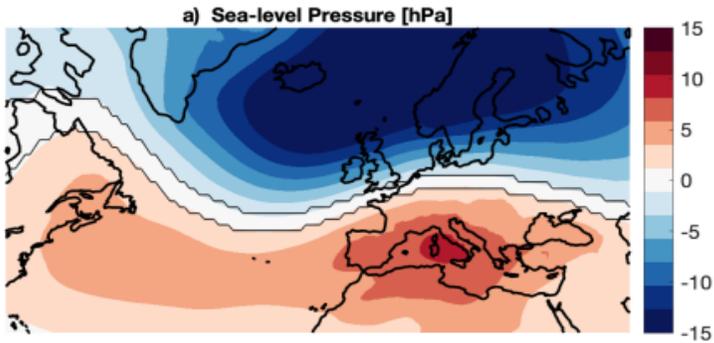
1995-2020



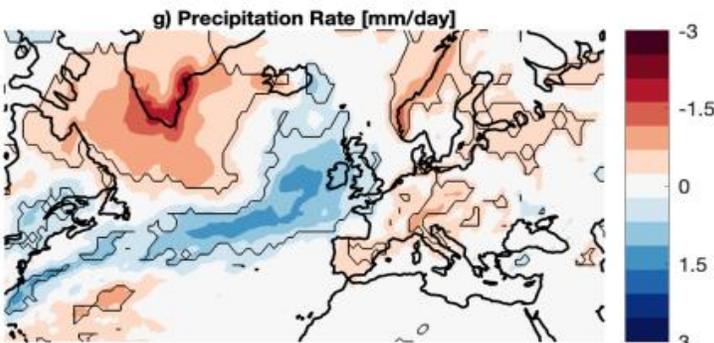
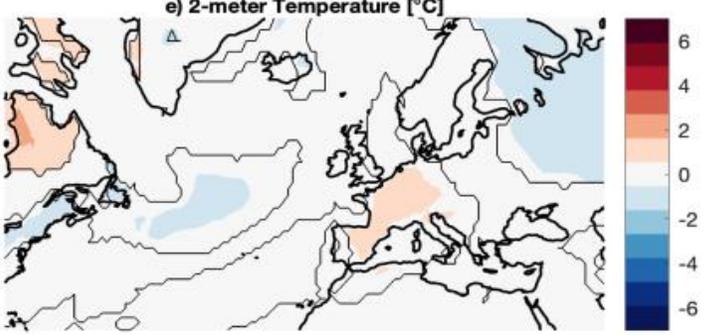
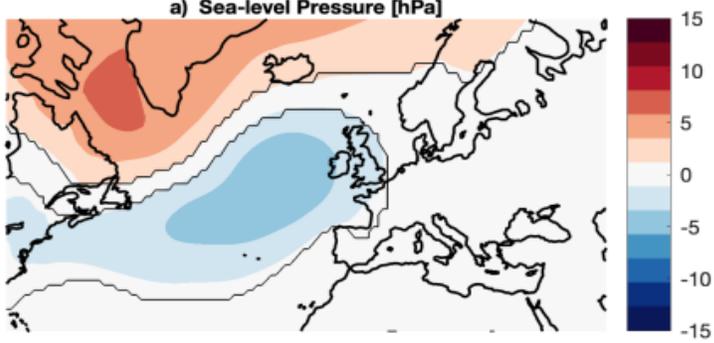
Atmospheric circulation compounds anthropogenic warming and impacts of climate extremes in Europe <https://doi.org/10.1073/pnas.2214525120> 1

Cambiamento della circolazione atmosferica

Winter prevalence trend 1950 – 2022

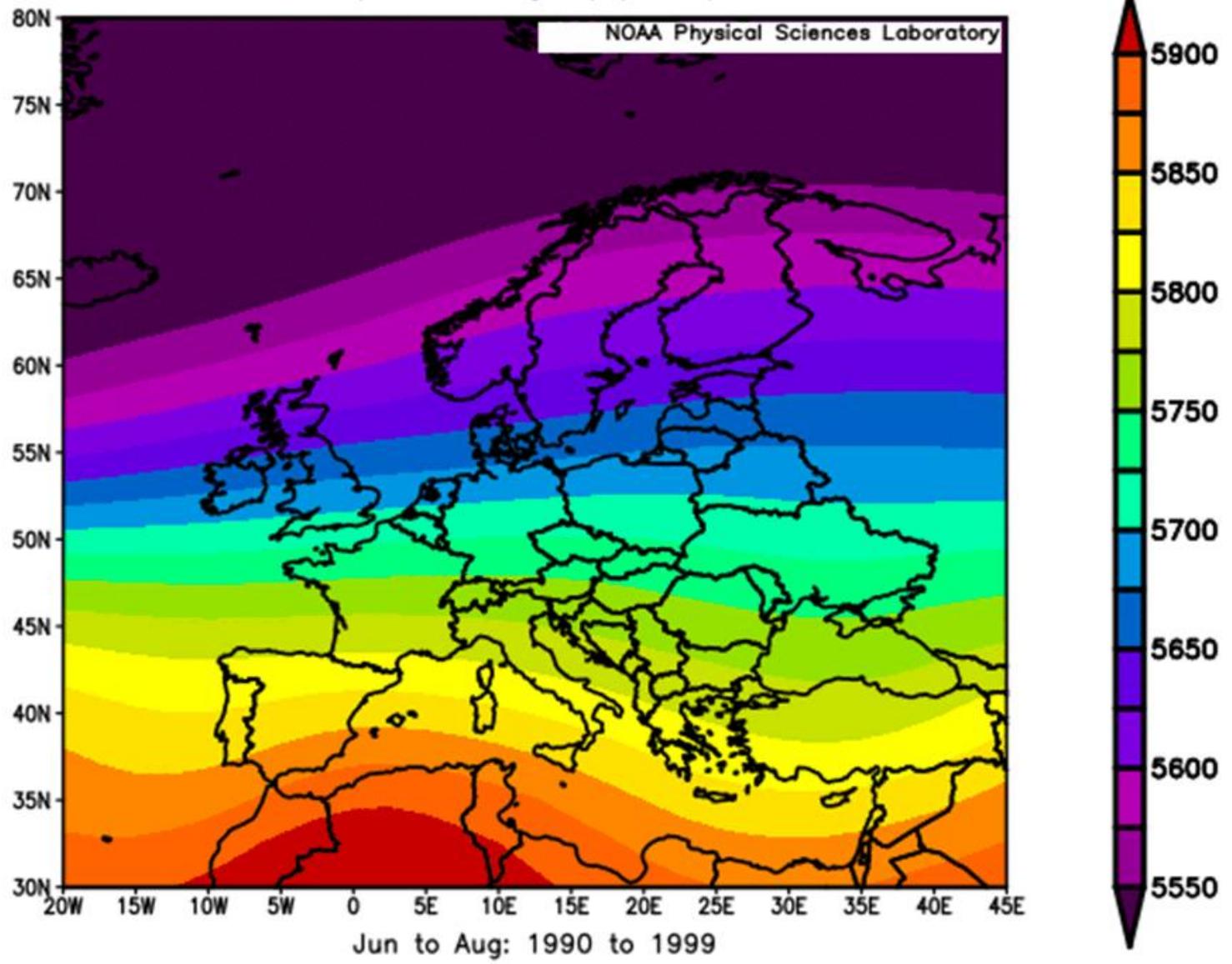


Summer trend 1950 – 2022



Estate

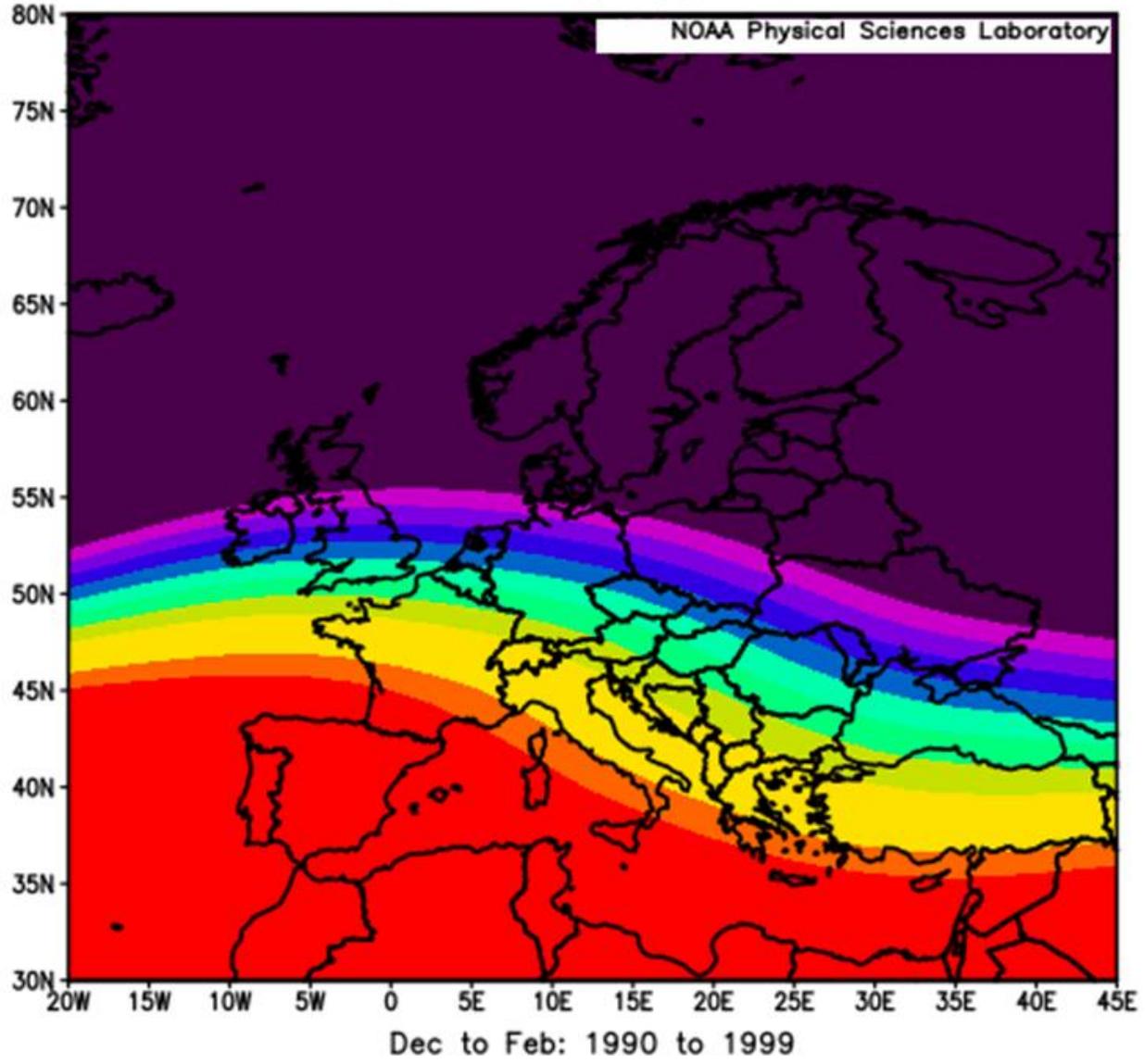
NCEP/NCAR Reanalysis
500mb Geopotential Height (m) Composite Mean



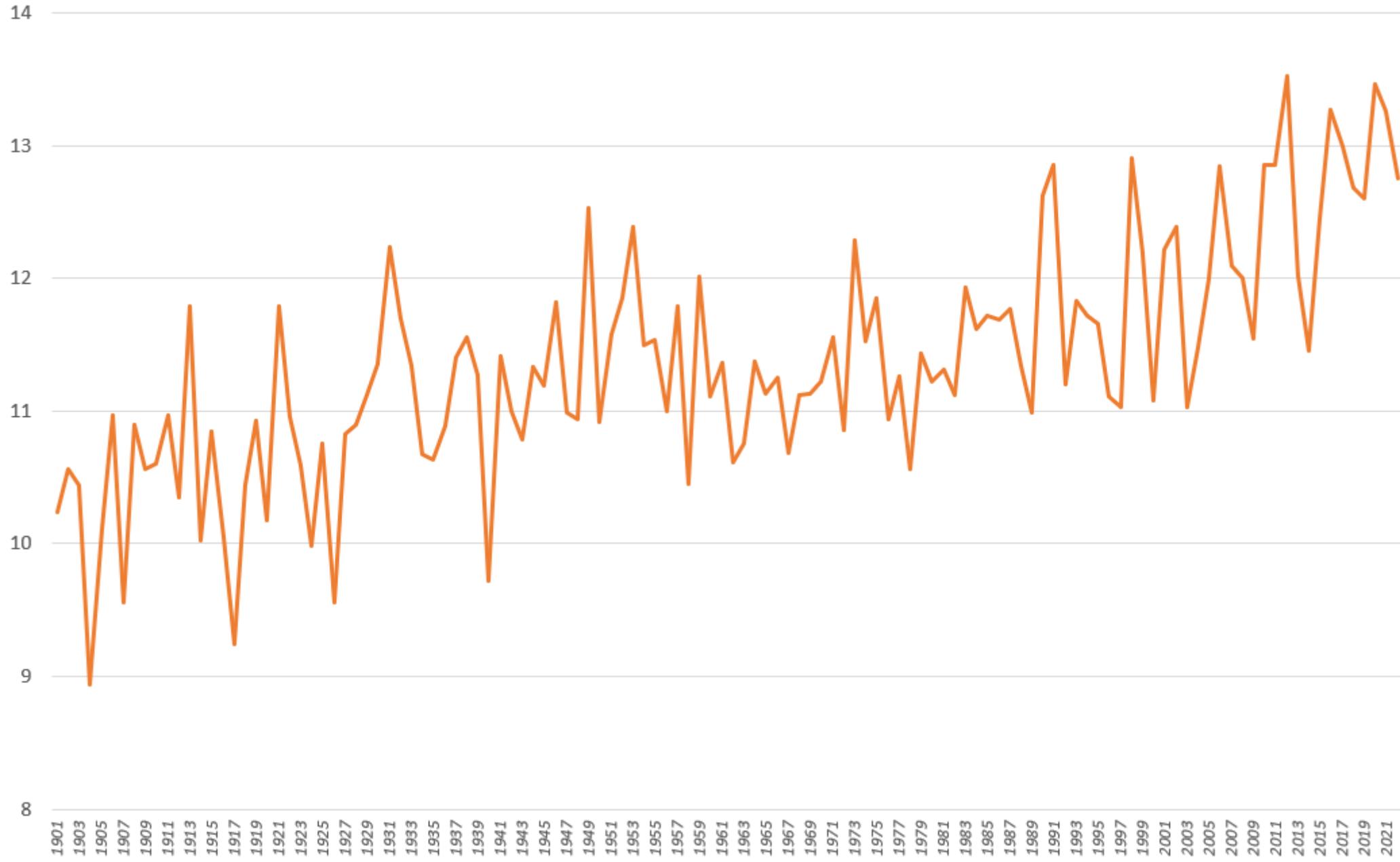
Inverno



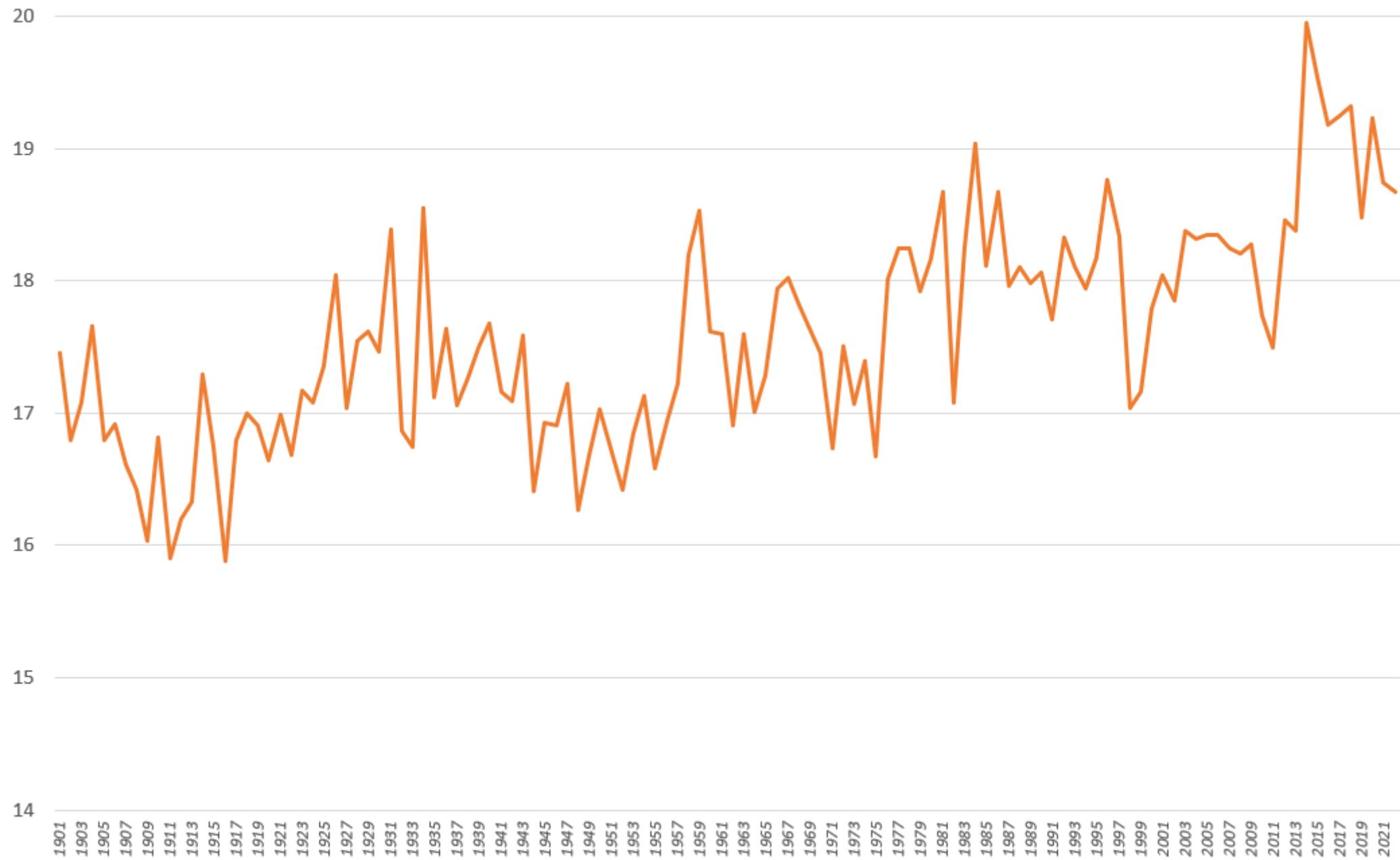
NCEP/NCAR Reanalysis
500mb Geopotential Height (m) Composite Mean



NEW YORK - U.S.A. Air Temperature [°C]



LOS ANGELES - U.S.A. Air Temperature [°C]



AMAZZONIA - Brasile

31

30

29

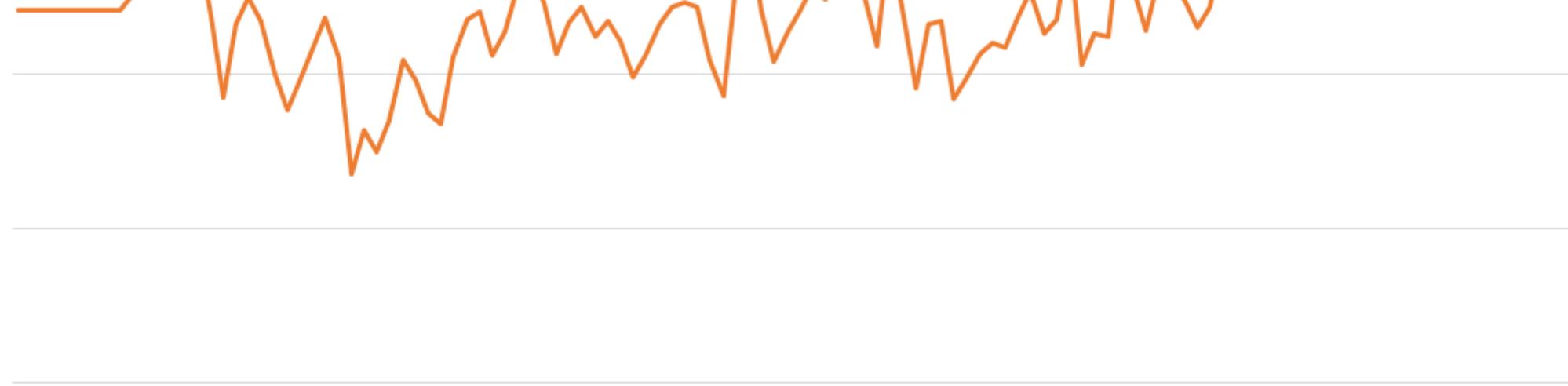
28

27

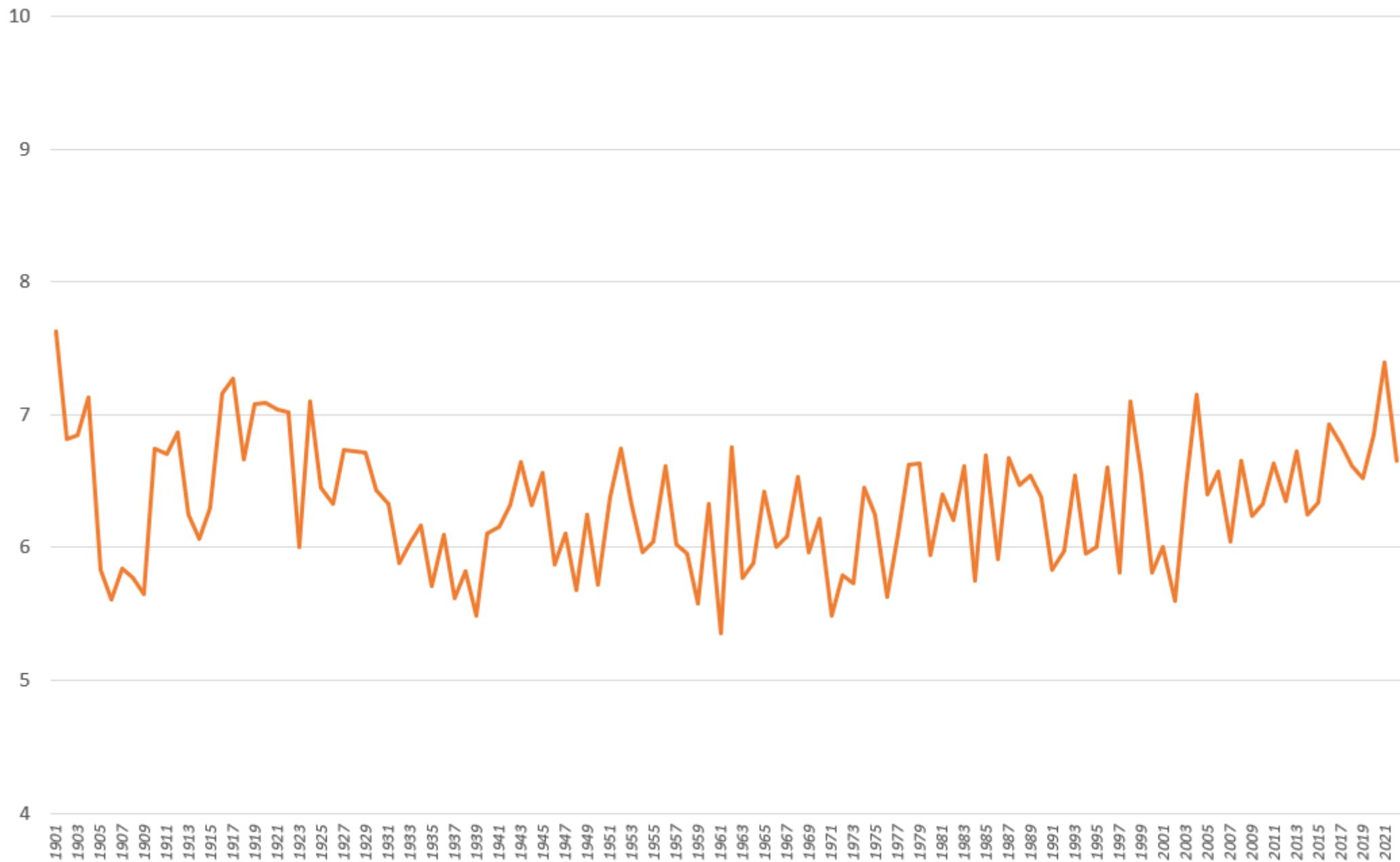
26

25

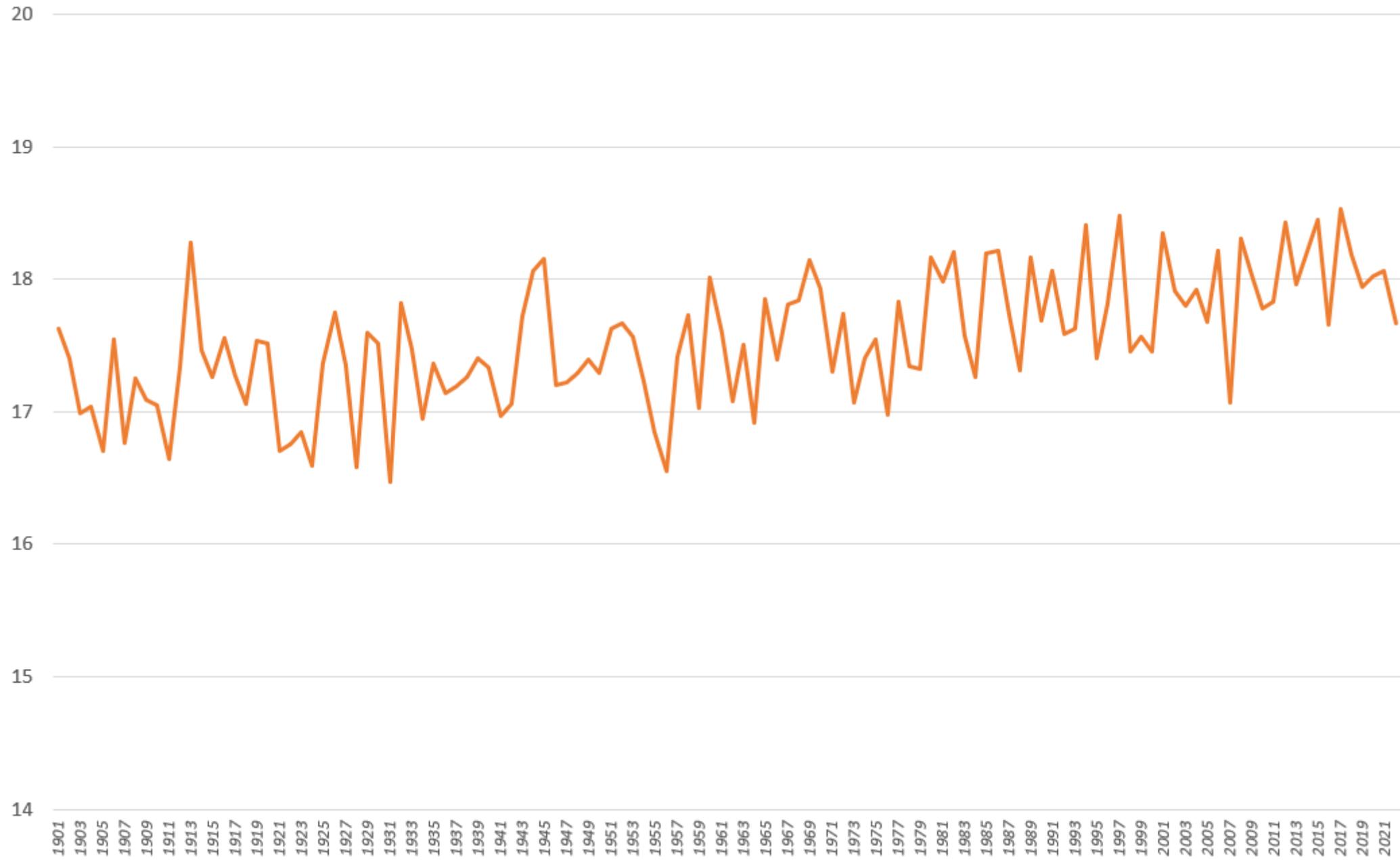
1901 1903 1905 1907 1909 1911 1913 1915 1917 1919 1921 1923 1925 1927 1929 1931 1933 1935 1937 1939 1941 1943 1945 1947 1949 1951 1953 1955 1957 1959 1961 1963 1965 1967 1969 1971 1973 1975 1977 1979 1981 1983 1985 1987 1989 1991 1993 1995 1997 1999 2001 2003 2005 2007 2009 2011 2013 2015 2017 2019 2021



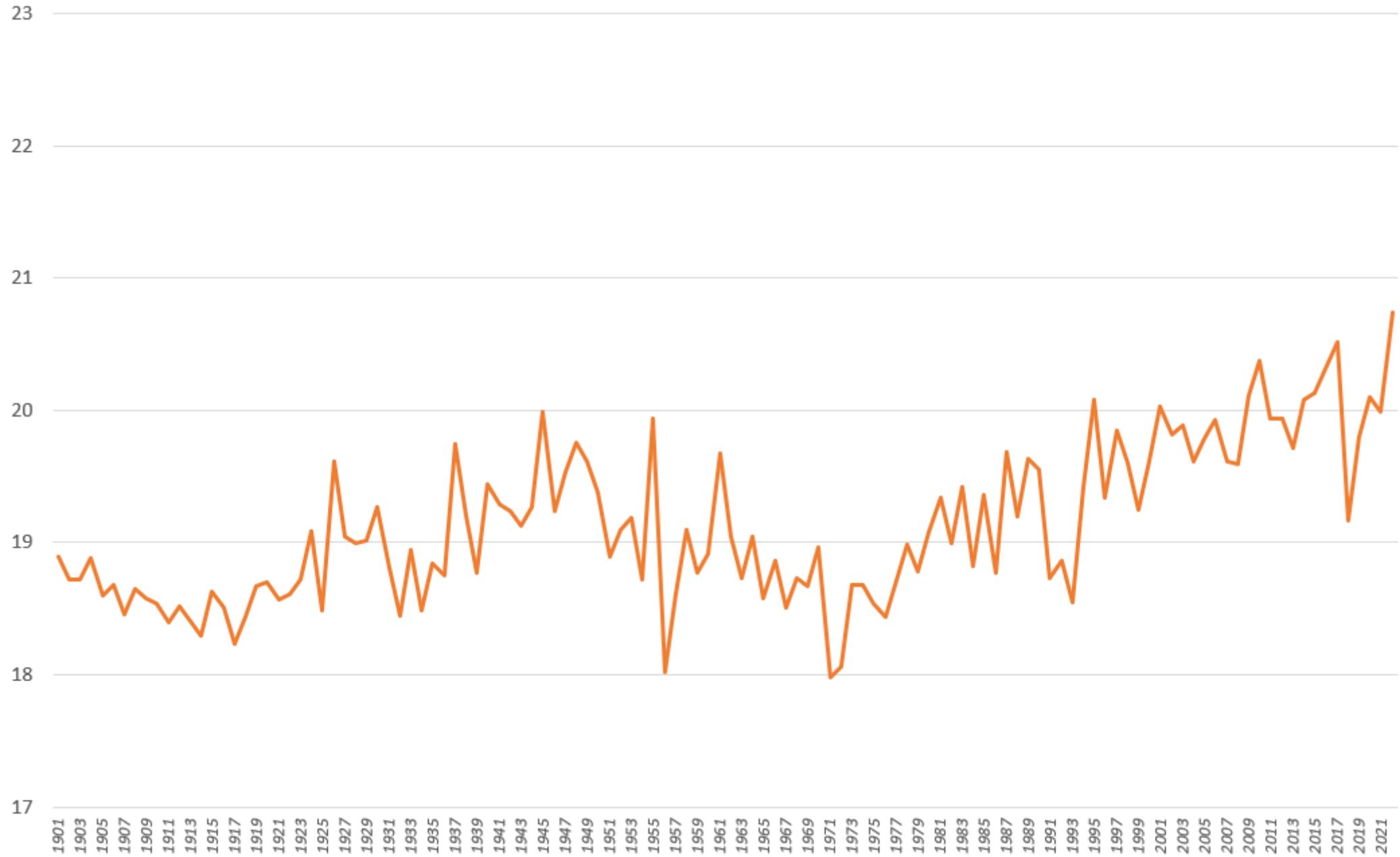
PUNTA ARENAS - Chile Air Temperature [°C]



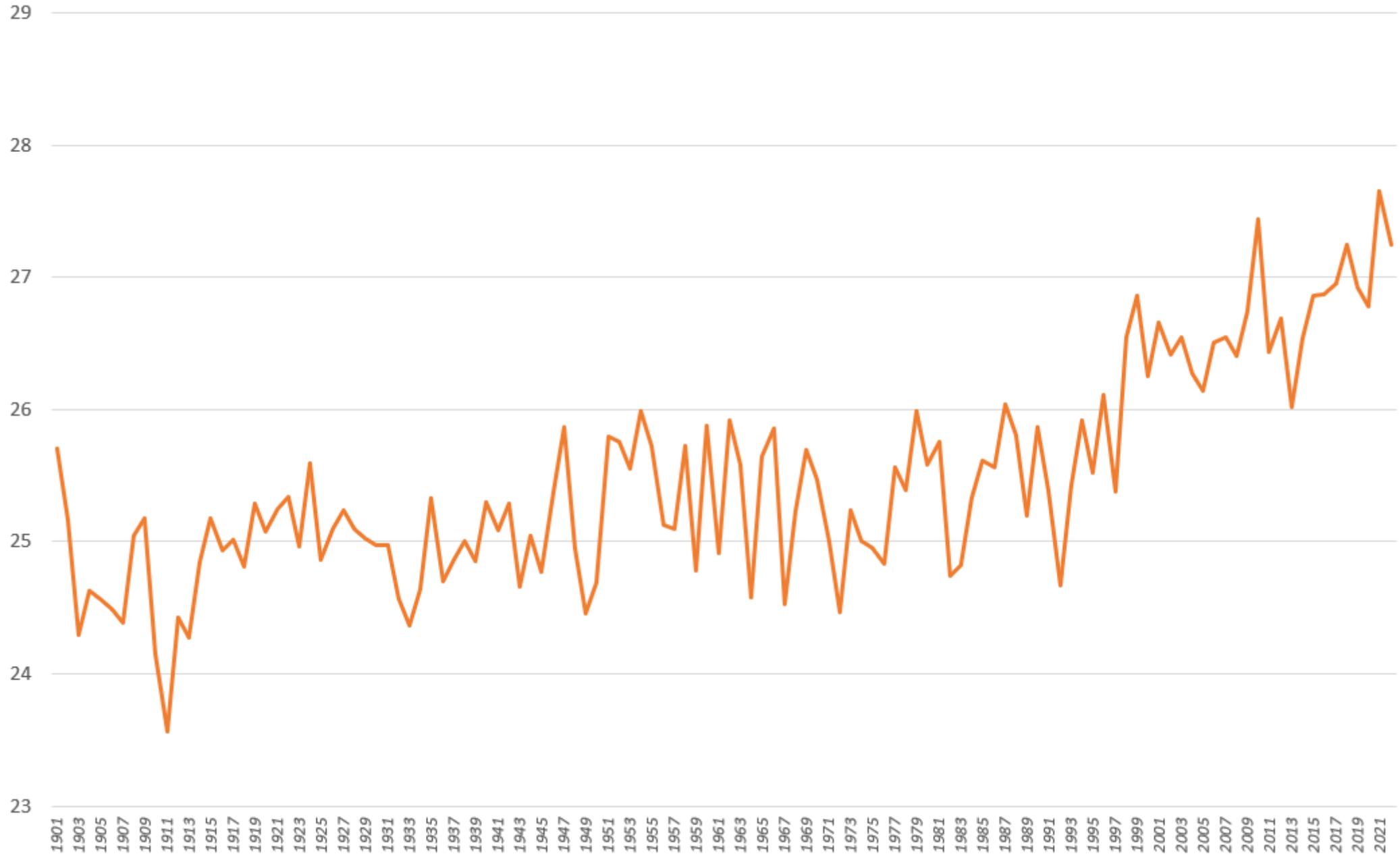
ROSARIO - Argentina Air Temperature [°C]



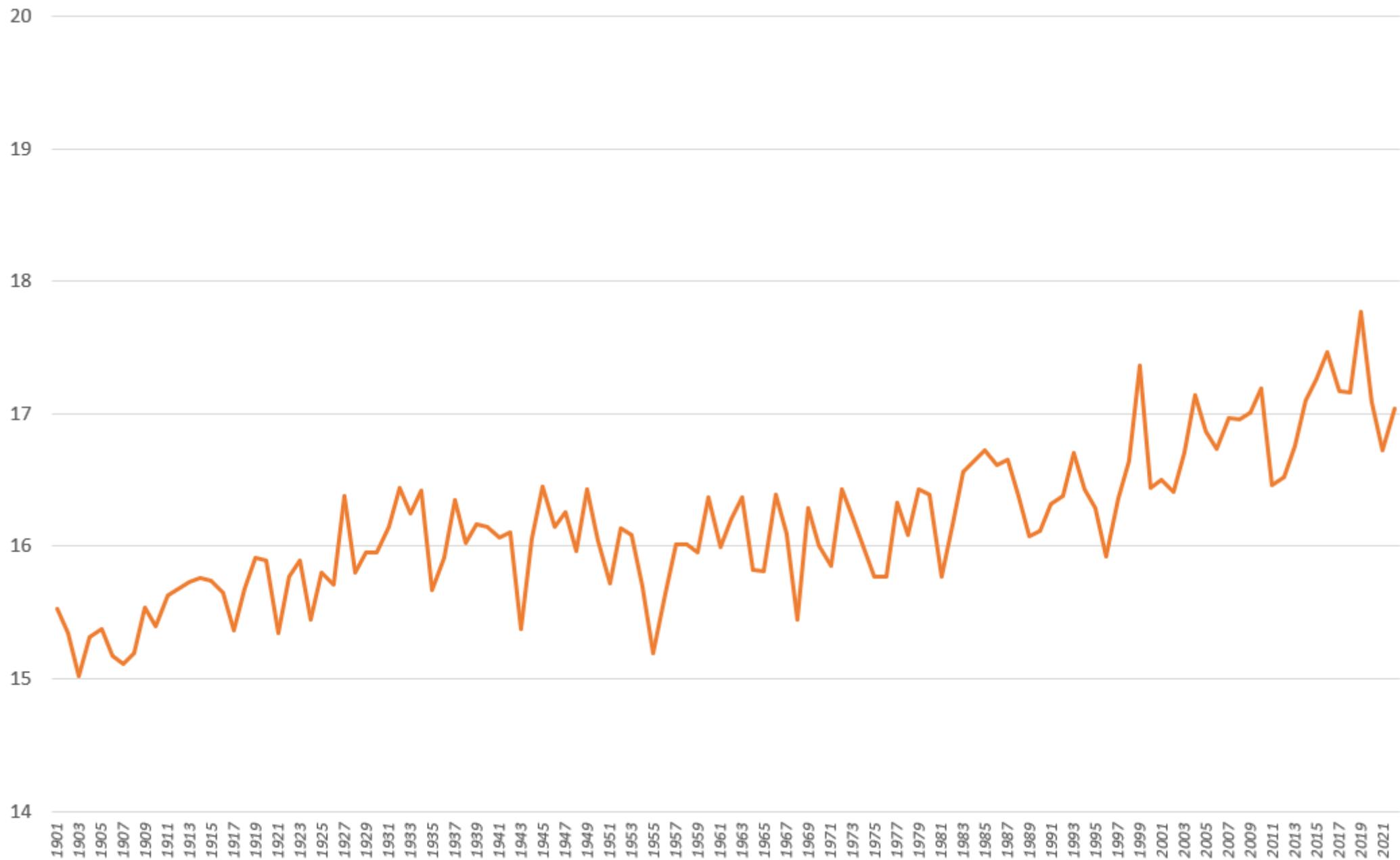
Rehamna - Morocco Air Temperature [°C]



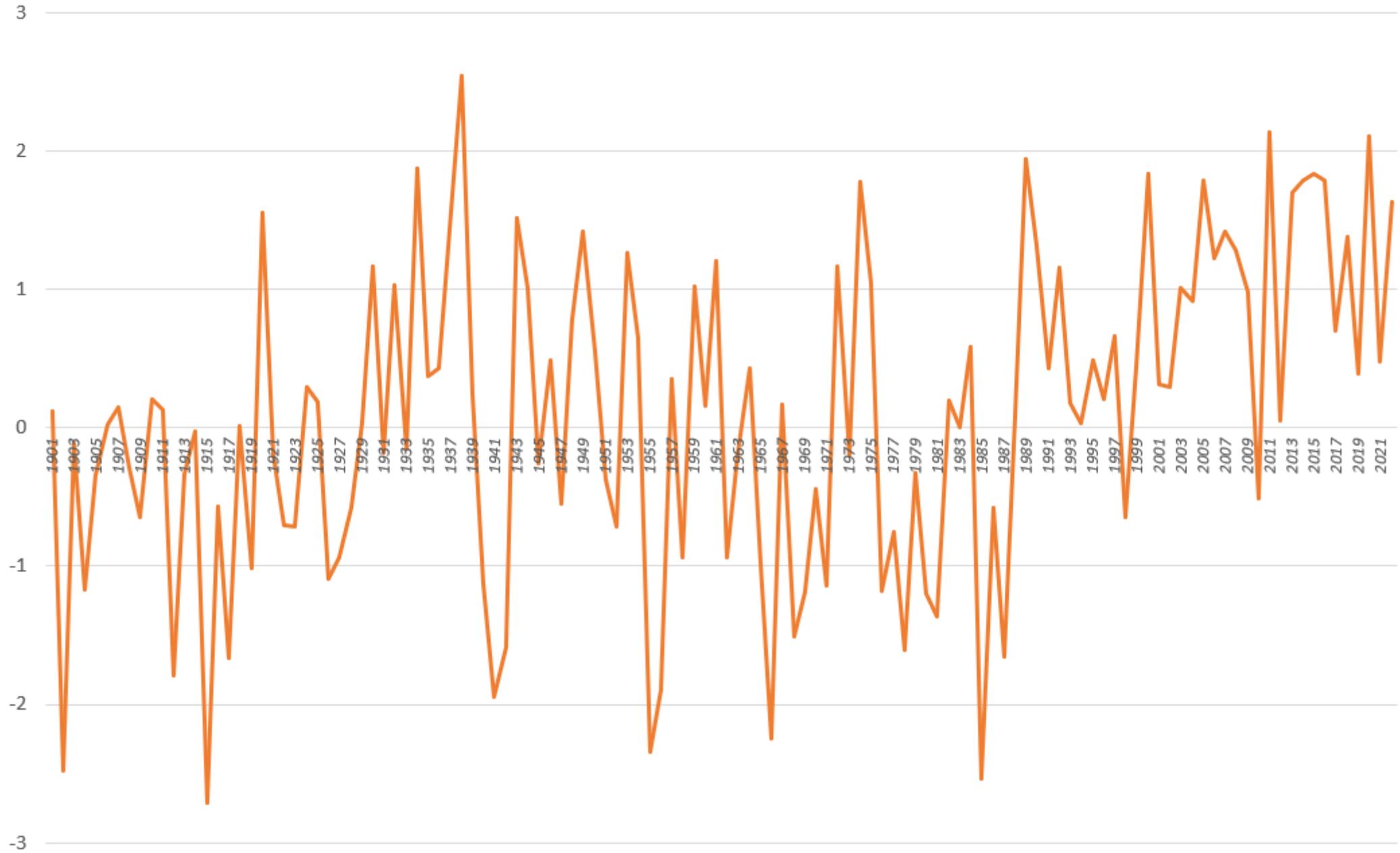
Riyad - Arabia Saudita Air Temperature [°C]



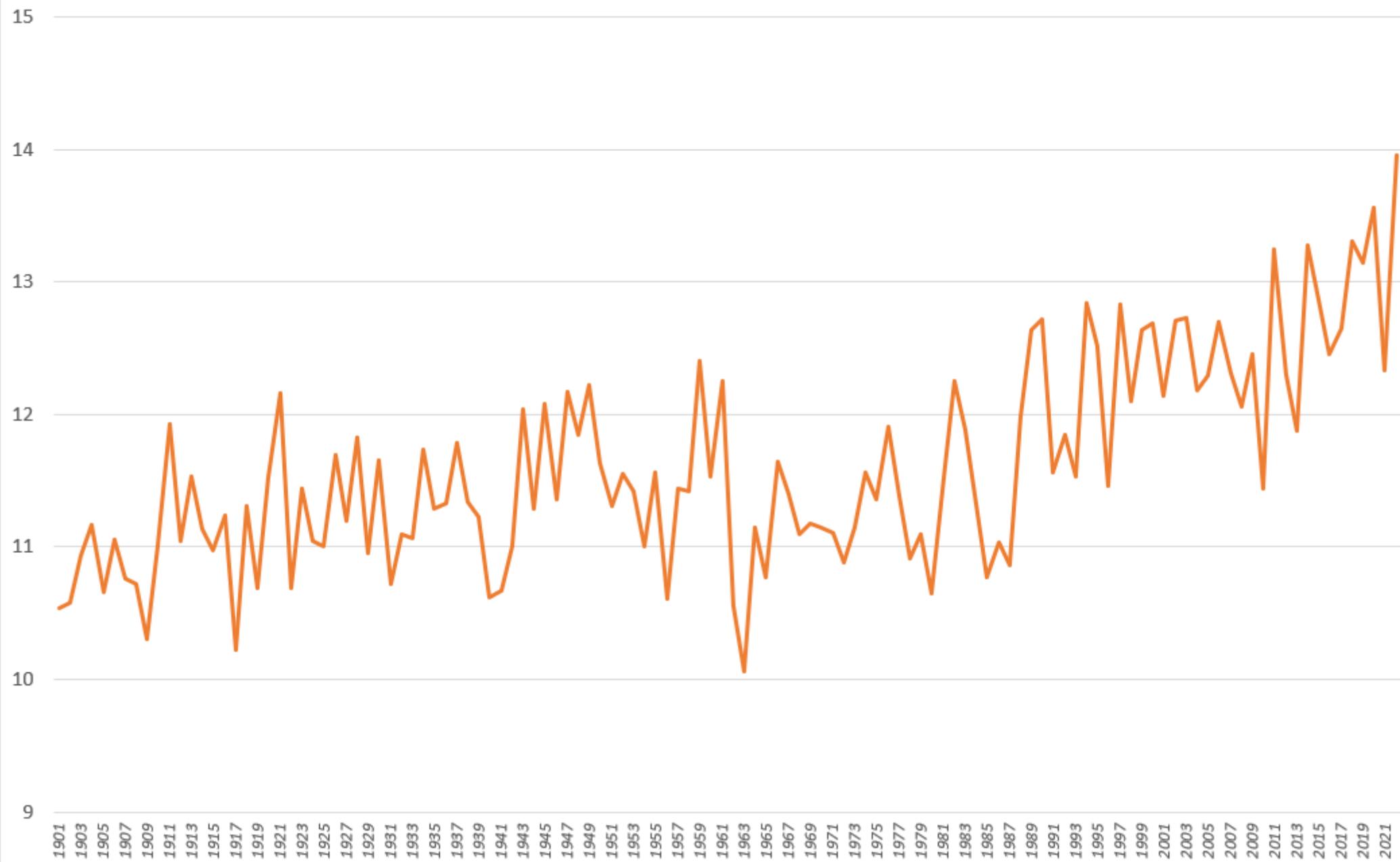
Beaufort Sudafrica Air Temperature [°C]



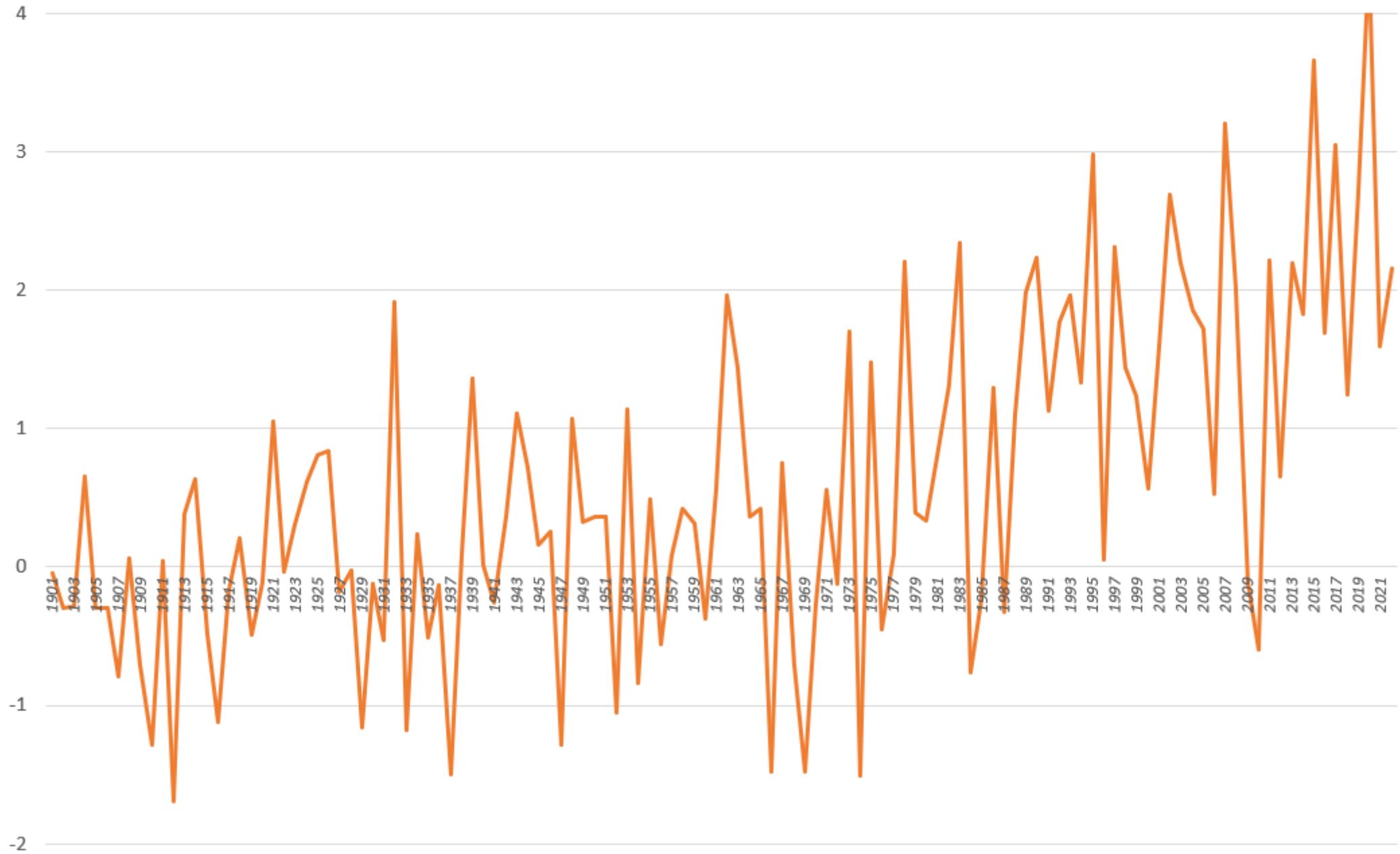
ROVANIEMI - Finland Air Temperature [°C]



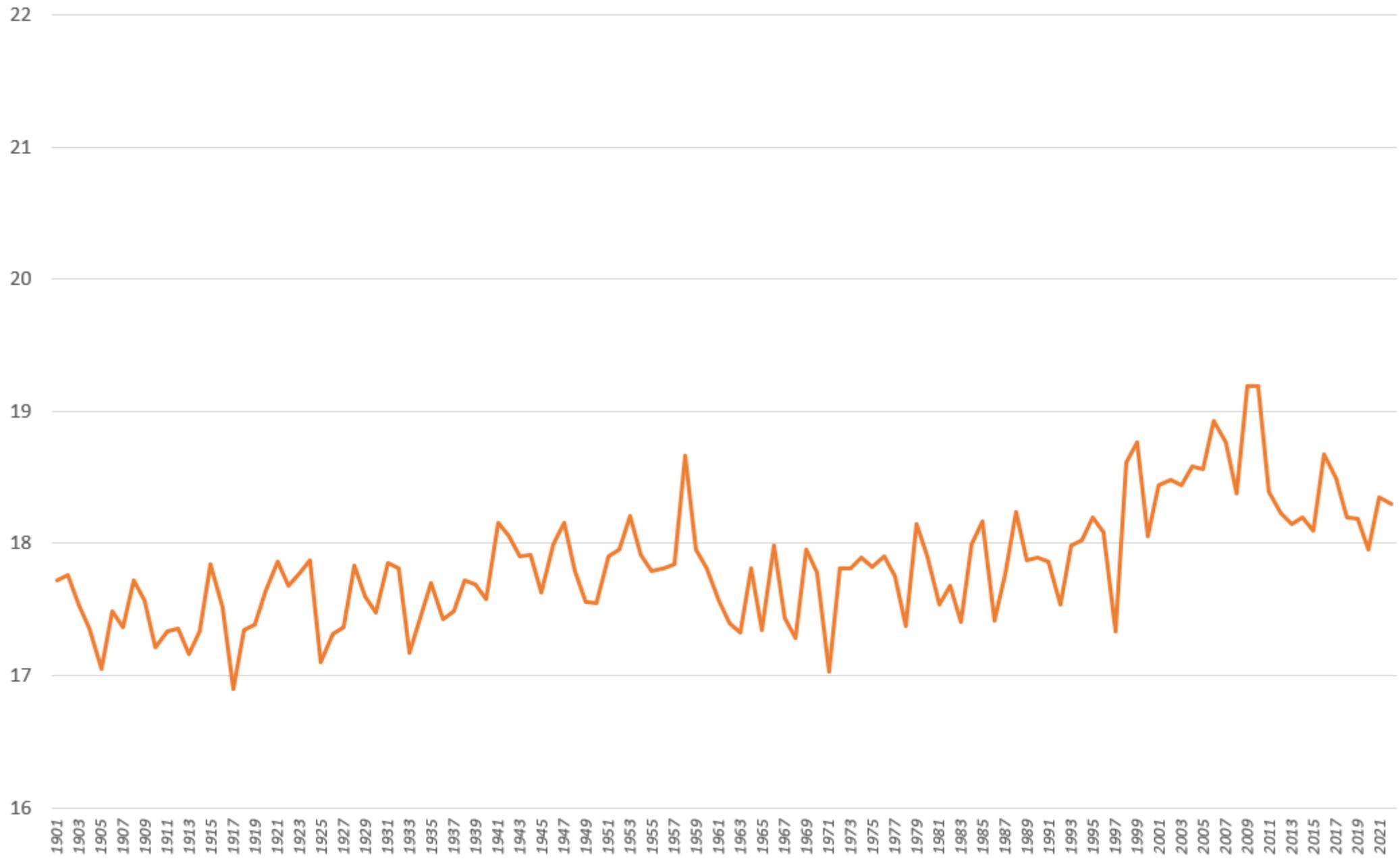
LOIRA - France Air Temperature [°C]



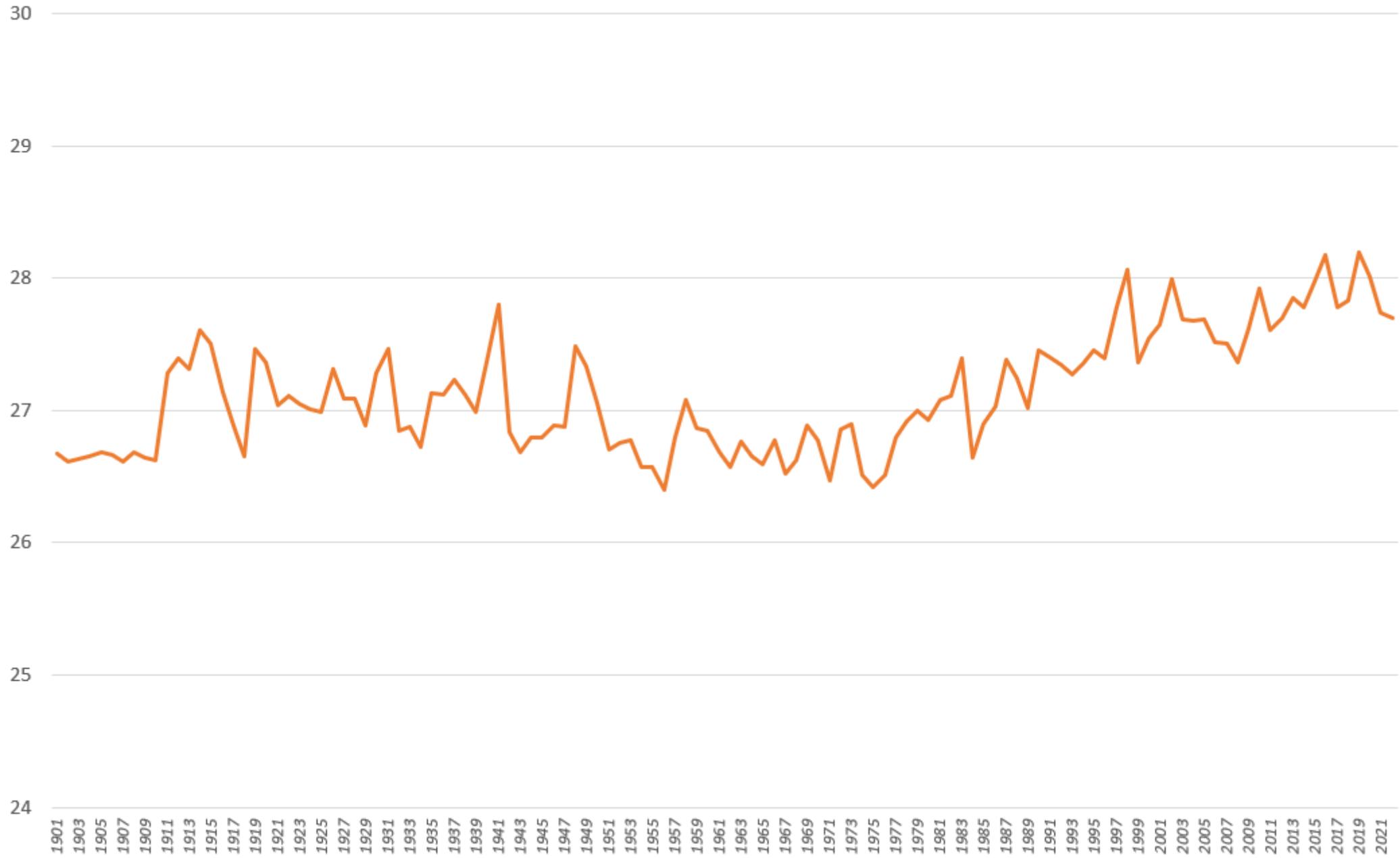
Krasnojarsk - Russia Air Temperature [°C]



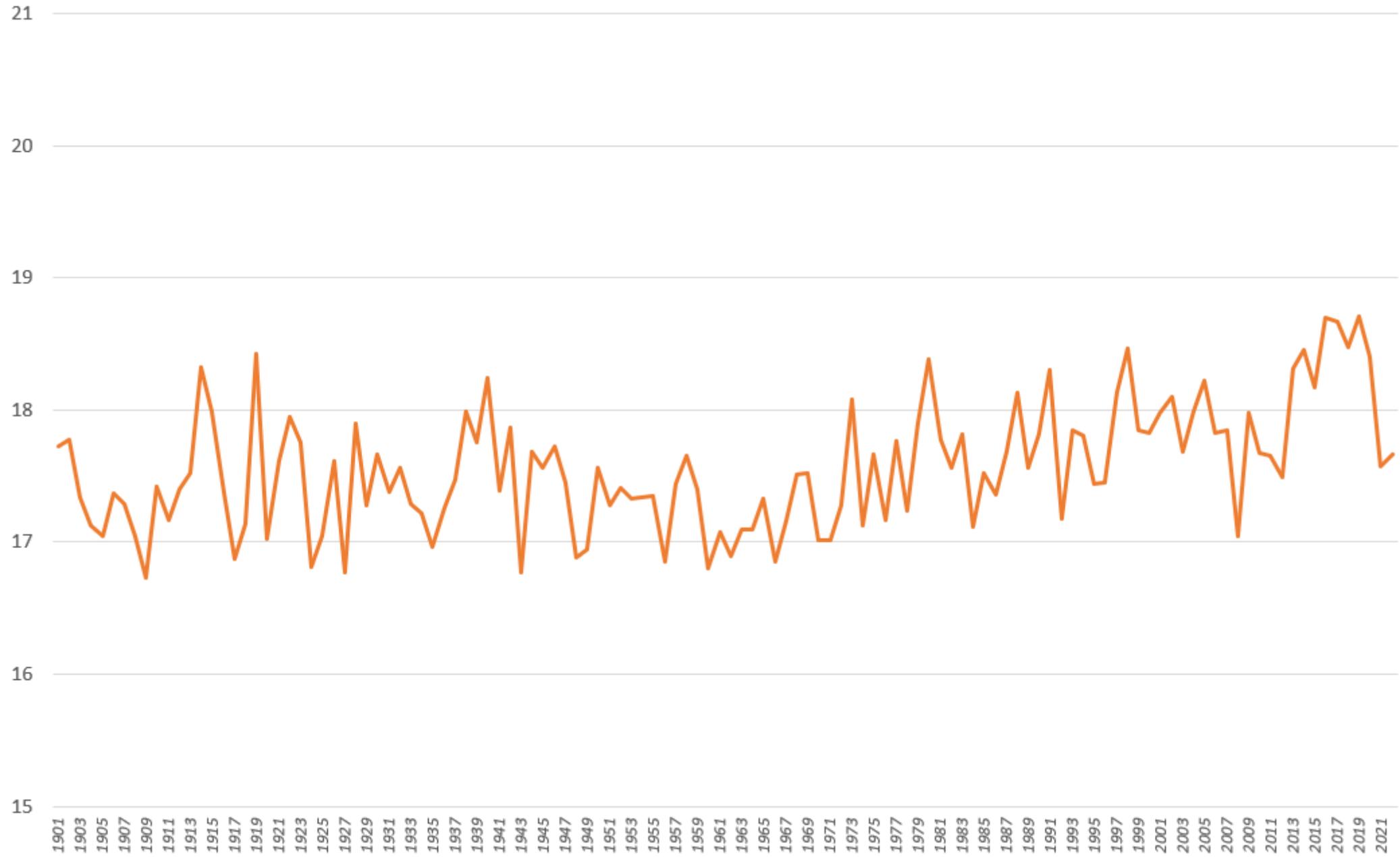
Katmandu -Nepal Air Temperature [°C]

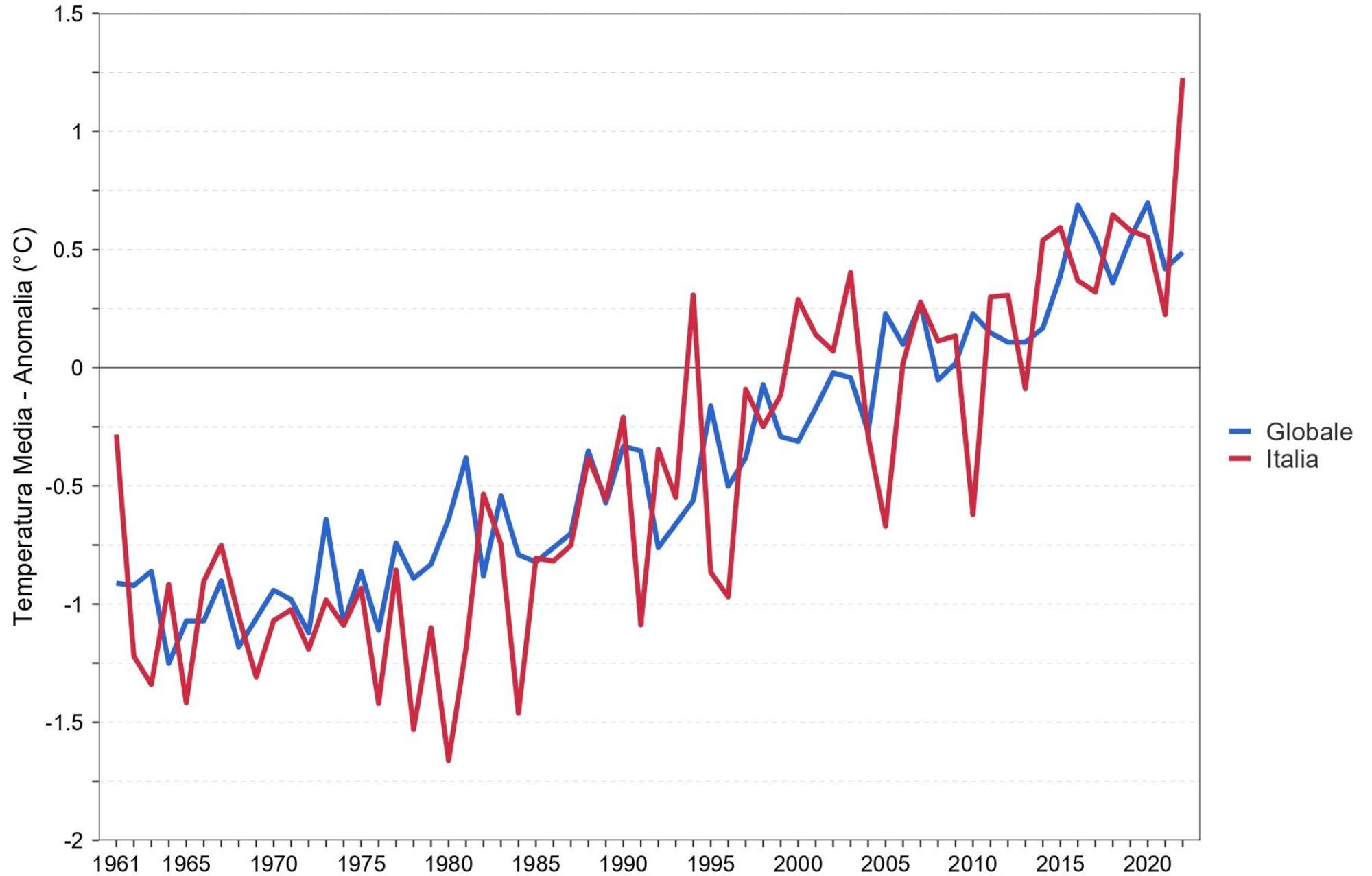


SINGAPORE - Air Temperature [°C]



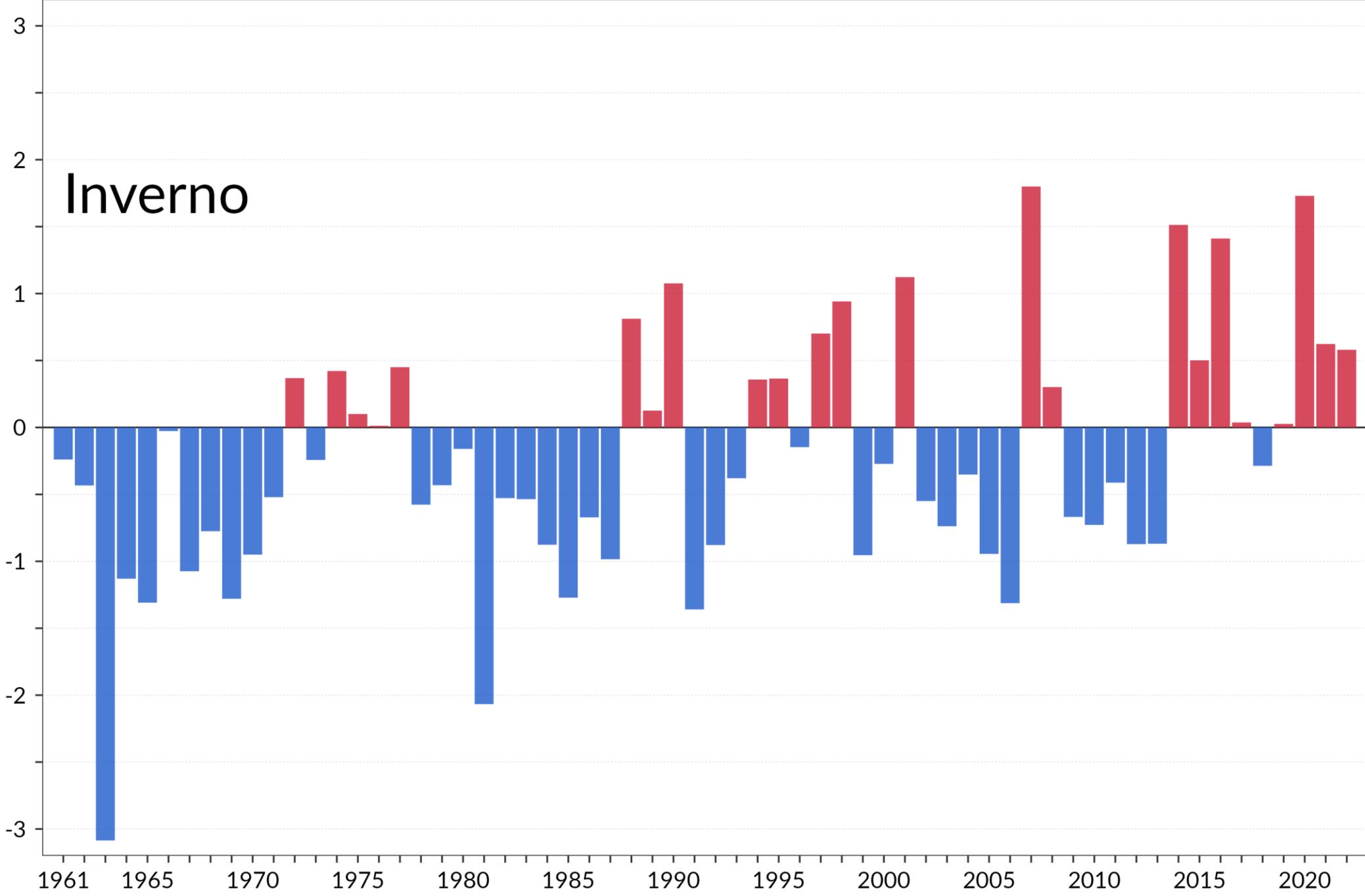
SYDNEY - Australia Air Temperature [°C]





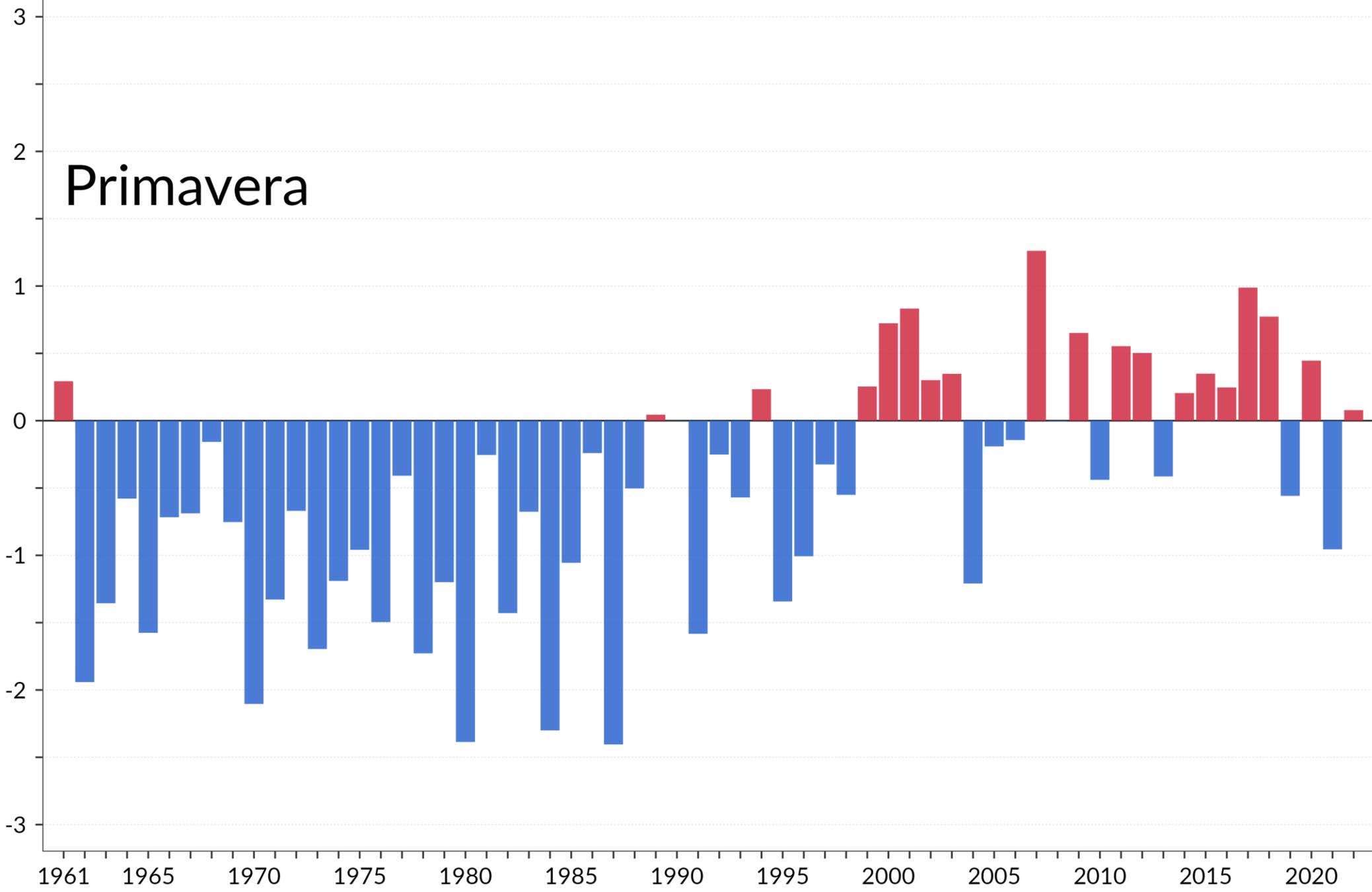
Temperatura Media - Anomalia (°C)

Inverno



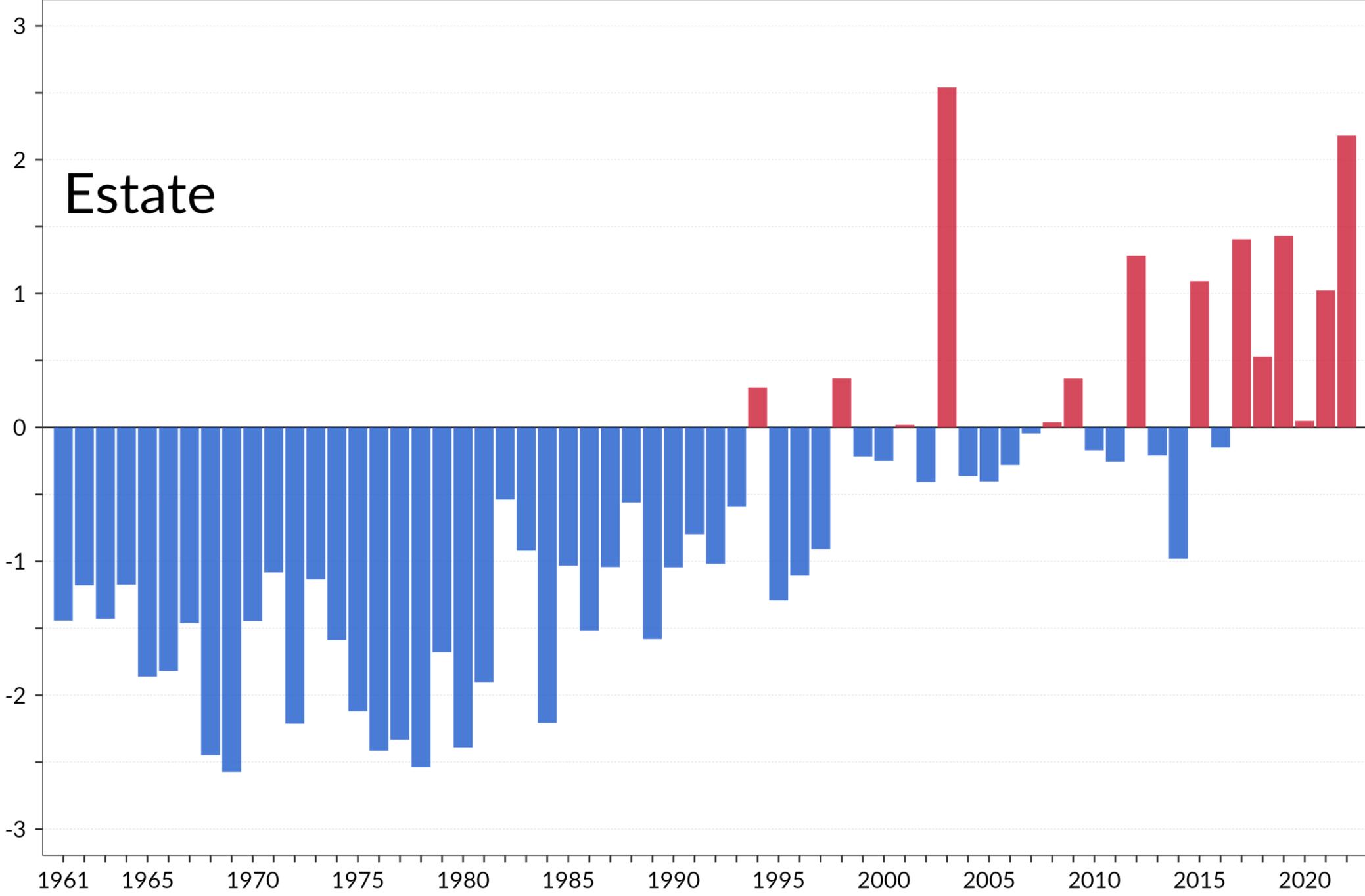
Temperatura Media - Anomalia (°C)

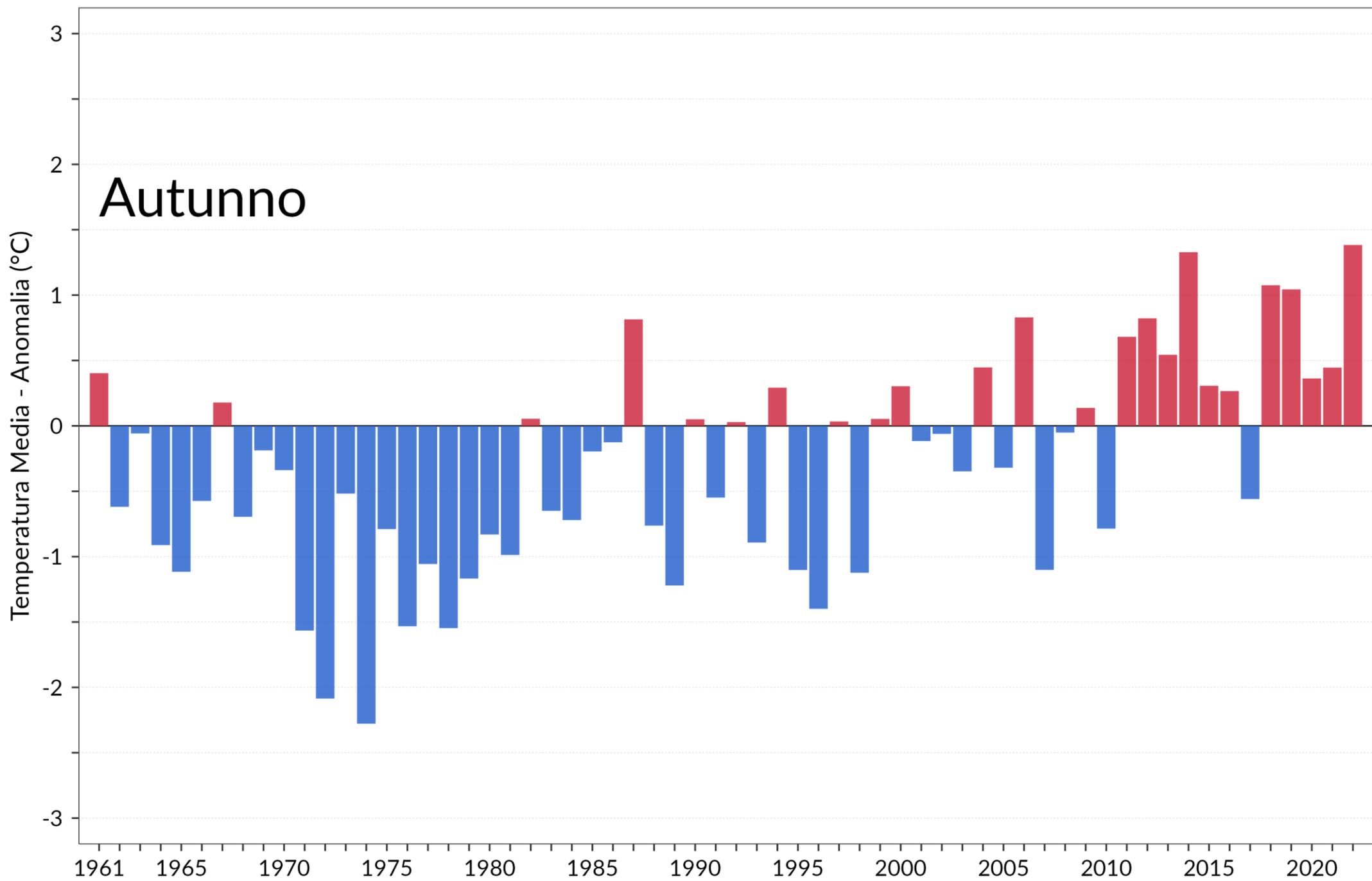
Primavera

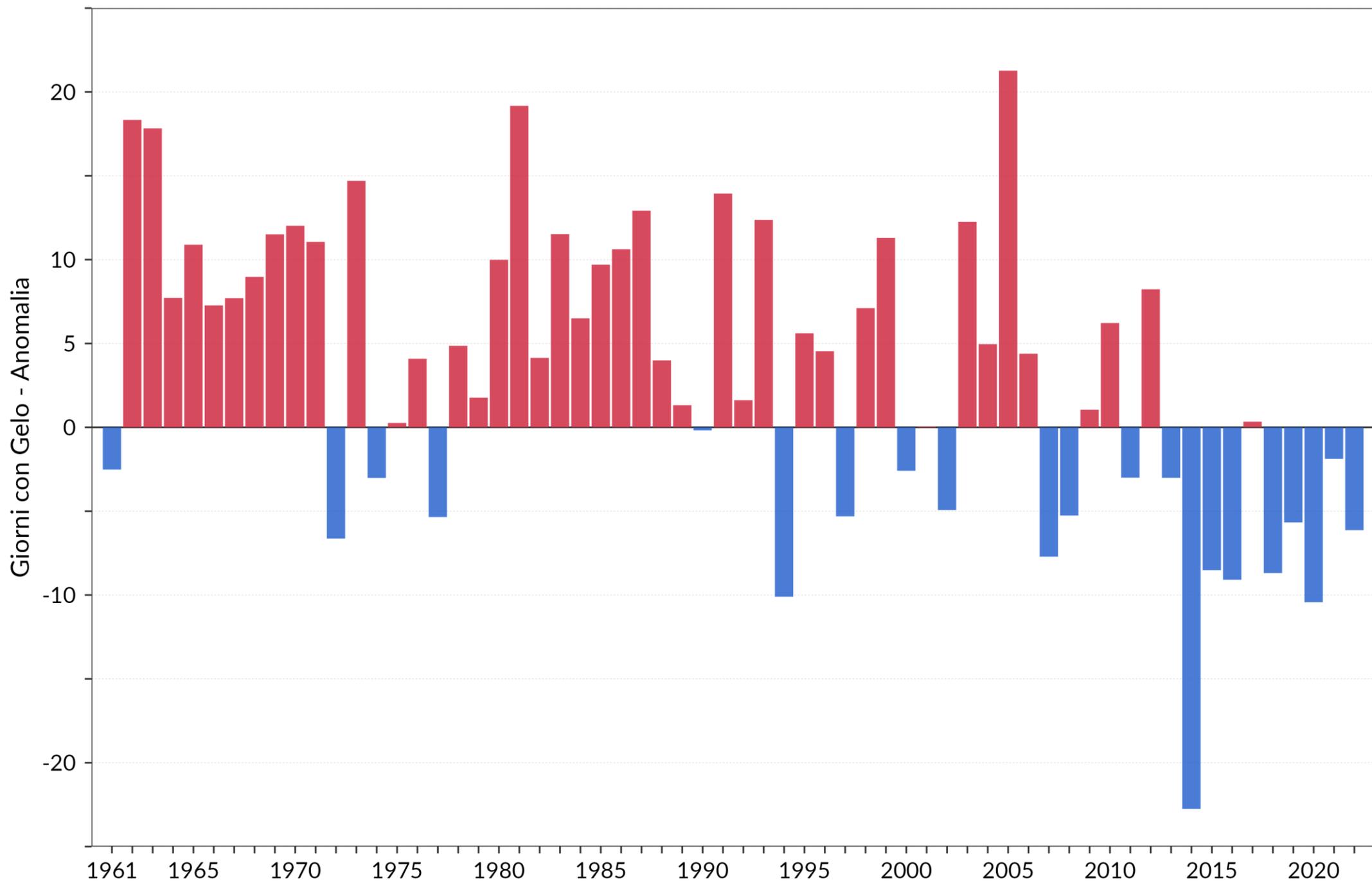


Temperatura Media - Anomalia (°C)

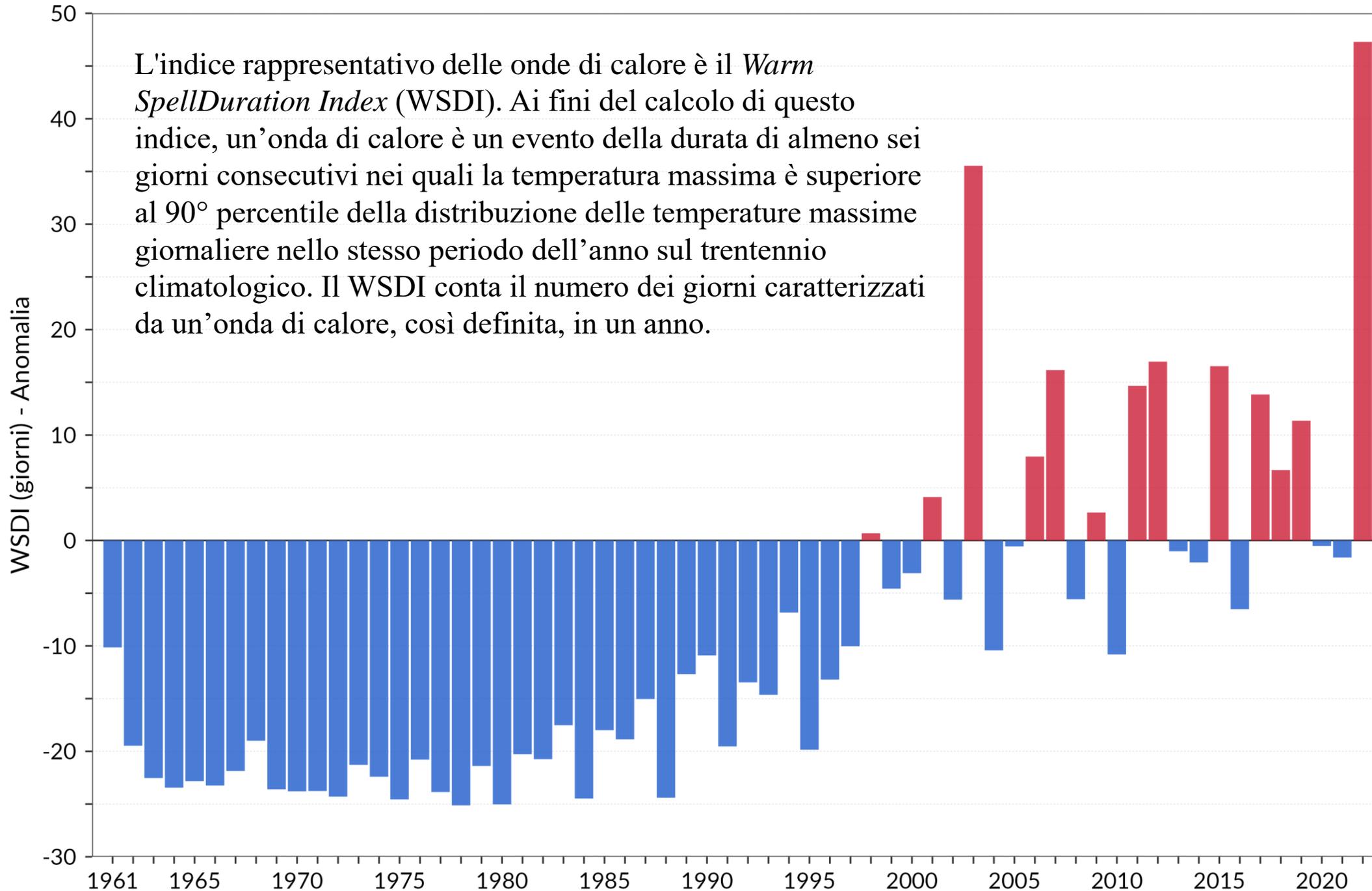
Estate

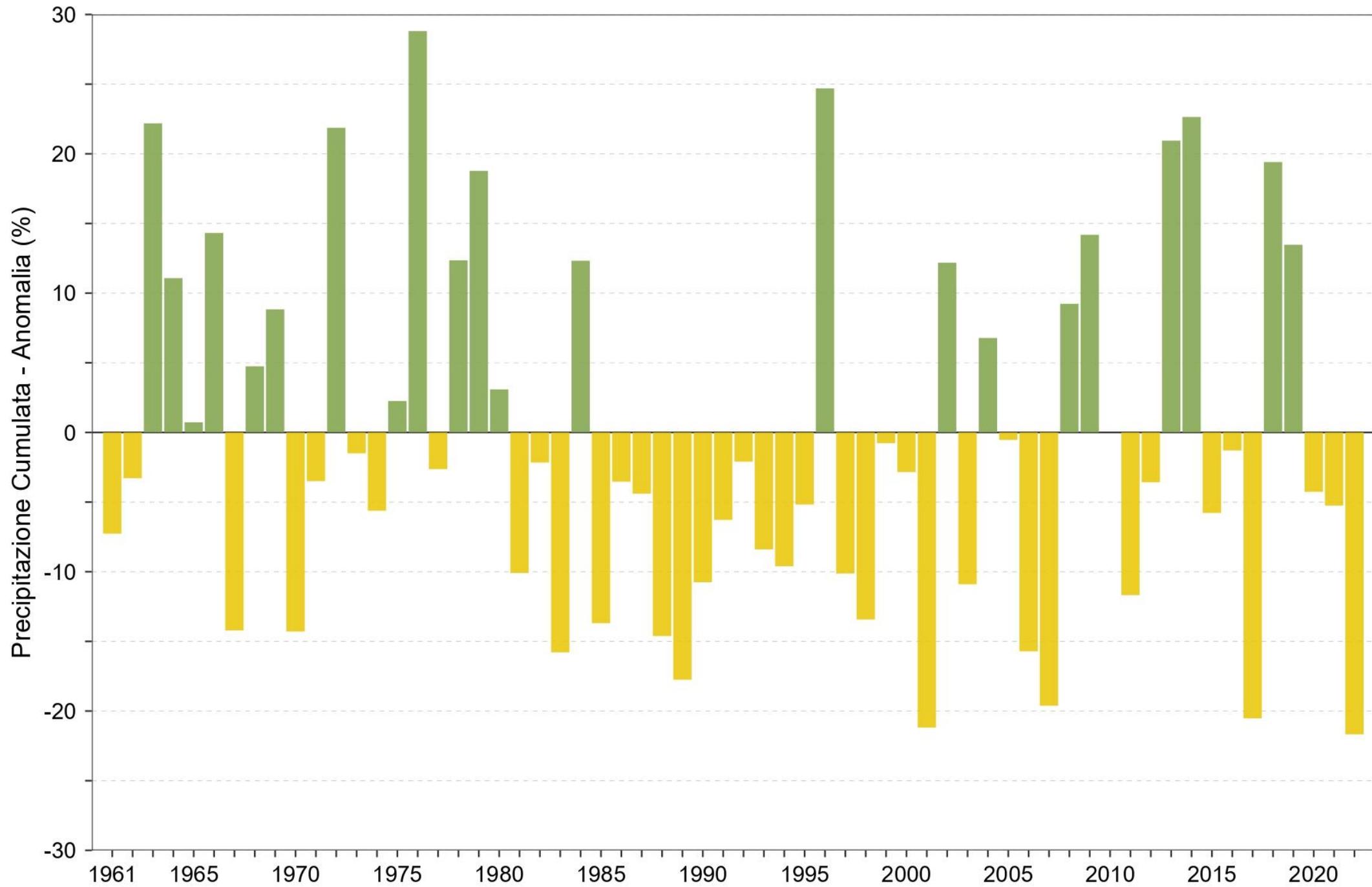




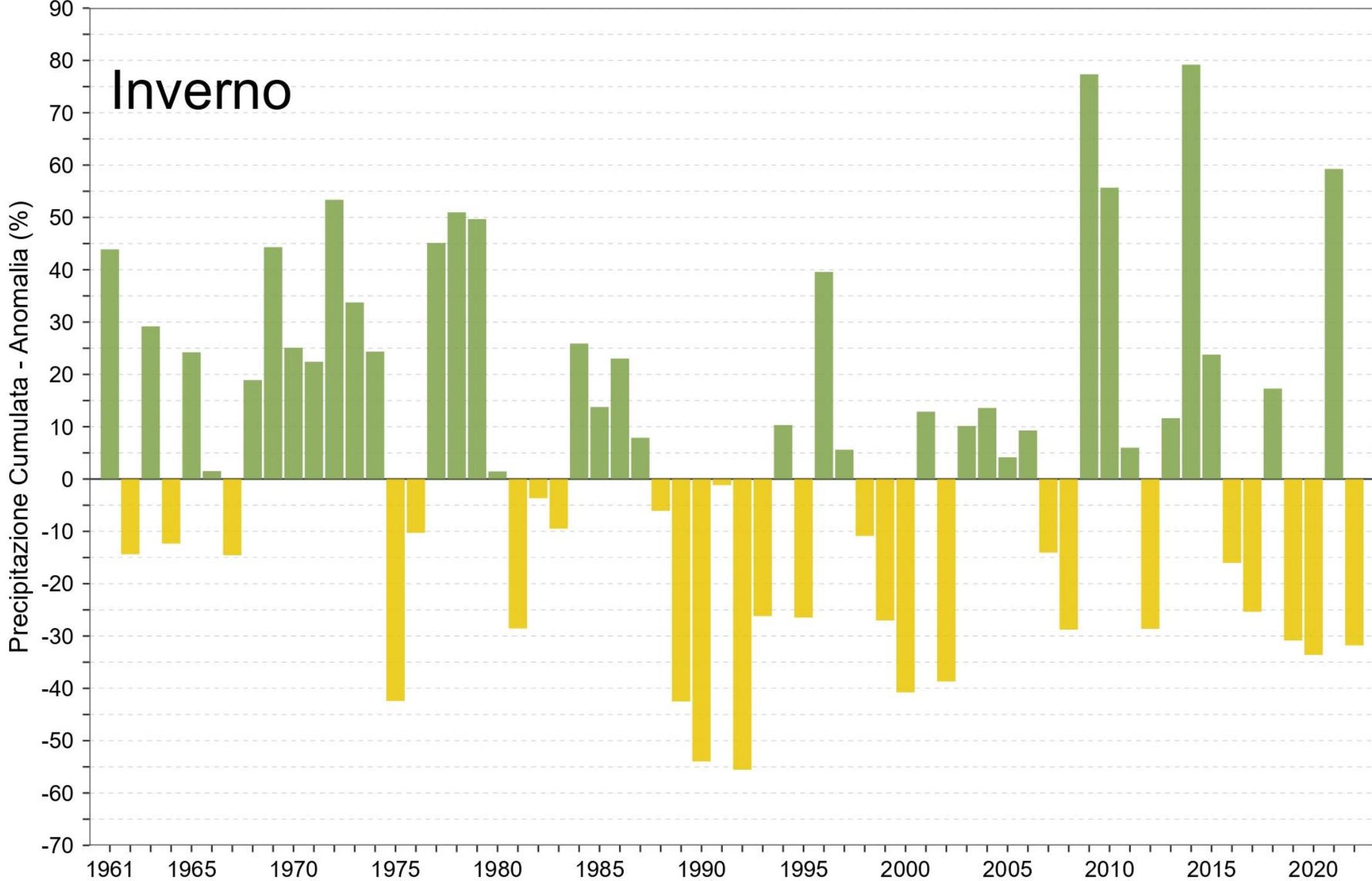


L'indice rappresentativo delle onde di calore è il *Warm SpellDuration Index* (WSDI). Ai fini del calcolo di questo indice, un'onda di calore è un evento della durata di almeno sei giorni consecutivi nei quali la temperatura massima è superiore al 90° percentile della distribuzione delle temperature massime giornaliere nello stesso periodo dell'anno sul trentennio climatologico. Il WSDI conta il numero dei giorni caratterizzati da un'onda di calore, così definita, in un anno.

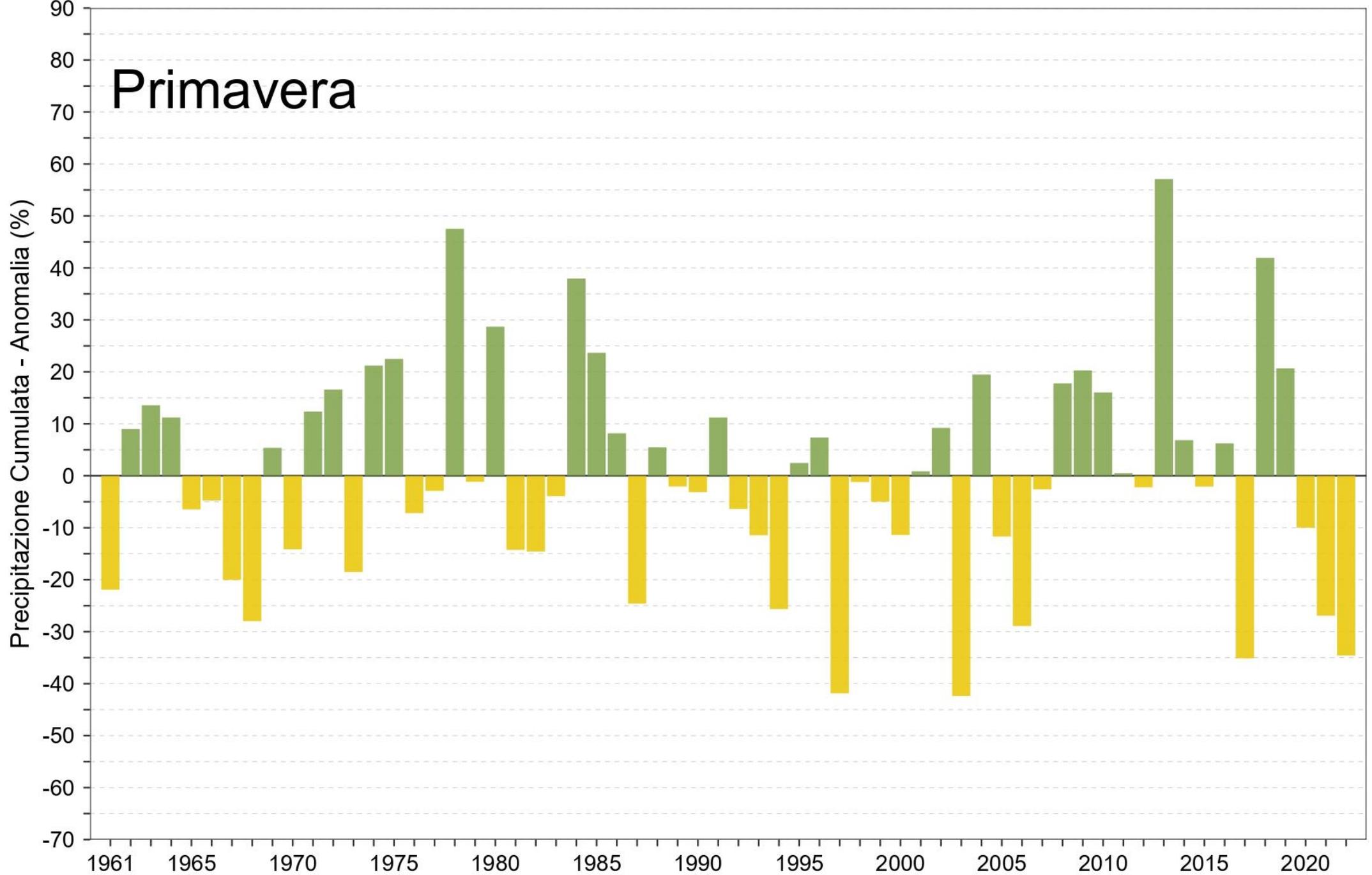


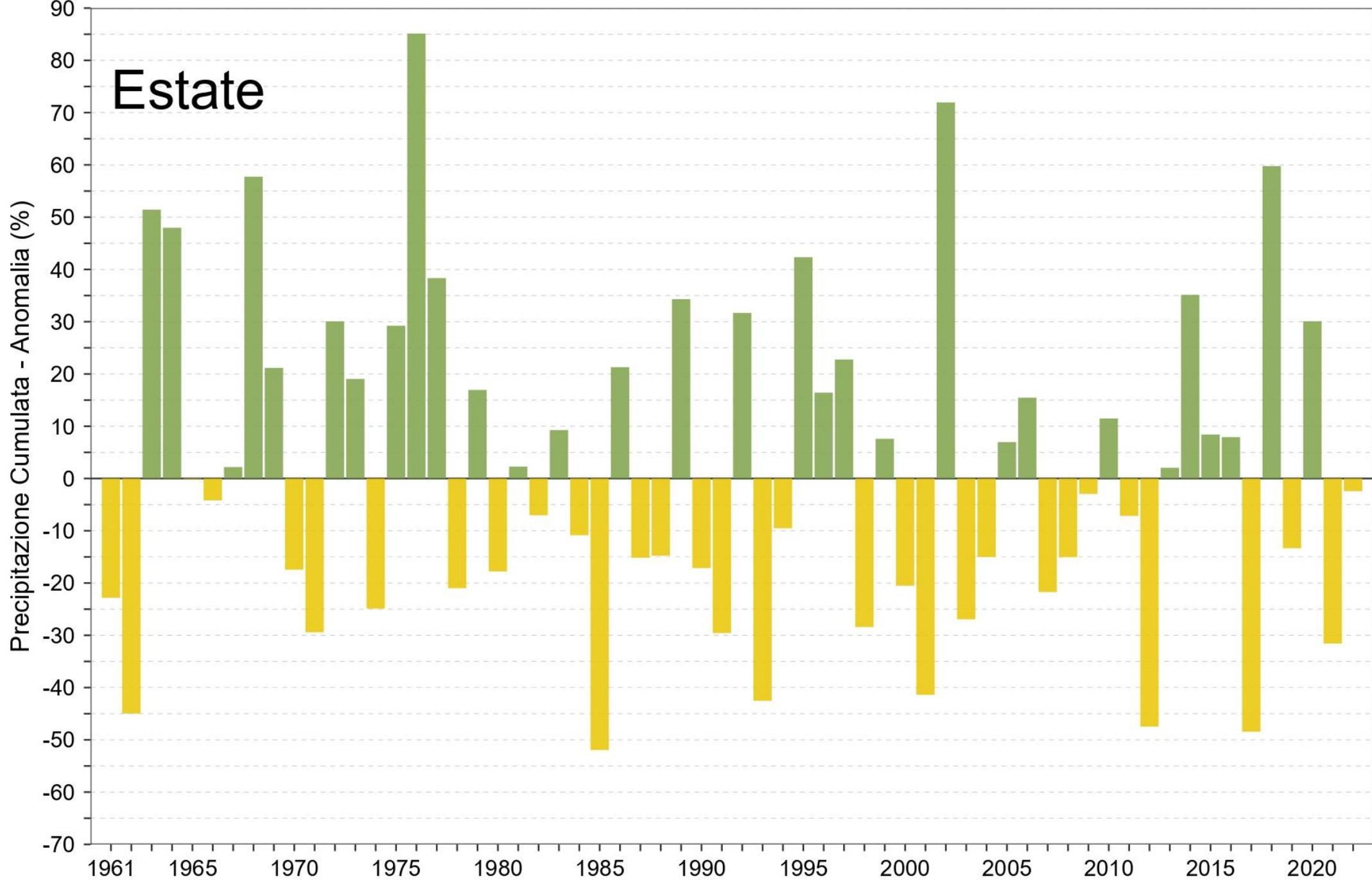


Inverno

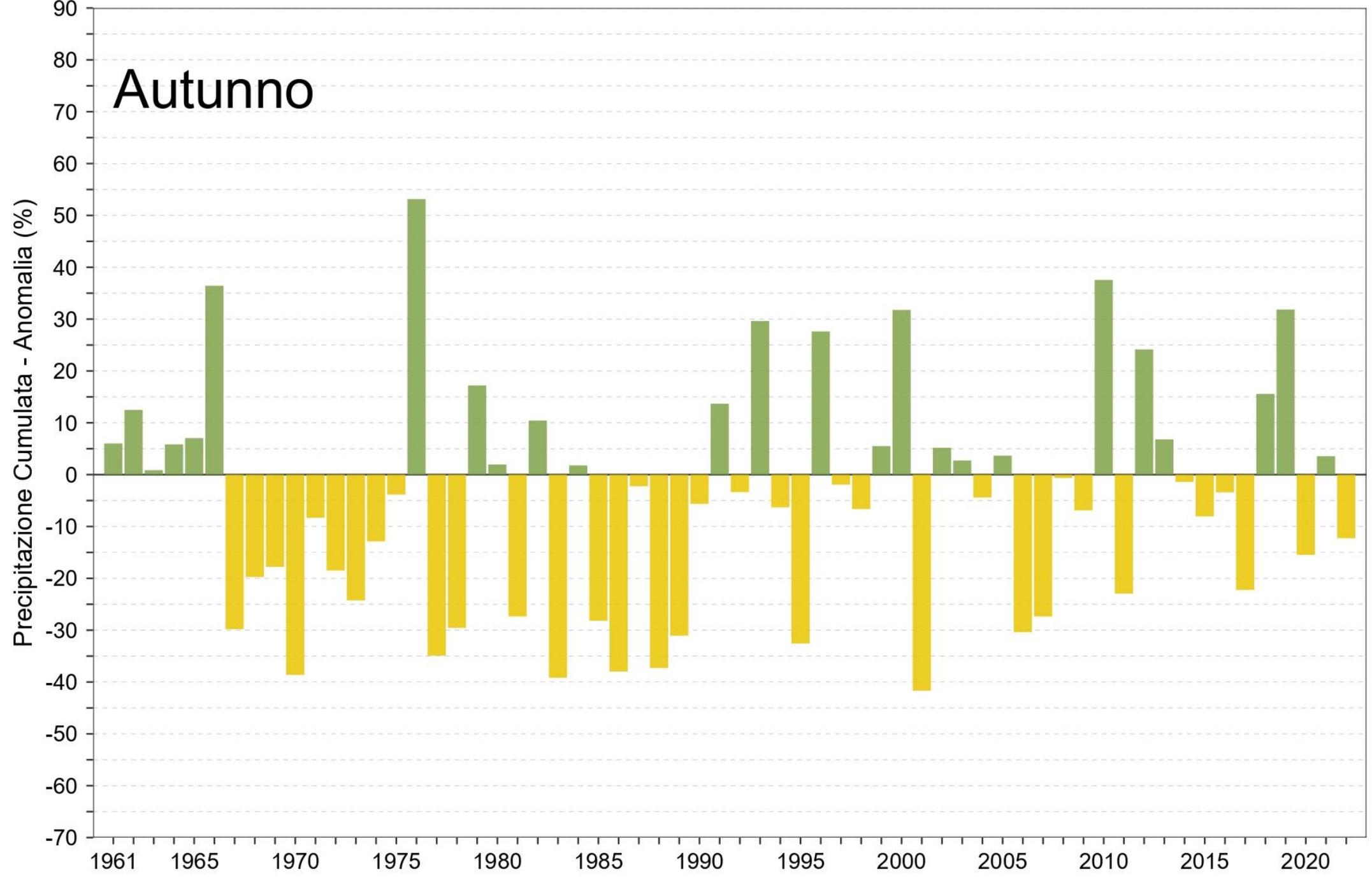


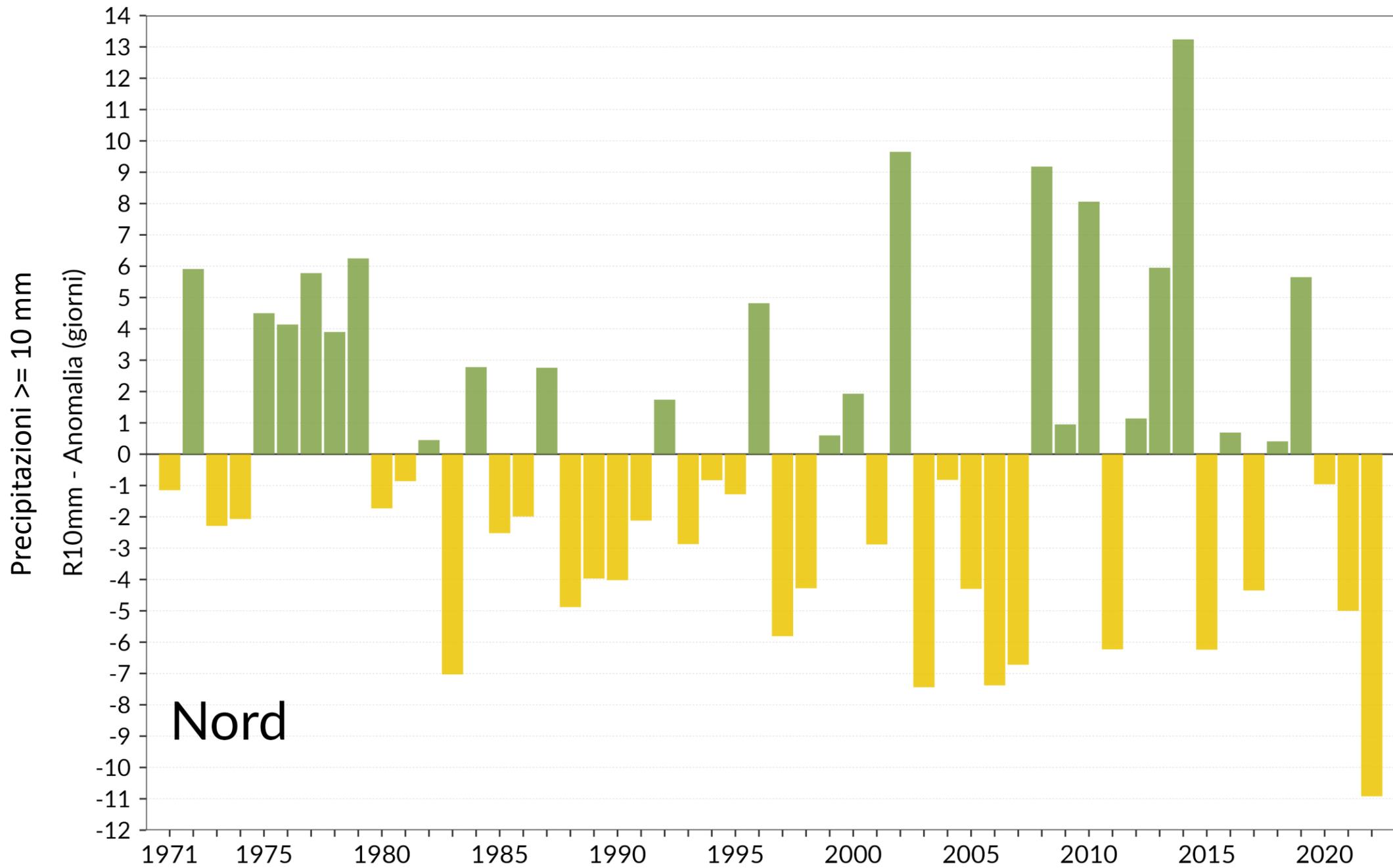
Primavera





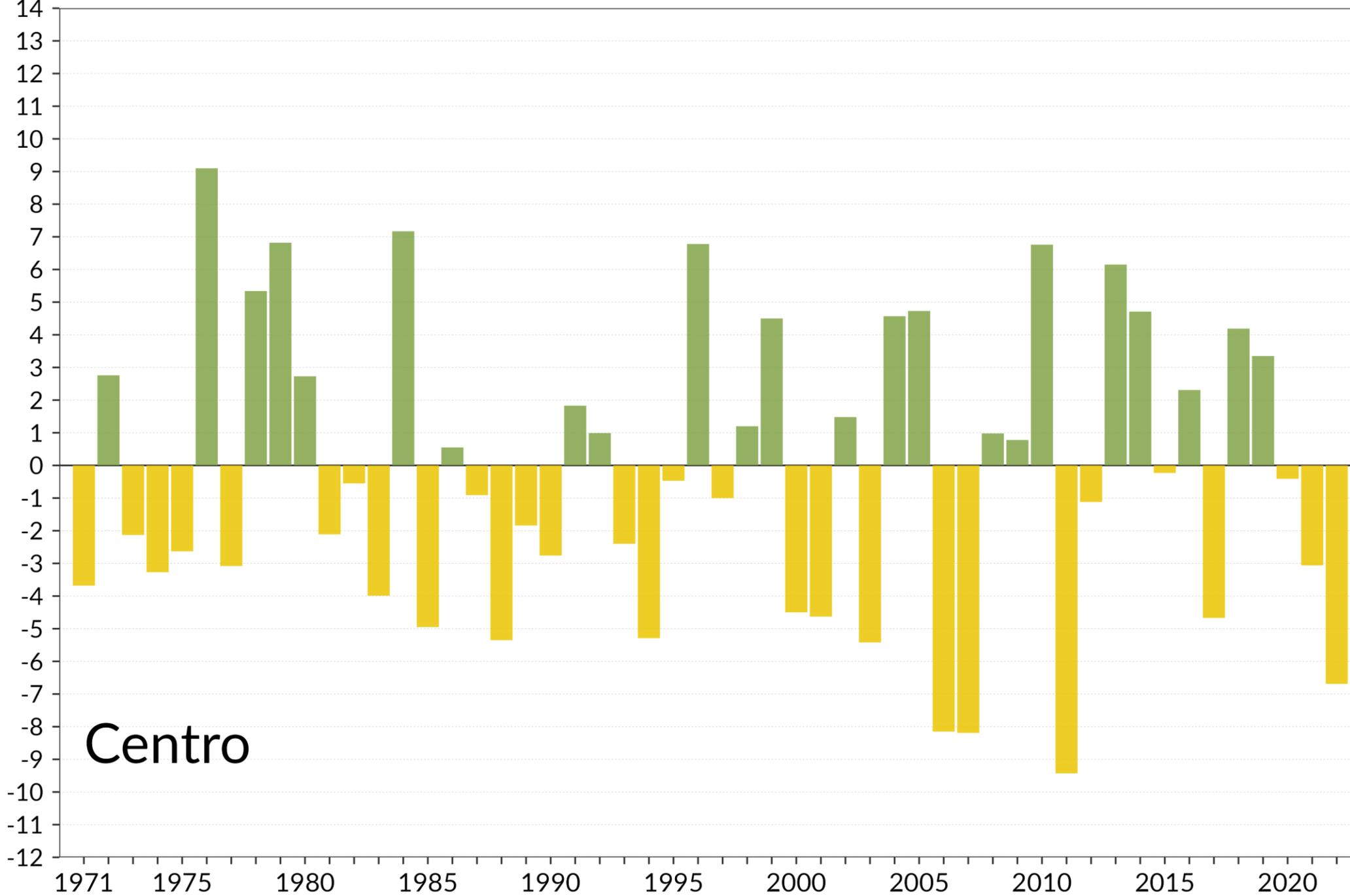
Autunno





Precipitazioni >= 10 mm

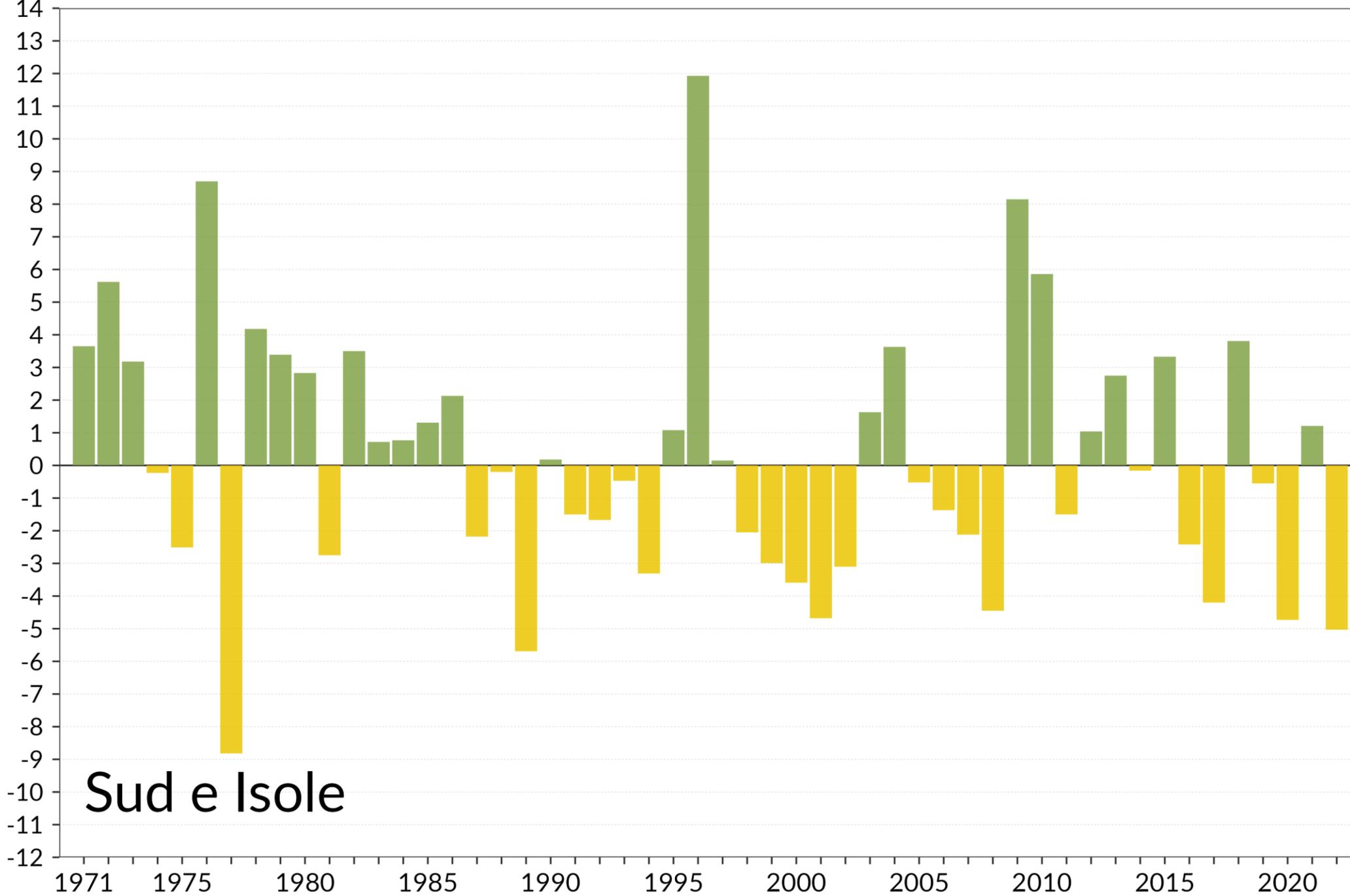
R10mm - Anomalia (giorni)



Centro

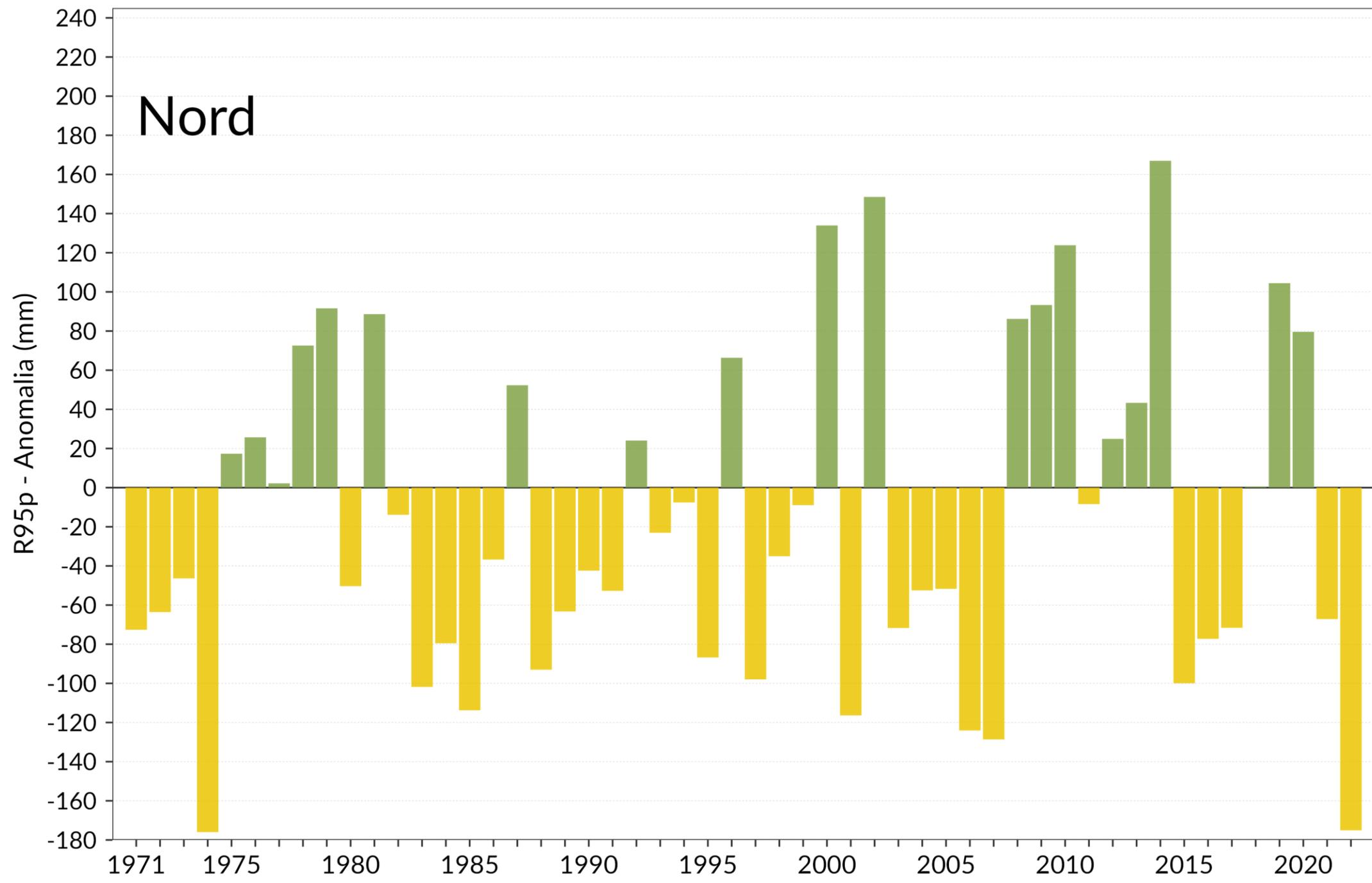
Precipitazioni >= 10 mm

R10mm - Anomalia (giorni)

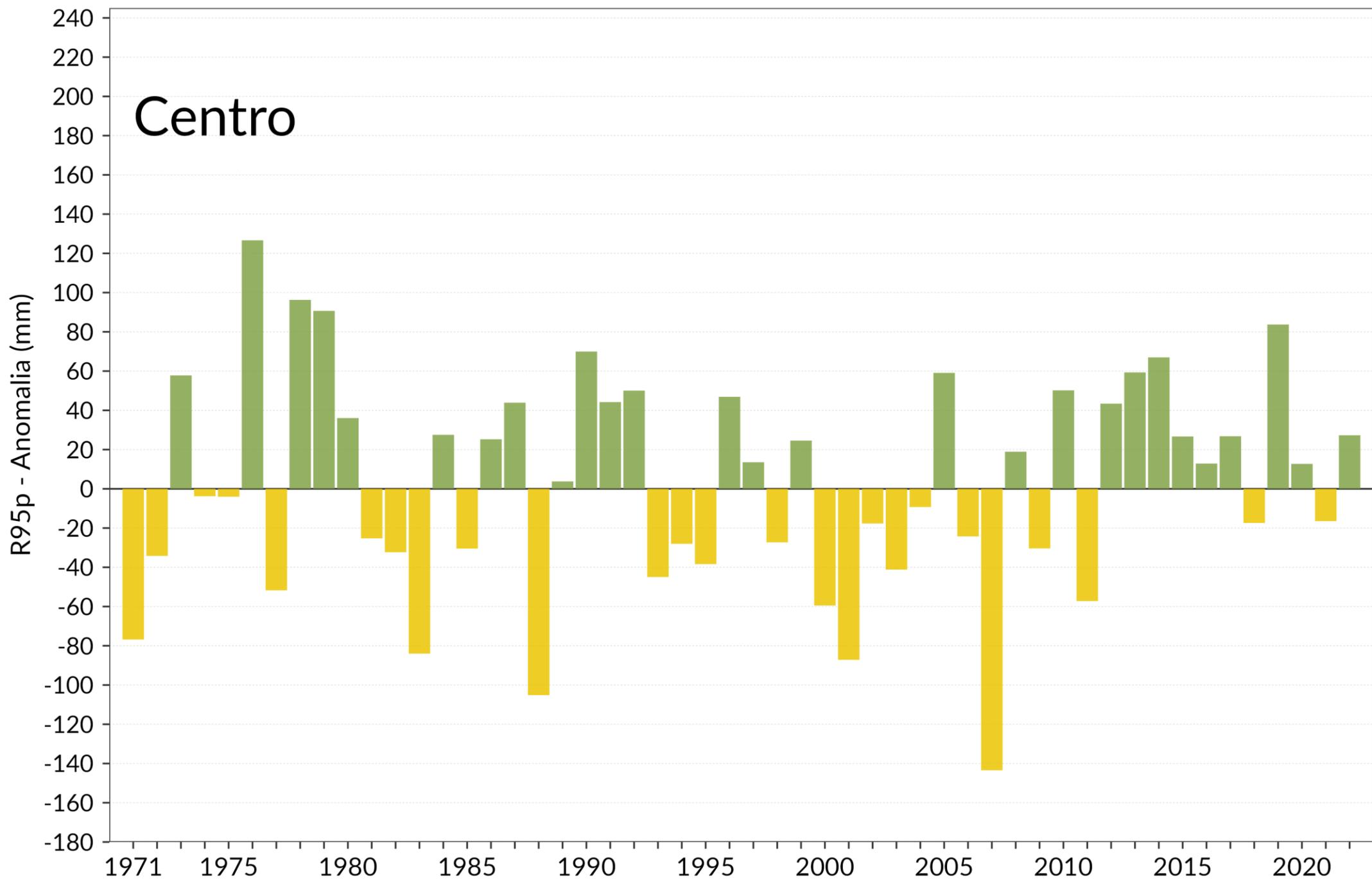


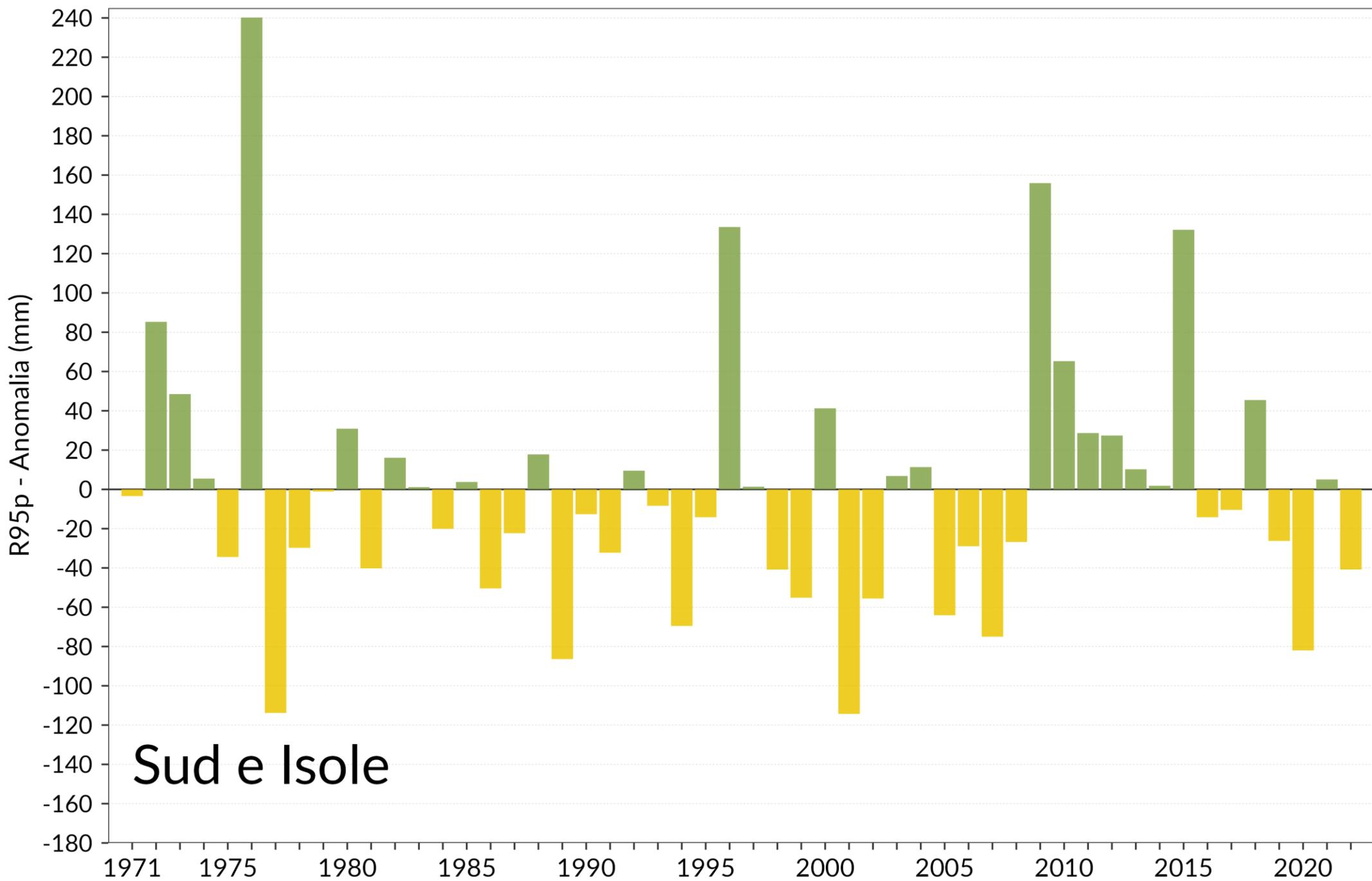
Sud e Isole

Nord



Centro





Eventi estremi : Il tempo di ritorno di un evento

Il tempo di ritorno T_r di un dato evento è definito come:

$$T_r = \frac{1}{1-P}$$

Il tempo di ritorno T_r rappresenta la durata media in anni del periodo in cui l'evento viene superato una sola volta. P è la probabilità di non superamento dell'evento esprimibile mediante una relazione che associa ad ogni valore dell'evento (es. altezza di pioggia o portata associata) la corrispondente probabilità di non superamento. Tale relazione viene in generale indicata come funzione, o distribuzione, di probabilità.

Ha senso parlare di eccezionalità in presenza di non stazionarietà ?

Extreme Events - Climameter

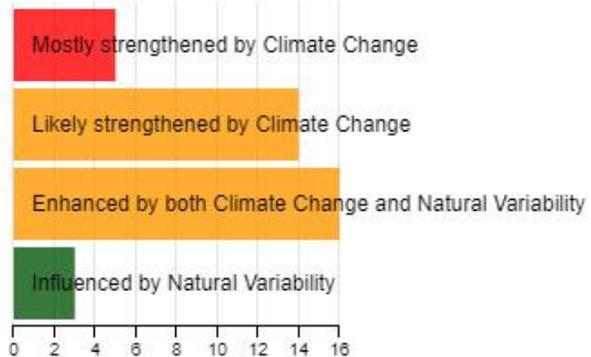


<i>Id</i>	<i>Start date</i>	<i>Name event</i>	<i>Duration</i>	<i>Country</i>	<i>Cities</i>
1	2024/03/09	Storm Monica	1	France	Cevennes, Nimes, Genoa
2	2024/02/15	Morocco Heatwave	4	Morocco	Agadir, Casablanca, Rabat
4	2024/02/01	California Floods	1	USA	Los Angeles, Santa Barbara, ...
5	2024/01/22	San Diego Floods	1	USA	San Diego, Tijuana, Solana B...
6	2024/01/15	Cyclone Belal	1	France	Saint-Denis, Saint-Benoit, Por...
7	2024/01/14	USA Winter Storm	3	USA	Denver, Chicago, Miami
8	2024/01/08	Scandinavian Cold Spell	3	Norway	Oslo, Stockholm, Helsinki
9	2023/12/18	Cyclone Jasper	1	Australia	Townsville, Cairns, Mackay
10	2023/12/06	North-West USA & Canada Atmospheric River	2	USA	Portland, Seattle, Vancouver
11	2023/12/02	Ciro Snowstorm	1	Germany	Munich, Salzburg, Vienna

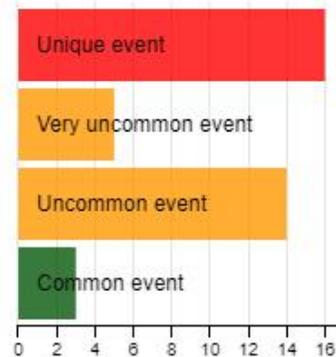
Event Type



Sources of Detected Changes



Event Rarity



European Severe Weather Database

<p>heavy rain</p> <p>to map</p>	<p>Məmmədli Abşeron Azerbaijan (40.51 N, 49.90 E) < 5 km 20-03-2024 (Wednesday) 01:00 UTC (+/- 3 hrs.)</p>	<p>based on information from: a newspaper report Impacts: Road(s) impassable or closed, Basement(s) flooded https://baku.ws/video/221331 Reference: "Məmmədli kəndi suyun içində qalıb", BAKU.ws, 20 MAR 2024 report status: report confirmed by reliable source (QC1) contact: Thilo Kühne (ESWD management/ESSL Team)</p>
<p>severe wind</p> <p>to map</p>	<p>Baku - Nasimi Baki Azerbaijan (40.40 N, 49.84 E) < 1 km 19-03-2024 (Tuesday) 20:00 UTC (+/- 3 hrs.)</p>	<p>based on information from: a newspaper report, photograph(s) and/or video footage of the inflicted damage Impacts: Car(s) damaged (unspecified), Tree(s) uprooted or snapped https://baku.ws/incident/221307 Reference: "Bakıda güclü külək: Kökündən qopan ağac "Prius"ların üzərinə aşdı - VIDEO", BAKU.ws, 20 MAR 2024 report status: report confirmed by reliable source (QC1) contact: Thilo Kühne (ESWD management/ESSL Team)</p>
<p>heavy rain</p> <p>to map</p>	<p>Pəzməri Nakhichevan Azerbaijan (39.03 N, 46.01 E) < 5 km 19-03-2024 (Tuesday) 17:00 UTC (+/- 3 hrs.)</p>	<p>based on information from: a newspaper report, photograph(s) and/or video footage of the inflicted damage Impacts: Road(s) impassable or closed, Land- or mudslide(s) https://oxu.az/society/851649 Reference: "Ordubadda güclü yağış fəsadlar törədib - FOTO", OXU.az, 20 MAR 2024 report status: report confirmed by reliable source (QC1) contact: Thilo Kühne (ESWD management/ESSL Team)</p>
<p>heavy rain</p> <p>to map</p>	<p>Biçənək Nakhichevan Azerbaijan (39.49 N, 45.75 E) < 3 km 19-03-2024 (Tuesday) 17:00 UTC (+/- 3 hrs.)</p>	<p>based on information from: a newspaper report, photograph(s) and/or video footage of the inflicted damage Impacts: Road(s) impassable or closed, Land- or mudslide(s) https://yenisabah.az/guclu-yagis-yagdi-qaya-parcalari-yola-sepelendi-foto Reference: "Güclü yağış yağdı, qaya parçaları yola səpələndi - FOTO ", YENI SABAH, 20 MAR 2024 report status: report confirmed by reliable source (QC1) contact: Thilo Kühne (ESWD management/ESSL Team)</p>
<p>large hail</p> <p>to map</p>	<p>Campdevànoi Catalunya Spain (42.22 N, 2.17 E) < 3 km 19-03-2024 (Tuesday) 16:30 UTC (+/- 15 min.)</p>	<p>based on information from: a report on a website, an eye-witness report, photo or video of the event maximum hail diameter: 2 cm Hail 1-2cm i.d. https://twitter.com/pere10pere/status/1770123786915876903 Reference: perep10pere (X), 19 MAR 2024 report status: plausibility check passed (QC0+) contact: Thilo Kühne (ESWD management/ESSL Team)</p>
<p>large hail</p> <p>to map</p>	<p>Amer Catalunya Spain (42.01 N, 2.60 E) < 3 km 19-03-2024 (Tuesday) 16:25 UTC (+/- 15 min.)</p>	<p>based on information from: a report on a website, an eye-witness report, photo or video of the event maximum hail diameter: 2 cm Hail 1-2cm i.d. https://twitter.com/barrufeta28/status/1770125932952490388 Reference: Barrufeta28 (X), 19 MAR 2024 report status: plausibility check passed (QC0+) contact: Thilo Kühne (ESWD management/ESSL Team)</p>
<p>large hail</p> <p>to map</p>	<p>Sant Feliu de Pallerols Catalunya Spain (42.08 N, 2.51 E) < 3 km 19-03-2024 (Tuesday) 16:07 UTC (+/- 5 min.)</p>	<p>based on information from: a report on a website, an eye-witness report, photo or video of the event maximum hail diameter: 3 cm Largest hail (visible on photo) slightly larger than a 2-EUR-Coin [2.85cm] = 3cm i.d. https://twitter.com/P4Estacions/status/1770174043171291639/photo/2 https://twitter.com/P4Estacions/status/1770174043171291639/photo/1 Reference: Projecte 4 Estacions (X), 19 MAR 2024 report status: report confirmed by reliable source (QC1) contact: Thilo Kühne (ESWD management/ESSL Team)</p>

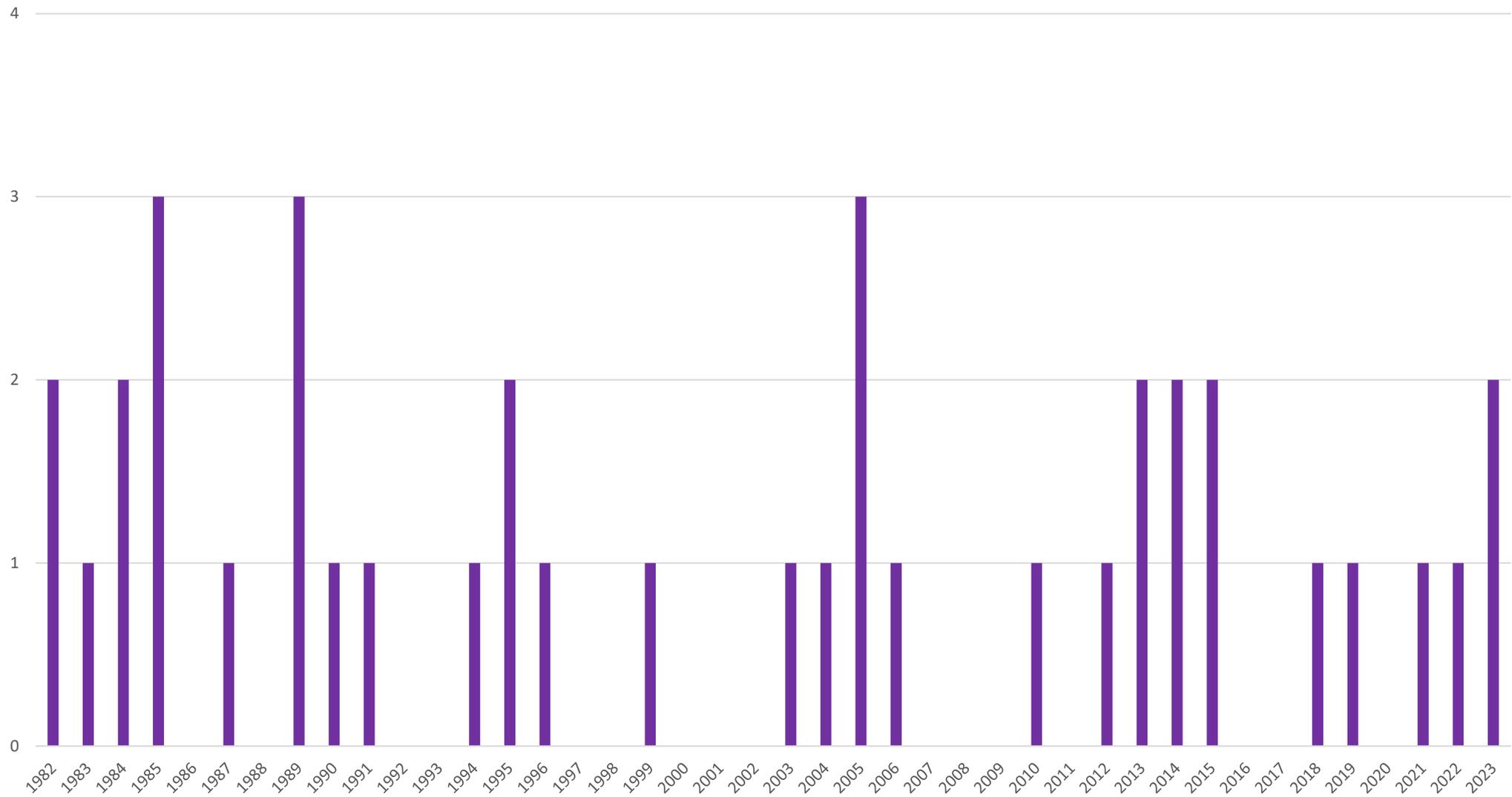




Analisi degli eventi critici in ambiente agricolo

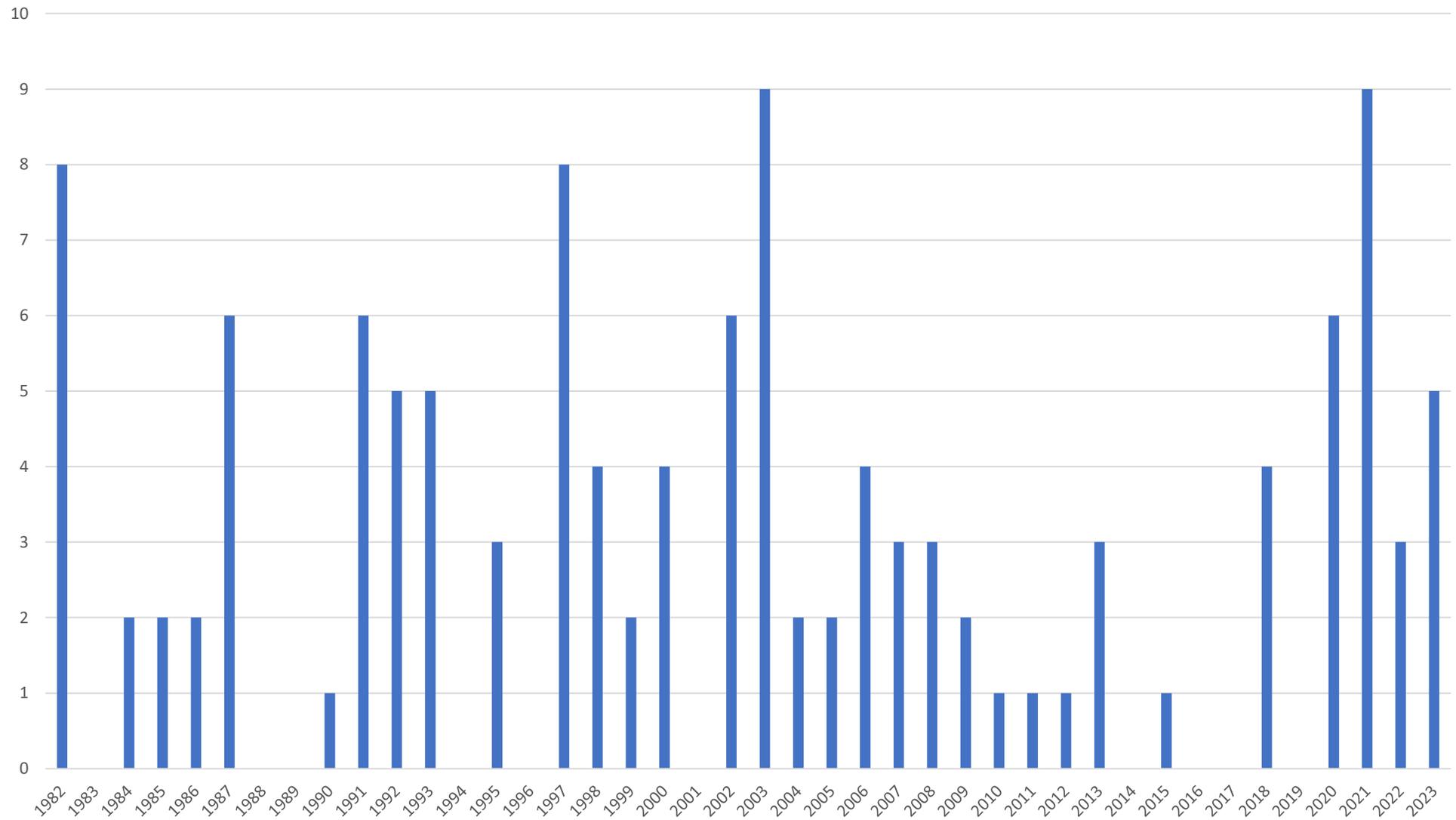
- Elaborazioni statistiche su i punti di griglia compresi all'interno del territorio ad uso agricolo (piante da frutto) della Romagna , collocato tra Imola – Faenza – Forli – Cesena.
- Dati provenienti da Banca Dati SCIA dell' ISPRA

Numero di giorni all'anno con precipitazioni giornaliere >40 mm in Romagna



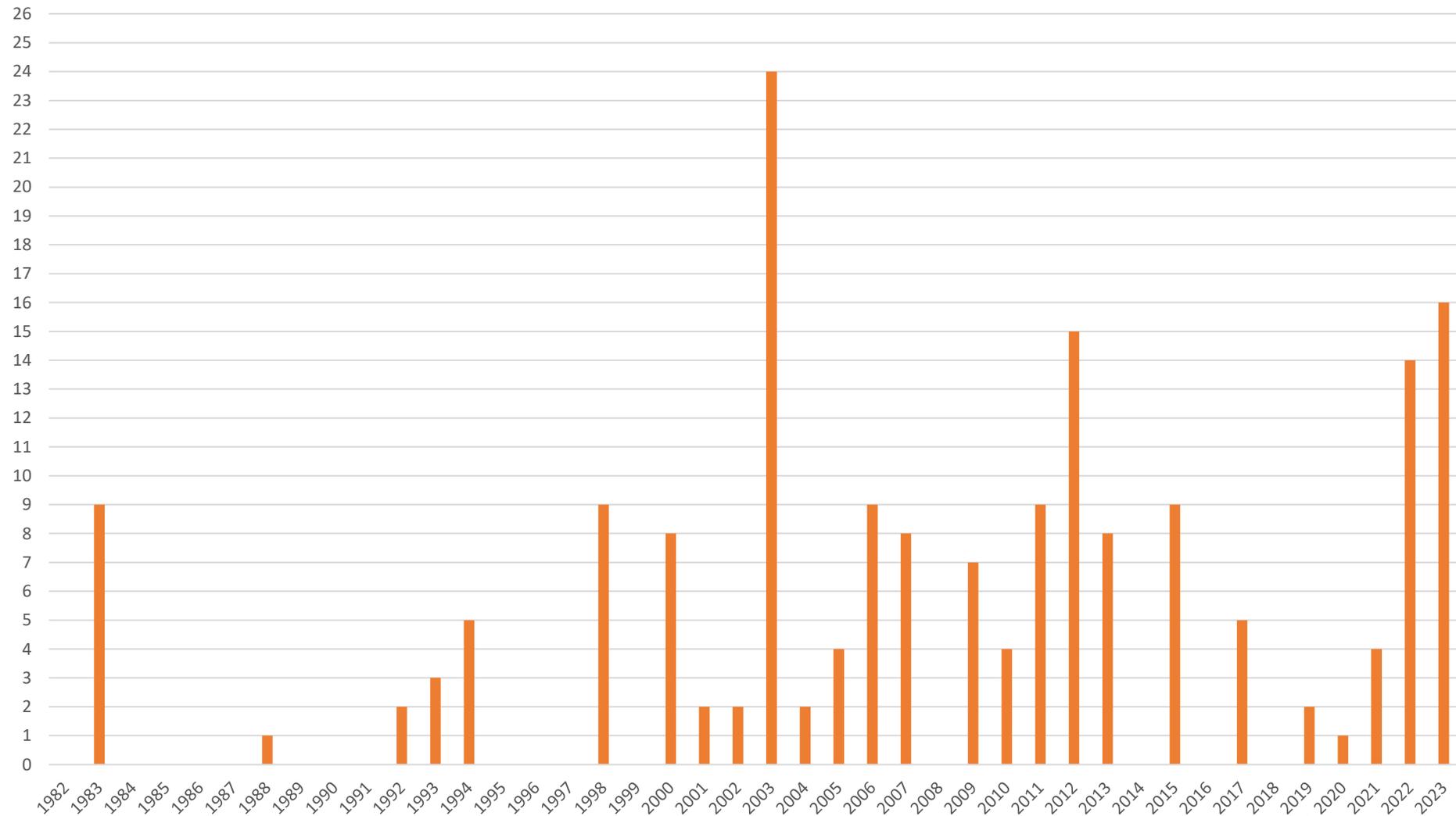
Il grafico mostra una analisi sugli eventi precipitativi «estremi», ovvero precipitazioni giornaliere che eccedono i 40 mm. L'analisi si riferisce ad un dataset che prende in considerazione dati dalle stazioni dell'idrografico poste nel territorio Romagnolo.

Numero di giorni con Gelate tardive in Romagna 1982 - 2023



Il grafico mostra il numero di giorni con gelate tardive, ovvero i giorni con temperature minime al di sotto dello zero nel periodo 15 marzo -30 aprile, periodo di gemmazione e fioritura delle colture arboree. Periodo di estrema sensibilità delle colture alle gelate, con conseguenti potenziali perdite di resa. L'analisi mostra significative frequenze degli eventi sino al 2008, e una successiva recrudescenza del fenomeno dal 2018 al 2023.

Numero di giorni con Temperature massime giornaliere >35°C in Romagna 1982 - 2023



Il grafico mostra il numero di giorni annui in cui le temperature massime estive (1 giugno – 31 agosto) superano i 35 °C , soglia termica di suscettibilità per molte colture erbacee ed arboree. In termini di frequenza dell'evento , dal 1998, si può affermare che è un evento che si ripete annualmente , con un picco nello storico 2003 (ben 24 giorni) e con una elevata frequenza nelle ultime due estati.

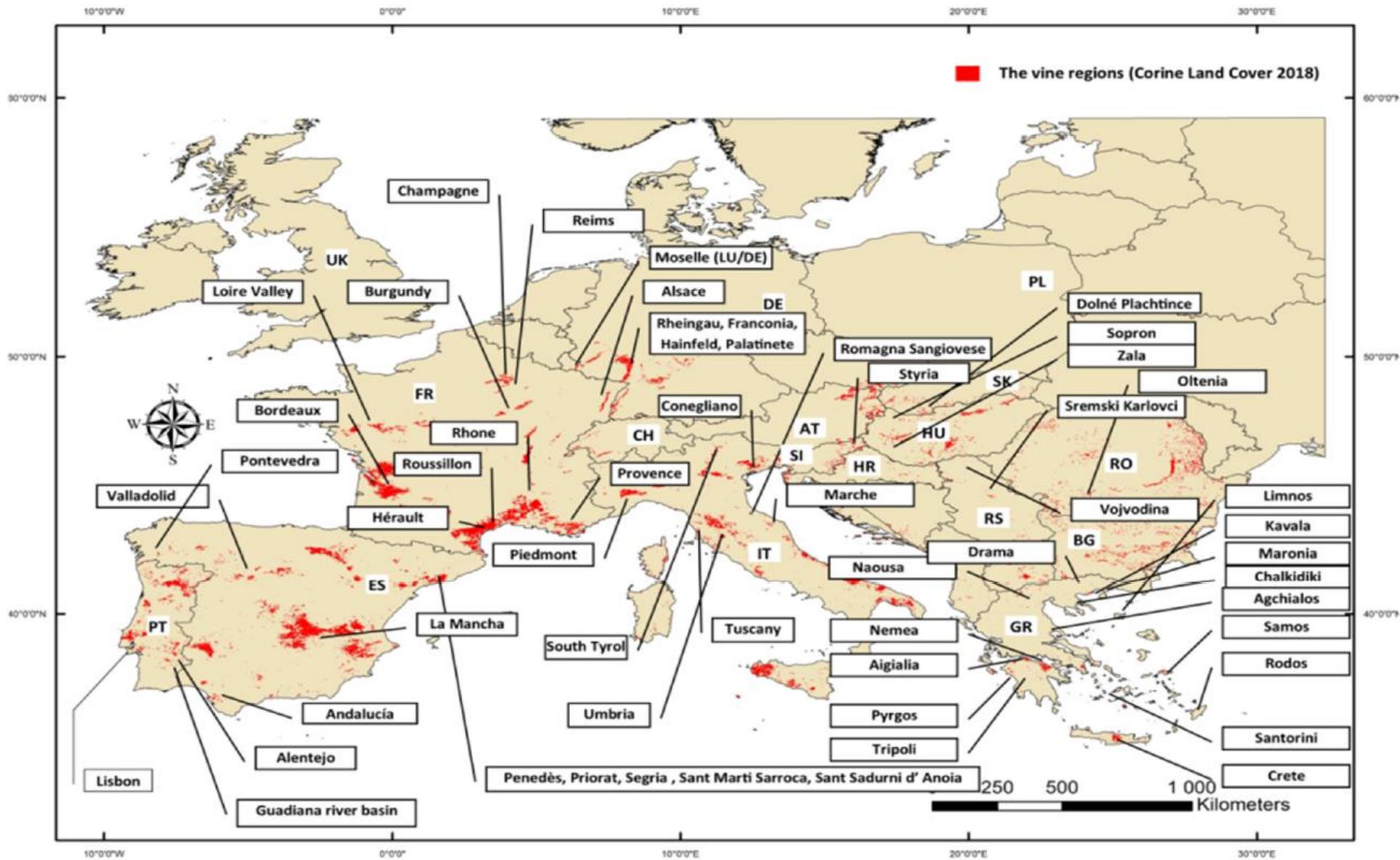
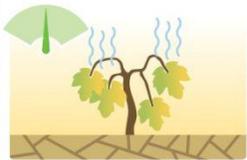


Figure 2. The vine regions reviewed. The viticultural regions not detected by the CLC (Corine Land Cover) 2018 are not displayed.

European Country	Country Region	Years (Time Period of Climatic Data Recording)	Climate and Bioclimate Parameters Change	Impacts on Viticulture	[Reference]
France Italy Spain Germany Slovakia	E(Alsace), NE(Reims), CE (Burgundy), SW (Bordeaux) NE (Conegliano) NW (Valladolid) NW (Pontevedra) W (Geisenheim) S (Dolné Plachtince)	52 years (1952–2004)	(↑) GST (↑) GSTmax (↑) GSTmin (↑) HI (↑) GDD	Earlier phenological events; shorter phenological intervals	Jones et al. (2005) [17]
France	E (Alsace)	30 years (1972–2003)	(↑) Tan (↑) HI (↑) NDT ₁₀	Advancement of phenophases; shortening of phenological intervals; earlier harvest/higher sugar content; higher alcoholic strength	Duchêne and Schneider (2005) [71]
France	S (Hérault)	56 years (1950–2006)	(↑) Tan (↑) PET (↑) SR (↑) HI	Advancement of harvest dates/increase in sugar concentrations at harvest; increase in alcoholic content and of pH in wine; decrease in titratable acidity in wine	Laget et al. (2008) [130]
France	NW (Loire Valley)	50 years (1960–2010)	(↑) GST (↑) GSTmax (↑) GSTmin (↑) NDT ₃₀ (↑) HI, GDD	Earlier harvest dates/Increase in sugar levels; increase in ethanol content; decrease of acid concentration	Neethling et al. (2012) [131]
France	S (Roussillon)	85 years (1925–2010)	(↑) GST (↑) GSTmin (↓) Ps, (↓) Paut	Increase in wine alcoholization/decrease in yields	Lereboullet et al. (2014) [150]

European Country	Country Region	Years (Time Period of Climatic Data Recording)	Climate and Bioclimate Parameters Change	Impacts on Viticulture	[Reference]
France Switzerland		20th c. (1901–2007)	(↑) T _{sp} , T _s (↓) P _{sp} , (↓) P _s	Earlier harvest	Cook and Wolkovich (2016) [132]
Italy	N (Conegliano in Veneto)	45 years (1964–2009)	(↑) GST (↑) GST _{max} , (↑) GST _{min}	Earlier phenological events; shorter phenological intervals; earlier harvest	Tomasi et al. (2011) [24]
Italy France	C (Abruzzo) SW (Bordeaux)	35 years (1974–2009)	(↑) GST (↑) DTR (↑) NDT ₃₀ (↑) AT, HI, NHH	Advancement of harvest dates	Di Lena et al. (2012) [134]
Italy	C (Abruzzo)	40 years (1974–2013)	(↑) T _{an} (↑) HS, HI, NHH, GDH, GI, HTE	Advancement of harvest dates; shortening of growing season	Di Lena et al. (2019) [133]
Italy	C (Abruzzo)	53 years (1959–2012)	(↑) GST (↑) Pint	Earlier harvest	Di Carlo et al. (2019) [135]
Italy	N (Romagna Sangiovese)	61 years (1953–2013)	(↑) GST (↑) GST _{max} (↑) GST _{min} (↑) GDD, HI, DSI	Increase in alcohol content in wines/increase in yields	Teslić et al. (2018) [126]
Italy	C (Umbria)	20 years (1995–2015)	(↑) T _{an} (↑) GST (↑) NDT ₃₀ (↑) WI, HI, CI	Advanced and delayed harvest dates (dependent on genotype)/reduction in titratable acidity in white berries; decrease or increase in sugar content in red berries (dependent on genotype)	Biasi et al. (2019) [136]
Italy	C (Marche)	50 years (1971–2020)	(↑) T _{an} (↑) T _{an} _{max}	Decrease in wine grape production	Gentilucci et al. (2020) [153]



Aumento del rischio di siccità agricola

- Deficit traspirativo



Variazione della produzione di energia idroelettrica

- Produzione lorda di energia idroelettrica



Modifica dei consumi energetici

- Gradiente del consumo per riscaldamento di gas naturale
- Gradi giorno di raffrescamento (Proxy)
- Gradi giorno di riscaldamento (Proxy)
- Consumi di energia elettrica nel mese di luglio
- Consumi di gas naturale nel settore residenziale



Variazione della densità di zanzare di interesse sanitario (*Aedes albopictus*)

- Andamento della densità media di *Aedes albopictus*



Variazione della densità di zanzare di interesse sanitario (*Culex pipiens*)

- Media regionale mensile delle zanzare *Culex pipiens*



Mortalità estiva per ondate di caldo

- Mortalità estiva



Fenomeni alluvionali e di allagamento in area urbana

- Numero di eventi alluvionali e di allagamento



Degrado dei materiali lapidei

- Recessione superficiale



Cambiamento di areale di distribuzione di specie target della pesca

- Temperatura media delle catture commerciali



LEGENDA

Trend in aumento o in diminuzione statisticamente significativo

Trend in aumento o in diminuzione

Relazione causa-effetto elevata

Relazione causa-effetto media

Indicatore nazionale

Caso pilota regionale



Variazione della massa glaciale

- Bilancio di massa dei ghiacciai

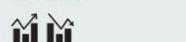


Degradazione del permafrost

- Stato termico del permafrost



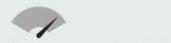
LEGENDA



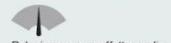
Trend in aumento o in diminuzione statisticamente significativo



Trend in aumento o in diminuzione



Relazione causa-effetto elevata



Relazione causa-effetto media

Indicatore nazionale



Caso pilota regionale



Variazione di frequenza, intensità e potenziale degli incendi boschivi

- Incendi boschivi



- Indice meteorologico di pericolo di incendio (Proxy)



Modifiche del ciclo idrologico

- Indice di runoff
- Numero annuo di portate sopra soglia
- Curva di durata delle portate



Modifica della disponibilità delle risorse idriche rinnovabili

- Internal flow



Variazione della disponibilità di risorsa idrica sotterranea

- Livello delle falde acquifere



Variazione di territorio sottoposto a inusuali condizioni umide o secche

- Percentuale di territorio sottoposto a inusuali condizioni umide o secche



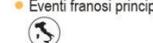
Variazione dell'erosione idrica del suolo

- Erosione idrica del suolo



Modifica di frequenza e distribuzione spaziale degli eventi franosi

- Eventi franosi principali



Variazione della capacità erosiva delle precipitazioni

- Fattore R erosività media annua delle precipitazioni



Variazione spazio/temporale del contenuto idrico del suolo

- Umidità del suolo



Peggioramento dello stato di conservazione degli uccelli migratori

- Indice di variazione della data di migrazione primaverile



Peggioramento delle condizioni fisiche degli uccelli durante la migrazione primaverile

- Indice di consistenza degli accumuli di grasso durante la migrazione primaverile



Modifica del ciclo vitale

- Variazione dei calendari fenologici di specie vegetali



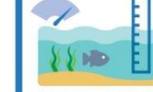
Aumento del rischio di siccità negli ambienti naturali

- Deficit traspirativo in ambienti naturali



Variazione della frequenza di condizioni di mare agitato

- Frequenza di condizioni di mare agitato



Variazione del livello medio del mare

- Livello medio del mare
- Livello medio del mare a Venezia



Cambiamenti geomorfologici delle zone costiere

- Variazioni geomorfologiche della costa



Inquinamenti di breve durata nelle acque di balneazione

- Numero di eventi di inquinamento di breve durata



Fioriture microalgali in acque marino-costiere

- Concentrazione di *Ostreopsis ovata*



Perdita di biodiversità dell'habitat coralligeno

- Stato dell'habitat coralligeno



Alterazione dei processi chimico-fisici (scambi di calore)

- Temperatura superficiale del mare



Alterazione dei processi chimico-fisici (evaporazione, apporto di acque dolci)

- Salinità superficiale del mare



Alterazione delle comunità ecologiche e delle reti trofiche marine

- Stima della biomassa planctonica attraverso fluorescenza indotta (clorofilla a)



