

# C4T

Community  
of Practice



# GROUNDWORK

ASSISTENZA TECNICA  
CITTÀ METROPOLITANA DI CAGLIARI  
Evento finale

Cagliari, 06 febbraio 2026



C4T

Community  
of Practice



Analisi Climatica per  
l'area di Santa Gilla

Paolo Antonelli  
AdaptiveMeteo Srl

# Finalità



Questa presentazione ha l'obiettivo di analizzare in modo sistematico l'evoluzione recente del clima nell'area lagunare di Santa Gilla, fornendo una base conoscitiva aggiornata per la gestione ambientale, la pianificazione territoriale e la valutazione del rischio meteorologico e climatico in una delle zone umide più estese e sensibili della Sardegna.

# Outline

- descrizione dei dati e delle metodologie adottate;
- analisi climatica osservativa;
- sintesi degli indicatori climatici e delle loro implicazioni ambientali;
- discussione integrata dei risultati;
- conclusioni e prospettive future.

Obiettivo finale: fornire una visione integrata e scientificamente robusta dell'evoluzione climatica recente della laguna di Santa Gilla, a supporto delle politiche di tutela, adattamento e resilienza, e come base dati per le verifiche climatiche dei progetti di investimento.

# Raccolta dei dati



# C4T

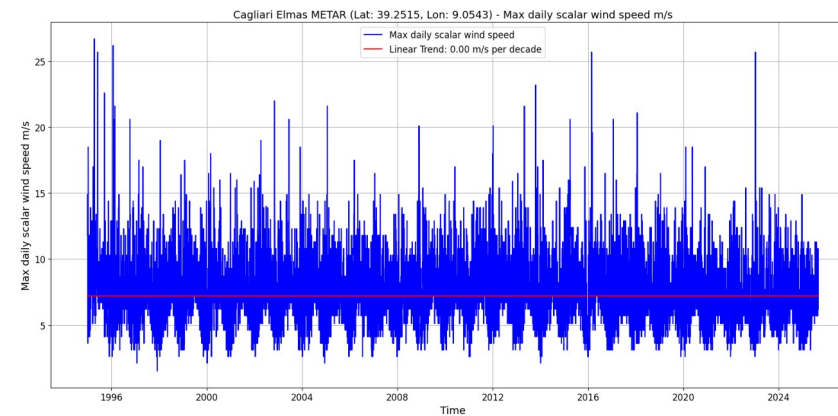
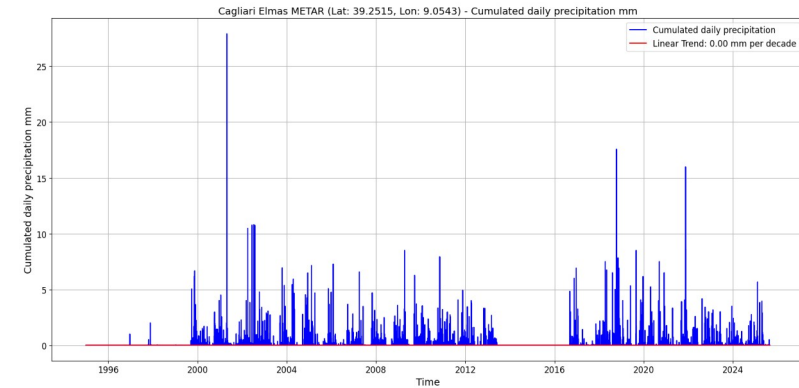
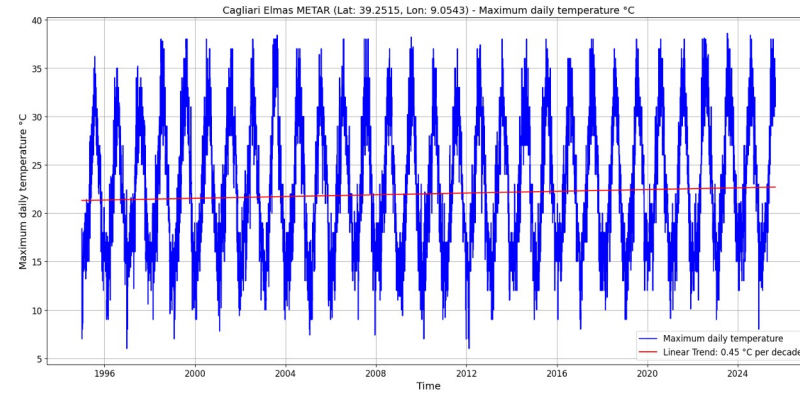
**Community  
of Practice**



# La raccolta dei dati

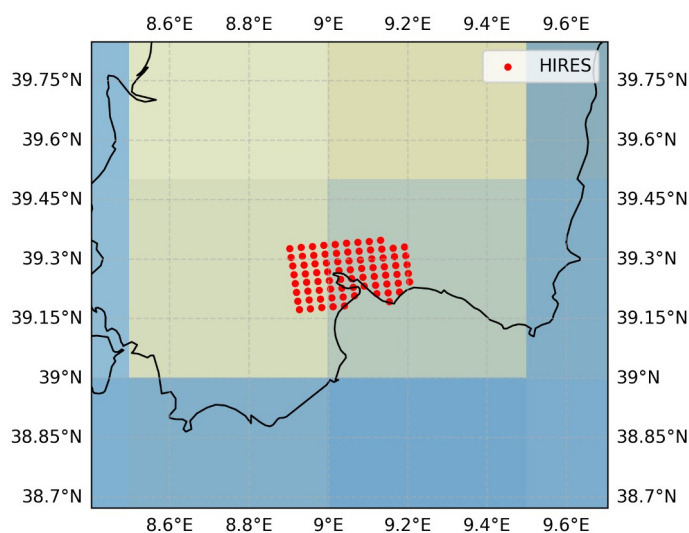
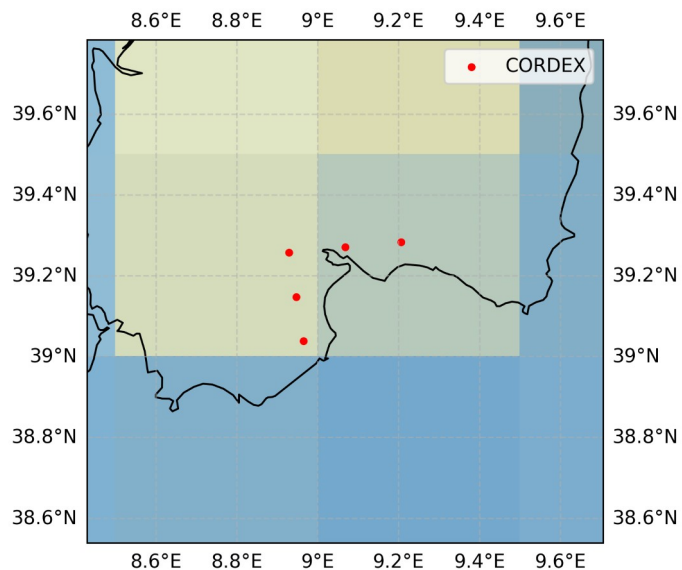
- ✓ Dati SYNOP/METAR Cagliari ELMAS dal sistema NOAA - IDS.
- ✓ Dipartimento di Protezione Civile (DPC).
- ✓ Dati Copernicus E-OBS per l'Area di Santa Gilla.
- ✓ Ensemble di modelli EURO-CORDEX per l'Area of Santa Gilla.
- ✓ Ensemble di modelli HiRes dal centro International Center of Theoretical Physics.
- ✓ Temperatura e indicatori climatici dalla Regione Sardegna per due stazioni nell'area di Santa Gilla.
- ✓ Dataset sugli eventi estremi dell'ESSL

# Serie Temporali



**Stazioni utilizzate:** Cagliari, Cagliari Elmas (synop/metar), Capoterra, Flumini Mannu a Decimomannu, Santa Lucia di Capoterra.

# Dati da Ensemble di Modelli



<b>Fonte / Dataset</b>	<b>Tipologia</b>	<b>Periodo</b>	<b>Risoluzione</b>	<b>Scenari</b>
EURO-CORDEX (C3S)	Ensemble di modelli climatici regionali	1996-2005 2041-2050 2091-2100	0.11° (~12 km) / 3–6 ore	RCP 2.6, 4.5, 8.5
HiRes ICTP / CNRM / MPI	Modelli climatici ad alta risoluzione spaziale	1996-2005 2041-2050 2091-2100	2 km / oraria	RCP 8.5

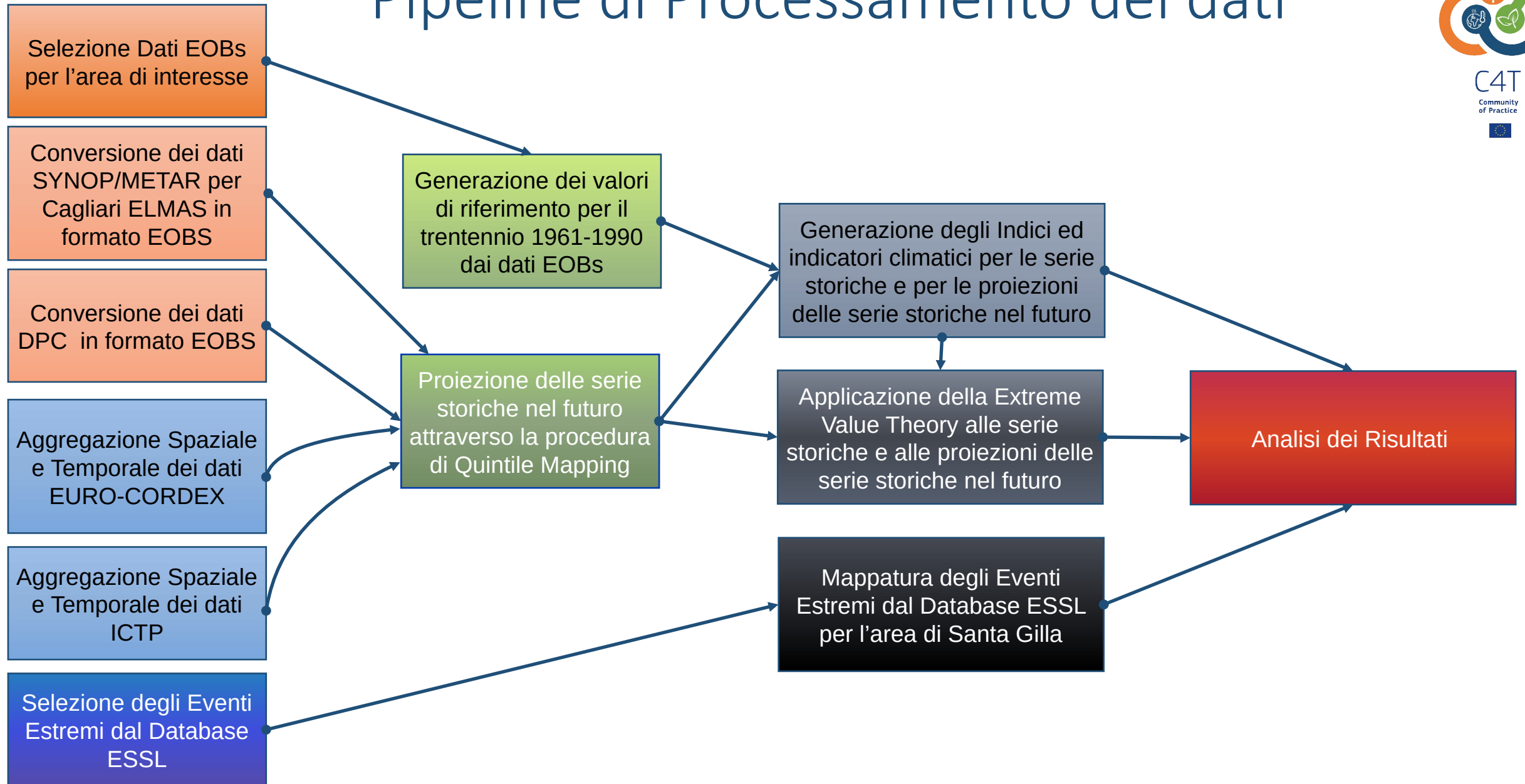


# Pipeline di Processamento dei dati

Controllo di qualità, creazione delle proiezioni future,  
generazione di indici ed indicatori climatici.

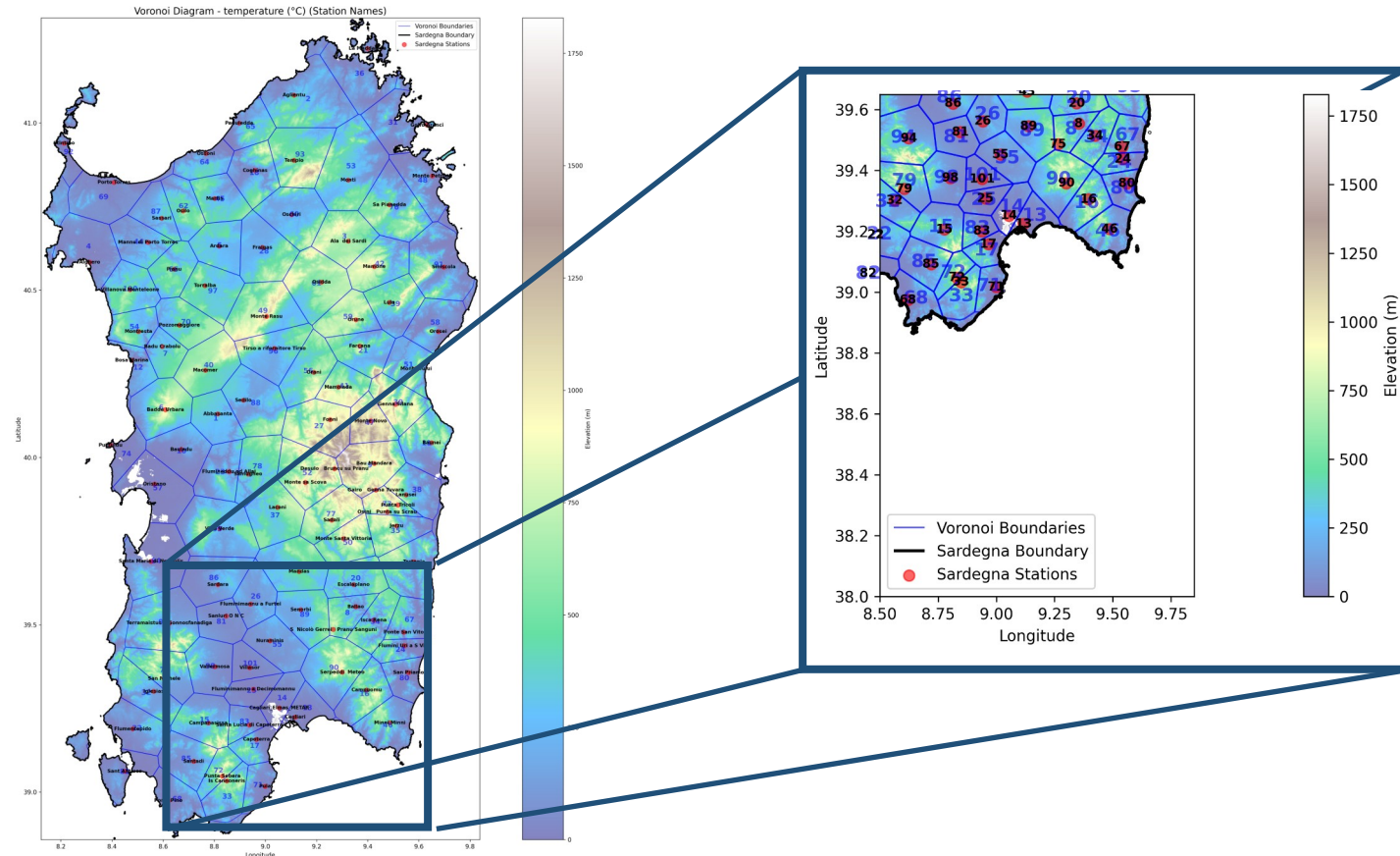


# Pipeline di Processamento dei dati

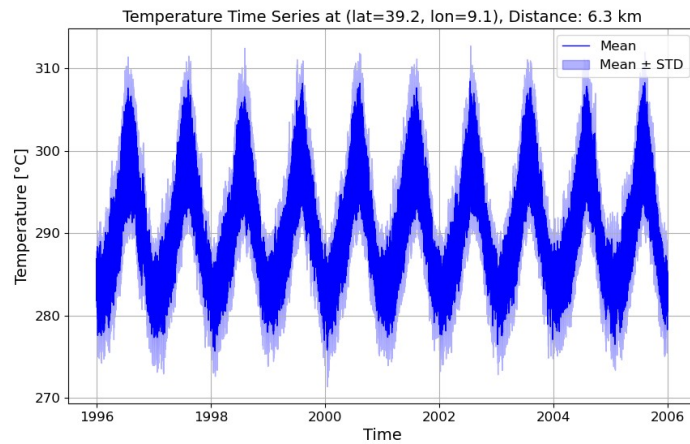


# Aggregazione spaziale e costruzione della griglia regionale

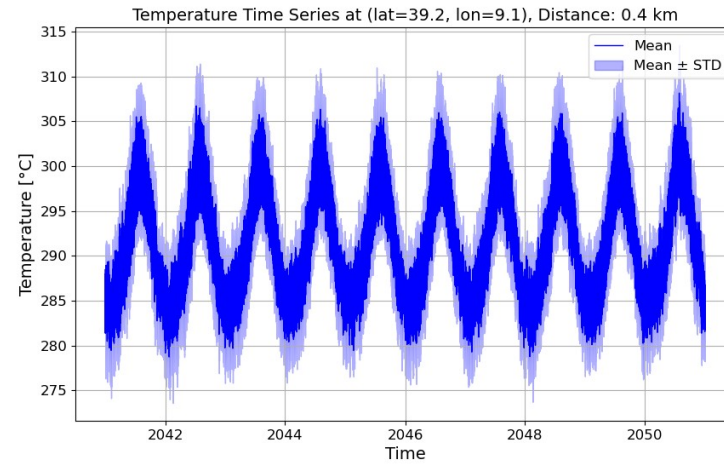
1. Definizione di una griglia regolare sull'intero territorio di Santa Gilla, derivata da shapefile topografici regionali.
2. Creazione di **poligoni di Voronoi tridimensionali (Voronoi 3D, Okabe et al., 2000)** per attribuire a ogni stazione un volume di influenza basato su latitudine, longitudine e quota.



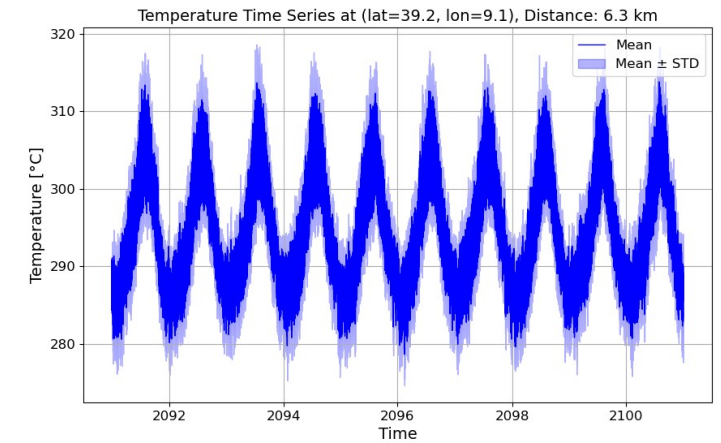
# Integrazione dei modelli climatici e forzanti climatiche



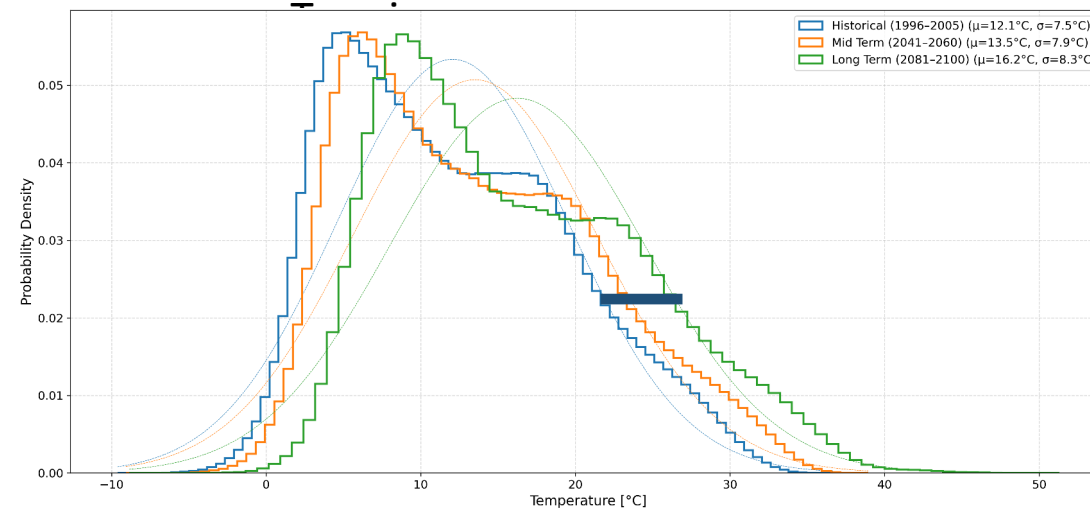
Periodo  
Storico



Futuro Medio



Futuro Lungo  
Termine



# Osservazioni e loro Proiezioni Future

## Calcolo degli Indici ed Indicatori Climatici

A partire dalle osservazioni storiche e da quelle proiettate sono stati calcolati gli indici ETCCDI e ulteriori indicatori operativi, tra cui ad esempio:

- SU25 (giorni estivi), TR (notti tropicali), FD (giorni di gelo);
- CDD (periodi asciutti consecutivi), Rx1day e R95p (precipitazioni estreme);

Gli indicatori sono stati prodotti per ogni macroarea (Temperatura, Precipitazione, Umidità Relativa, Vento) e poi spazializzati con il metodo Voronoi 3D.

## Analisi degli eventi estremi

L'Analisi di eventi estremi viene eseguita mediante l'uso: dell'Extreme Value Theory (EVT) per variabili continue (Tmax, Tmin, RR1d, EWS) e della Statistica Poissoniana per eventi discreti oltre soglia (R95p, CDD, TR).

L'analisi consente di stimare tempi di ritorno e probabilità di superamento per eventi selezionati (es. TX > 40 °C, RR > 100 mm/24h).



C4T

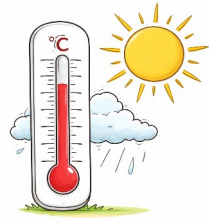
Community  
of Practice



# Analisi del periodo storico con osservazioni da stazione

(2007–2025 / 1943–2025)

# Temperature



Valori delle temperature (QC)									
Stazione	Inizio Osservazioni	Fine Osservazioni	Numero Osservazioni	Valore Massimo	Valore Medio	Malore Minimo	Trend Decennale	Latitudine	Longitudine
Cagliari	2007-10-01	2025-09-30	154885	42,40	18,26	-1,50	1,18	39,22	9,12
Cagliari Elmas	1943-11-01	2025-08-24	1125505	44,00	17,03	-4,00	0,35	39,25	9,05
Capoterra	2009-05-03	2025-09-30	125175	45,60	18,58	-9,10	1,36	39,16	8,97
Flumini Mannu a Decimomannu	2007-10-01	2025-09-30	155012	44,00	17,19	-12,00	0,91	39,31	8,95
Santa Lucia di Capoterra	2007-10-01	2025-09-30	155143	46,70	17,42	-3,60	1,57	39,20	8,94

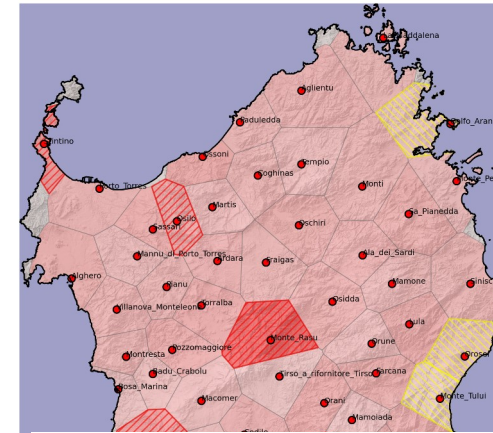
## Caratteristiche termiche:

- Regime climatico marcatamente caldo, con estati molto intense e inverni miti.
- Differenze spaziali limitate nelle medie, ma più evidenti negli estremi termici.
- Distribuzione delle temperature coerente con la morfologia locale: aree costiere più mitigate, versanti collinari retrostanti con valori medi ed estremi più elevati.

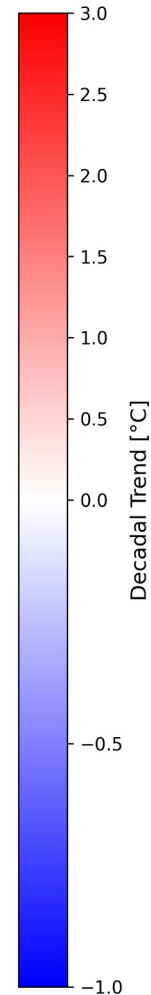
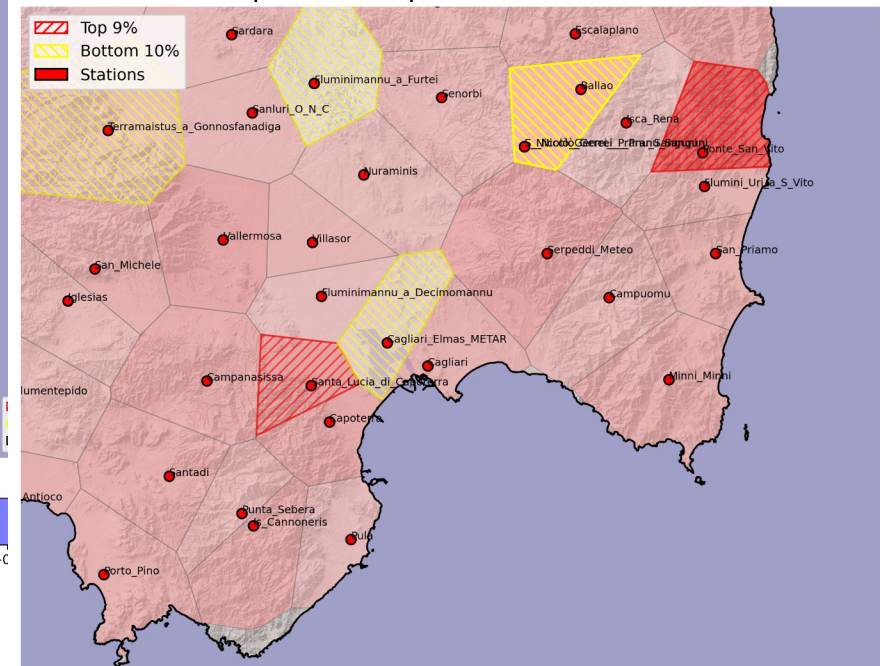
# Temperature

- Le temperature medie annuali sono comprese tra 17.0°C e 18.6°C.
- I massimi assoluti raggiungono valori molto elevati: 46.7°C a Santa Lucia, 45.6°C a Capoterra, 44°C a Elmas e Flumini Mannu.
- Le minime assolute mostrano maggiore variabilità (−1.5°C / −12.0°C), legata all'altitudine relativa e alla distanza dall'acqua.
- Tutte le stazioni presentano trend positivi molto marcati, tra +0.35°C/decade (Elmas) e +1.57°C/decade (Santa Lucia).
- **L'aumento termico è quindi significativo e uniforme su tutta l'area.**

Atmospheric Temperature - Decadal Trend



Atmospheric Temperature - Decadal Trend



# Andamento termico generale

## **Settore costiero-lagunare (Cagliari, Elmas)**

- Medie più contenute (17.0–18.0°C),
- Estremi più morbidi,
- Riscaldamento più moderato (+0.35 / +1.18°C/decade).

## **Settore collinare (Capoterra, Santa Lucia)**

- Medie più elevate (18.6°C a Capoterra),
- Estremi molto intensi (fino a 46.7°C),
- Riscaldamento molto rapido (+1.36 / +1.57°C/decade).

## **Settore intermedio (Flumini Mannu)**

- Comportamento misto: media 17.19°C, minimi molto bassi (–12.0°C), massimi 44°C.

## **Estremi massimi: valori tipici di eventi di ondata di calore mediterranea, amplificati nelle zone collinari interne.**

- 46.7°C – Santa Lucia di Capoterra
- 45.6°C – Capoterra
- 44.0°C – Elmas e Flumini Mannu
- 42.4°C – Cagliari

## **Estremi minimi: maggiore escursione conferma la differenza termica fra costa e colline.**

- –12.0°C – Flumini Mannu (valore non in linea con i valori riportati da molteplici fonti)
- –9.1°C – Capoterra
- –4.0°C – Cagliari Elmas
- –3.6°C – Santa Lucia
- –1.5°C – Cagliari

# Considerazioni generali

Santa Gilla è un'area marcatamente calda, con estati molto intense, inverni miti e differenze spaziali contenute nelle medie, ma più evidenti negli estremi termici.

Le stazioni collinari e urbane risultano sistematicamente più calde rispetto alle aree costiere, dove l'influenza marina introduce una maggiore inerzia termica e limita i valori estremi.

Il comportamento delle temperature massime riflette la morfologia locale: versanti moderatamente distanti dal mare mostrano riscaldamenti più rapidi, mentre le zone costiere restano più mitigate.

La ridotta estensione territoriale genera forti contrasti negli estremi su brevi distanze, pur mantenendo un quadro medio omogeneo, tipico di un microclima mediterraneo compatto.

Il segnale di **riscaldamento** recente è **evidente** in tutte le stazioni del bacino, con trend positivi che vanno da circa  $+0.35^{\circ}\text{C}$  per decennio a oltre  $+1.6^{\circ}\text{C}$  per decennio, indicando una chiara accelerazione negli ultimi 15–20 anni.

L'incremento interessa soprattutto le temperature massime estive, la frequenza degli episodi molto caldi e l'innalzamento delle minime notturne.

Nel complesso, il regime termico di Santa Gilla risulta in rapido cambiamento, con implicazioni dirette per gli ecosistemi lagunari, l'area urbana di Cagliari e la gestione delle risorse idriche e ambientali.



# Precipitazioni



Valori di precipitazione cumulata annuale (non-QC)								
Stazione	Inizio Osservazioni	Fine Osservazioni	Numero Osservazioni	Valore Massimo	Valore Medio	Trend Decennale	Latitudine	Longitudine
Cagliari	2007-10-01	2025-09-30	156216	794,60	198,29	-13,91	39,22	9,12
Cagliari Elmas	1951-10-04	2025-08-24	52221	2066,90	329,80	-27,46	39,25	9,05
Capoterra	2007-10-01	2025-09-30	156216	1022,80	231,73	-21,72	39,16	8,97
Flumini Mannu a Decimomannu	2007-10-01	2025-09-30	156216	966,00	219,61	-21,22	39,31	8,95
Santa Lucia di Capoterra	2007-10-01	2025-09-30	156216	1550,00	282,00	-14,65	39,20	8,94

I valori estremi riportati nella tabella derivano dal dataset orario aggregato senza filtraggio statistico e si riferiscono alle cumulate annuali, mentre quelli presentati nella sintesi stazionale rappresentano estremi giornalieri sottoposti a controllo di qualità; per questo motivo non coincidono numericamente.

Nel caso della stazione di Cagliari Elmas, la serie ISD di precipitazione presenta ampie lacune e non è utilizzabile a fini climatologici: i valori iniziali sono riportati solo come dati grezzi aggregati e non vengono utilizzati nell'analisi climatologica successiva.

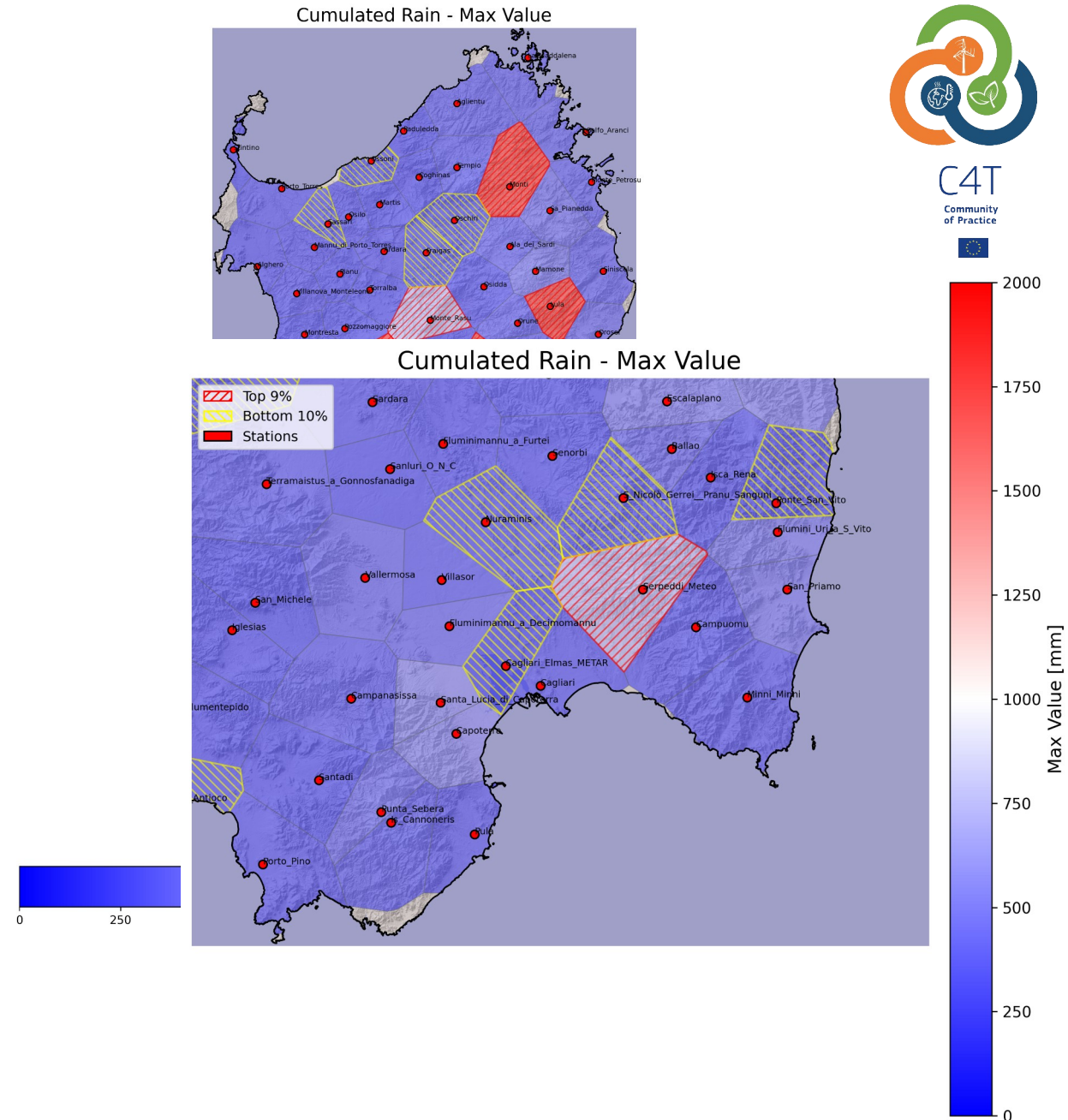
# Precipitazioni

Le precipitazioni nel bacino di Santa Gilla mostrano un regime tipicamente mediterraneo, caratterizzato da una forte concentrazione degli eventi tra l'autunno e l'inverno e da lunghi periodi asciutti nella stagione estiva.

L'analisi delle cinque stazioni disponibili mette in evidenza differenze spaziali relativamente contenute nei valori medi annuali, ma variazioni più marcate negli estremi giornalieri e nei trend osservati.

Quantità annuali comprese, mediamente:

- tra 198 e 231 mm/anno nelle aree urbane e costiere (Cagliari, Capoterra, Flumini Mannu),
- fino a 282–330 mm/anno nelle aree collinari più esposte o nelle serie di lungo periodo (Santa Lucia e Elmas).



# Andamento generale delle precipitazioni



I valori indicano una piovosità relativamente bassa rispetto al resto della Sardegna meridionale, coerente con:

- l'ombra pluviometrica indotta dai rilievi limitrofi,
- la posizione fortemente riparata del bacino,
- la vicinanza al mare e alla laguna, che spesso riducono l'accumulo delle celle temporalesche.
- Le differenze tra stazioni sono significative ma completamente spiegabili dalla morfologia locale:
- le stazioni collinari (Santa Lucia, Capoterra) raccolgono quantità maggiori, soprattutto durante eventi intensi autunnali;
- le stazioni costiere e urbane (Cagliari, Elmas) mostrano valori medi inferiori ma una maggiore frequenza di eventi moderati.

Gli estremi giornalieri osservati forniscono indicazioni cruciali sulla risposta del territorio agli eventi pluviometrici ad alta intensità. Utilizzando serie giornaliere QC-filtered gli estremi risultano i seguenti:

- **Santa Lucia di Capoterra** → **464.8 mm/giorno**
  - Massimo assoluto del bacino, coerente con la forzatura orografica delle basse colline del Sulcis.
- **Capoterra** → **372.2 mm/giorno**
  - Evento estremo fisicamente plausibile per la Sardegna meridionale in presenza di sistemi convettivi stazionari.
- **Flumini Mannu (Decimomannu)** → **192.6 mm/giorno**
  - Valore elevato ma meno estremo, rappresentativo di eventi intensi nella pianura interna.
- **Cagliari città** → **101.4 mm/giorno**
  - Evento significativo in ambiente urbano costiero.
- Cagliari Elmas → N/A
  - La colonna dei massimi non è compilata nella serie fornita; il dato non è utilizzabile ai fini dell'analisi degli estremi pluviometrici.

# Considerazioni generali

Il regime pluviometrico dell'area di Santa Gilla presenta caratteristiche pienamente riconducibili al clima mediterraneo semi-arido della Sardegna meridionale, con alcuni elementi peculiari riconoscibili nella distribuzione spaziale dei valori medi e degli estremi:

- **Regime marcatamente mediterraneo:** tutte le stazioni mostrano un'elevata frequenza di giorni asciutti, valori medi giornalieri compresi tra 0 e 1,7 mm/giorno, e una netta concentrazione degli eventi rilevanti nei mesi autunnali, tipica delle regioni costiere del Sud Sardegna.
- **Elevata variabilità spaziale degli eventi intensi:** gli estremi massimi giornalieri oscillano tra 101 mm (Cagliari) e oltre 460 mm (Santa Lucia di Capoterra), con differenze di un ordine di grandezza su un'area relativamente piccola. Questo indica che la convezione e la forzatura locale, più che la climatologia di fondo, governano l'intensità degli eventi estremi.
- **Gradiente costa → interno → basse colline:** le stazioni costiere (Cagliari, Elmas) registrano valori medi e massimi inferiori; le stazioni interne e collinari (Capoterra, Santa Lucia, Flumini Mannu) mostrano invece accumuli estremi molto più elevati. Il gradiente non è "pedemontano" in senso classico, ma riflette il passaggio laguna–pianura–colline del Sulcis.
- **Tendenza alla diminuzione delle precipitazioni giornaliere:** i trend delle quattro serie moderne sono tutti negativi (tra  $-0,06$  e  $-0,18$  mm/decennio), indicando un progressivo indebolimento del contributo pluviometrico medio, pur a fronte di eventi intensi sempre possibili. La serie di Elmas, pur riportando  $0$  mm nei dati forniti, resta importante come riferimento di lungo periodo.
- **Presenza di eventi estremi a forte rilevanza idrologica:** le stazioni collinari (Santa Lucia, Capoterra) superano frequentemente i 150–300 mm in eventi singoli, valori compatibili con episodi alluvionali lampo tipici della regione. Questi massimi rappresentano la componente idrologicamente più critica del sistema.

# Sintesi sulle precipitazioni



Il sistema pluviometrico di Santa Gilla si caratterizza per:

- precipitazioni medie contenute, tipiche del clima costiero mediterraneo;
- forte discontinuità degli eventi intensi su scala locale;
- maggiore vulnerabilità degli ambiti collinari rispetto alla fascia lagunare;
- tendenze negative della precipitazione media giornaliera nelle serie moderne.

Il risultato complessivo è un regime **altamente intermittente**, dominato da lunghi periodi asciutti alternati a **episodi brevi ma estremi**, con un chiaro gradiente spaziale determinato dalla transizione **costa** → **laguna** → **colline del Sulcis**.



# Indici ed Indicatori Climatici

Analisi dei valori Storici

C4T

Community  
of Practice



# Indici ed indicatori di Temperatura



Indicatore	Media Santa Gilla	Dev. Std	Incertezza media	Unità	Descrizione sintetica	N stazioni
TG	17,87	0,61	6,31	°C	Temperatura media giornaliera.	4
SU25	130,55	12,92	34,78	giorni/anno	Giorni con Tmax > 25 °C.	4
TR	51,22	21,82	14,94	giorni/anno	Notti tropicali (Tmin > 20 °C).	4
FD0	1,32	1,92	1,54	giorni/anno	Giorni con Tmin < 0 °C.	4
FD8	0,03	0,13	0,21	giorni/anno	Giorni con Tmin < -8 °C.	4
TN10D	112,08	38,72	16,96	giorni/anno	Giorni con Tmin sotto il 10° percentile.	4
HD35	16,73	10,15	10,92	giorni/anno	Giorni con temperatura percepita ≥ 35 °C.	4
HD42	0,30	0,28	0,55	giorni/anno	Giorni con temperatura percepita ≥ 42 °C.	4
HD43	0,17	0,16	0,50	giorni/anno	Giorni con temperatura percepita ≥ 43 °C.	4

Gli indicatori termici (TG, TR, SU25, HD35) confermano che l'area di Santa Gilla appartiene stabilmente alle zone più calde della Sardegna meridionale. L'elevato numero di notti tropicali, e la forte frequenza di giornate estive (SU25) indicano condizioni estivizzate molto marcate, con potenziali implicazioni per la biosfera, per l'agricoltura e le infrastrutture.

# Indici ed indicatori di Precipitazione



R0	280,38	2,86	69,29	giorni/anno	Giorni senza precipitazione.	4
R1	57,47	2,97	13,57	giorni/anno	Giorni con precipitazione $\geq 1$ mm.	4
R10	13,18	2,16	4,81	giorni/anno	Giorni con precipitazione $\geq 10$ mm.	4
R20	4,53	1,35	2,76	giorni/anno	Giorni con precipitazione $\geq 20$ mm.	4
PRCPTOT	450,09	63,66	210,62	mm/anno	Precipitazione totale annuale.	4
RX1DAY	282,25	146,42	1,00	mm	Massima precipitazione giornaliera annuale.	4
SDII	7,60	0,74	2,38	mm/giorno	Intensità media delle precipitazioni nei giorni piovosi.	4
CDD14	6,25	0,12	1,58	eventi/anno	Sequenze secche $\geq 14$ giorni.	4
CDD30	1,85	0,11	0,87	eventi/anno	Sequenze secche $\geq 30$ giorni.	4
CDD45	0,76	0,10	0,52	eventi/anno	Sequenze secche $\geq 45$ giorni.	4
CDD60	0,51	0,07	0,50	eventi/anno	Sequenze secche $\geq 60$ giorni.	4
CDD90	0,18	0,06	0,37	eventi/anno	Sequenze secche $\geq 90$ giorni.	4

Gli indicatori pluviometrici mostrano un regime tipicamente mediterraneo arido-subtropicale.

Le analisi indicano come Santa Gilla sia caratterizzata da un sistema pluviometrico in cui l'accumulo annuale è sostenuto da pochi episodi intensi, spesso legati a configurazioni cicloniche mediterranee o sistemi convettivi stazionari sul Sulcis.

# Sintesi sugli indicatori

Integrando i risultati delle sezioni precedenti e evidenziando le principali forzanti climatiche:

- Area climatologicamente molto calda, con forte tendenza alle notti tropicali.
- Precipitazioni scarse ma potenzialmente estreme, a causa della combinazione mare–laguna–rilievi.
- Siccità stagionale ricorrente, confermata da SPI e CDD.
- Alto rischio di discomfort termico, soprattutto nella fascia urbana e lagunare.
- Massimi estremi concentrati nelle località collinari interne (Santa Lucia, Capoterra).

Il sistema climatico locale è dominato da tre forzanti:

- prossimità al mare,
- topografia (Sulcis),
- presenza della laguna.



# Indici ed Indicatori Climatici

Analisi delle proiezioni future

C4T

Community  
of Practice



# Sintesi delle variazioni termiche attese

L'**aumento termico atteso** nel bacino di Santa Gilla presenta un **segnale estremamente coerente** tra le diverse stazioni e gli ensemble modellistici. L'assenza di divergenze marcate fra le cinque serie indica che il **contributo delle disomogeneità locali** (altitudine, effetto urbano, distanza dal mare) rimane

secondo gli indicatori di caldo intenso – TR, SU25, HD35 – mostrano una **non linearità del segnale**: non solo aumenta la media termica, ma si modifica profondamente la forma della distribuzione. Questo comportamento è tipico delle regioni costiere mediterranee

Il collasso degli indicatori di freddo (FD0, FD8) è climaticamente coerente con il forte aumento delle temperature minime notturne, che in ambiente marittimo rispondono più rapidamente al forcing radiativo. La quasi scomparsa dei giorni di gelo rappresenta uno degli elementi più chiari della transizione verso un regime termico mediterraneo-

L'insieme degli indicatori suggerisce quindi una **traslazione sistematica della distribuzione termica** verso valori più elevati, con un'amplificazione della coda calda. Questo è un segnale **robusto e fisicamente consistente**, già osservabile nelle serie 2000–2024 e destinato a intensificarsi in tutte le stazioni del bacino.

# Sintesi delle variazioni pluviometriche attese

Il comportamento delle precipitazioni nel bacino di Santa Gilla riflette un pattern già ampiamente documentato per il Mediterraneo meridionale: diminuzione della pluviometria media annua accompagnata da **maggiore irregolarità intra-annuale**. Le quattro

stazioni staz. La riduzione dei giorni piovosi moderati (R10, R20) è climatologicamente rilevante perché un a indica una contrazione del contributo degli eventi stratiformi e dei fronti organizzati, i quali tendono a diminuire nel Mediterraneo centrale in presenza di una circolazione più zonale e di una maggiore espansione delle alte pressioni. Parallelamente, l'elevata incertezza di

RX1DAY RX1DAY Gli aumenti sistematici di CDD14 e CDD30 indicano che il bacino evolverà verso una comport comport **sequenza più intermittente di eventi secchi lunghi intervallati da pochi eventi, r episodi piovosi intensi**, uno schema che amplifica la vulnerabilità idrologica delle aree a drenaggio lento e dei bacini chiusi o semi-chiusi, come la laguna di Santa Gilla. Ciò e rischio

In sintesi, le proiezioni pluviometriche non suggeriscono un semplice “calo” delle precipitazioni, bensì una **riconfigurazione strutturale del regime pluviometrico** verso maggiore discontinuità, maggiore variabilità e maggiore dipendenza dagli eventi estremi.



# Analisi dei Valori Estremi

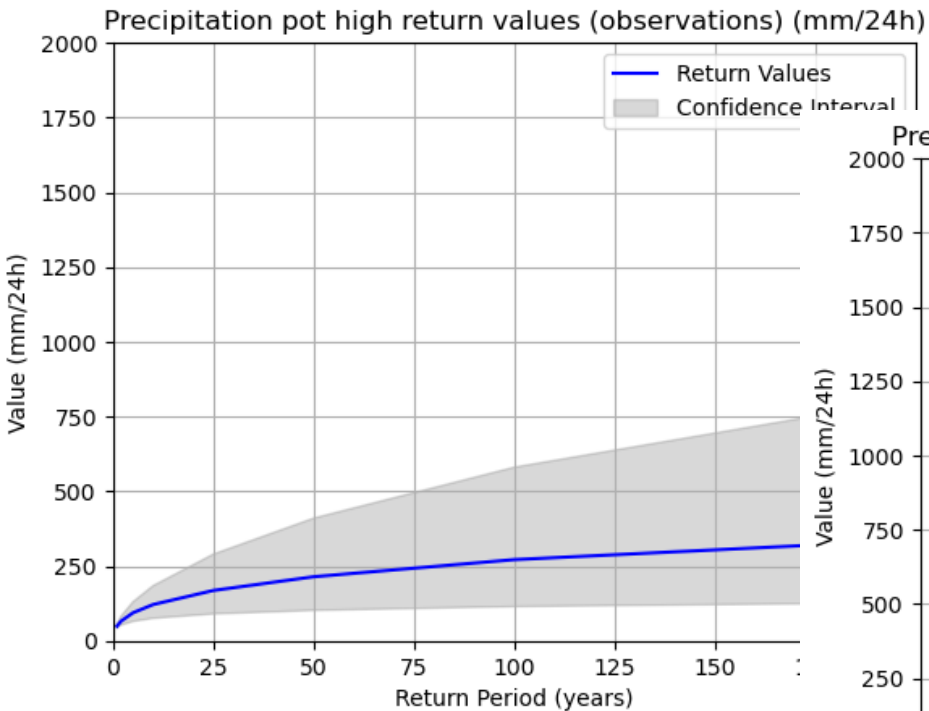
C4T

**Community  
of Practice**

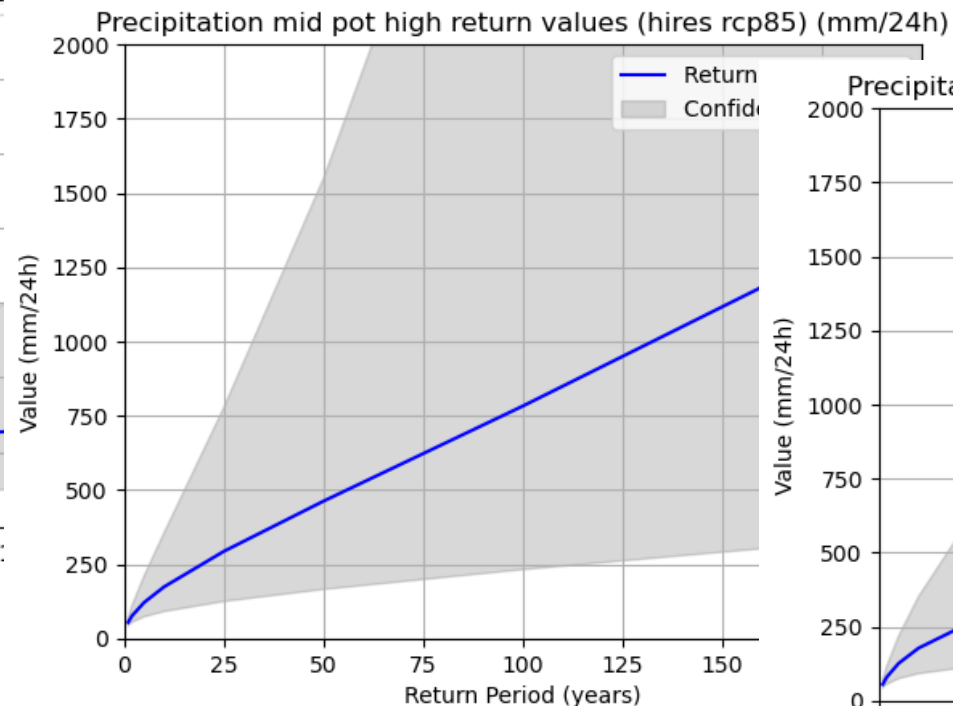


# Tempi di ritorno ed intensità degli eventi (precipitazione)

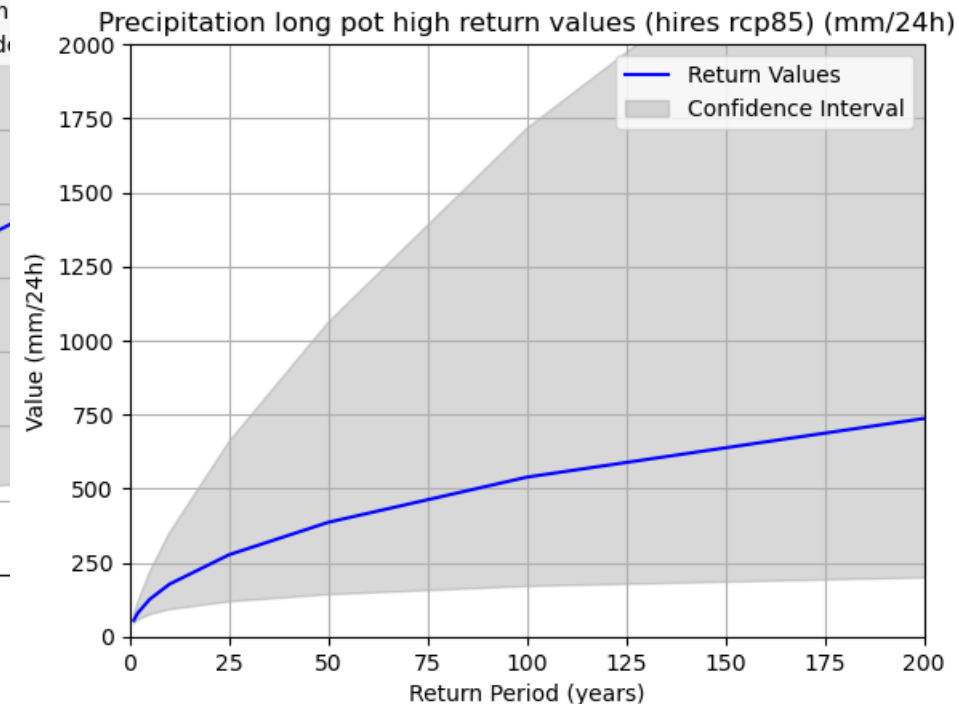
Storico



Futuro Medio Termine



Futuro Lungo Termine



Le proiezioni future consentono di effettuare l'analisi in un regime non stazionario

# Sintesi dell'analisi sui valori estremi

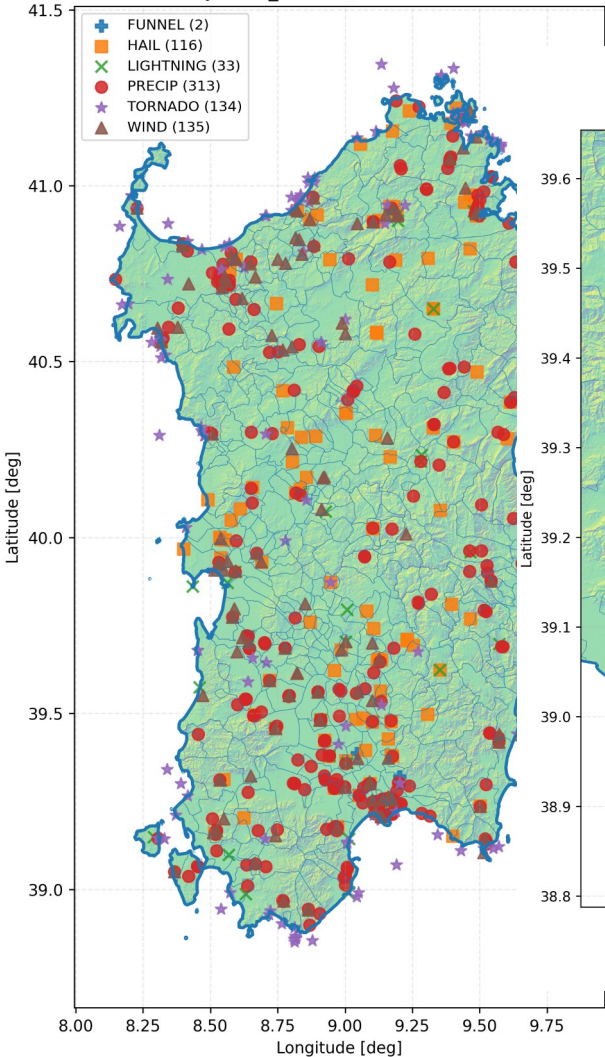
**Temperature estreme:** gli estremi termici mostrano il segnale più robusto e univoco. La frequenza degli eventi di caldo estremo aumenta in modo molto marcato, con incrementi compresi tra +100% e oltre +200% e eccede delle stime e delle osservazioni.

**Precipitazioni estreme:** il comportamento pluviometrico estremo rimane fortemente disomogeneo nello spazio, con le aree collinari del basso Sulcis che continuano a rappresentare i settori più esposti agli accumuli giornalieri intensi. Le simulazioni

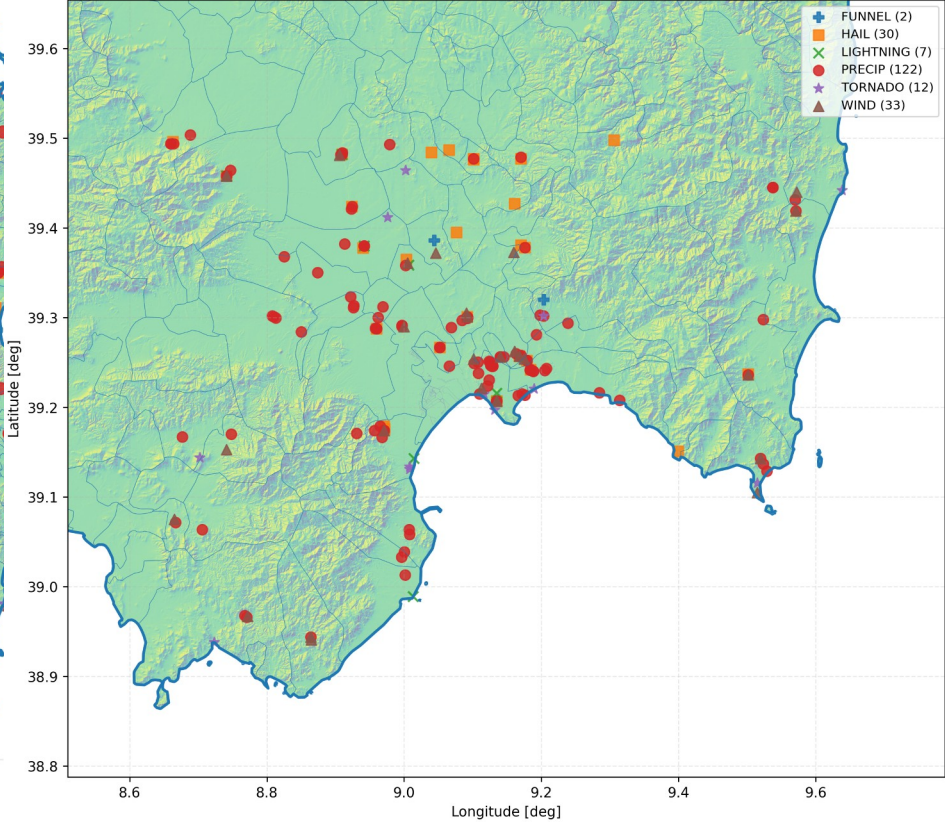
Per il vento non emergono segnali modellistici robusti di variazione degli estremi. Le curve di ritorno e gli indicatori anemometrici mostrano una sostanziale stabilità nel tempo, con una variabilità dominata principalmente dai processi locali (esposizione, orografia, dinamica delle brezze) piuttosto che da un forcing climatico regionale. Non si osservano quindi evidenze di un rafforzamento strutturale del regime dei venti estremi nel bacino di Santa Gilla.

# Analisi dei dati ESSL sugli eventi estremi

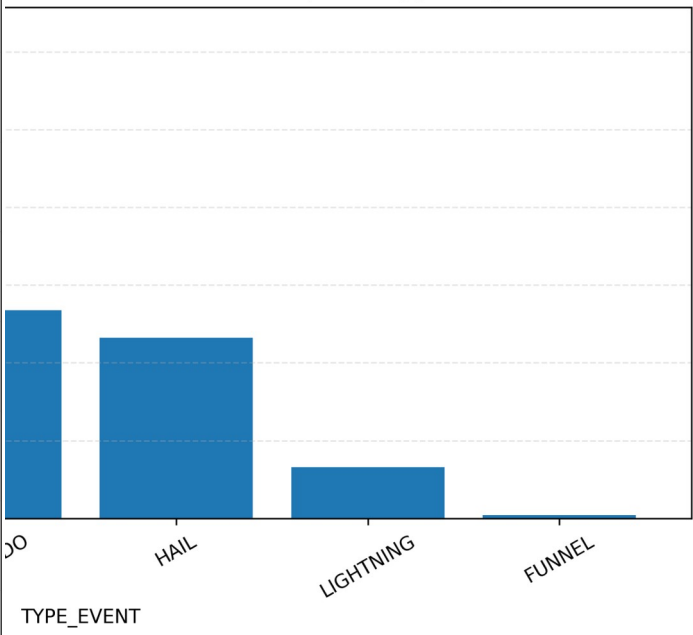
Sardegna — Extreme events by TYPE\_EVENT (1999-07-24 → 2026-01-19, N=733) [broad]



Sardegna — Extreme events by TYPE\_EVENT (2003-12-03 → 2026-01-19, N=206) [strict]



1999-07-24 → 2026-01-19, N=733) [broad]



# Ruolo cruciale del supporto istituzionale e dei dati regionali

- La qualità delle analisi climatiche **dipende fortemente da osservazioni solide**, continue e complete.
- Nel bacino di Santa Gilla, **l'integrazione tra ISD Cagliari Elmas e stazioni locali** ha permesso risultati significativi (lunghe serie temporali e dettaglio pluviometrico).
- **L'eterogeneità delle fonti** resta però un limite strutturale: ISD non è ottimale per la precipitazione, mentre le stazioni locali hanno serie brevi e variabili limitate.
- **L'approccio adottato mitiga queste criticità**, ma rimane subottimale rispetto a un sistema osservativo integrato.
- Un **maggiore coinvolgimento delle strutture regionali**, con reti coordinate, dati omogenei e accesso moderno, migliorerebbe robustezza e tempestività delle analisi climatiche.
- **Investire in reti osservative integrate e piattaforme digitali** è strategico per supportare pianificazione, gestione del territorio e sicurezza in un clima in rapido cambiamento.



# Implicazioni ambientali e socio-economiche



- Le tendenze osservate (riscaldamento, estremi termici più frequenti, riduzione e irregolarità delle precipitazioni, aumento dei periodi siccitosi) hanno effetti rilevanti su più settori:
  - **Risorse idriche**: riduzione della ricarica di falde e acque superficiali, aumento della salinità lagunare e maggiore criticità nella gestione degli apporti fluviali.
  - **Agricoltura e uso del suolo**: maggiore stress idrico per le colture, anticipo dei cicli fenologici e aumento della domanda irrigua, con crescente competizione per la risorsa idrica.
  - **Ecosistemi lagunari e biodiversità**: alterazioni dei regimi termici e di salinità possono compromettere habitat sensibili, favorire specie più tolleranti e aumentare il rischio di eutrofizzazione.
  - **Rischio idrogeologico**: alternanza tra siccità prolungate e piogge intense aumenta il rischio di flash flood, erosione ed eventi di sovraccarico dei sistemi di drenaggio.
  - **Salute pubblica**: incremento degli indici di disagio termico (HUMIDEX), con maggior rischio per le fasce vulnerabili e amplificazione degli effetti nelle aree urbane.
  - **Economia locale**: impatti potenziali su pesca lagunare, attività portuali, turismo e servizi ecosistemici, legati a variazioni termiche, idrologiche e di salinità.