



TENDENZE CLIMATICHE E SCENARI DI CAMBIAMENTO CLIMATICO IN LIGURIA

Dott. Aldo Bafico, educatore ambientale, C.E.A. Genova



Cambiamento climatico

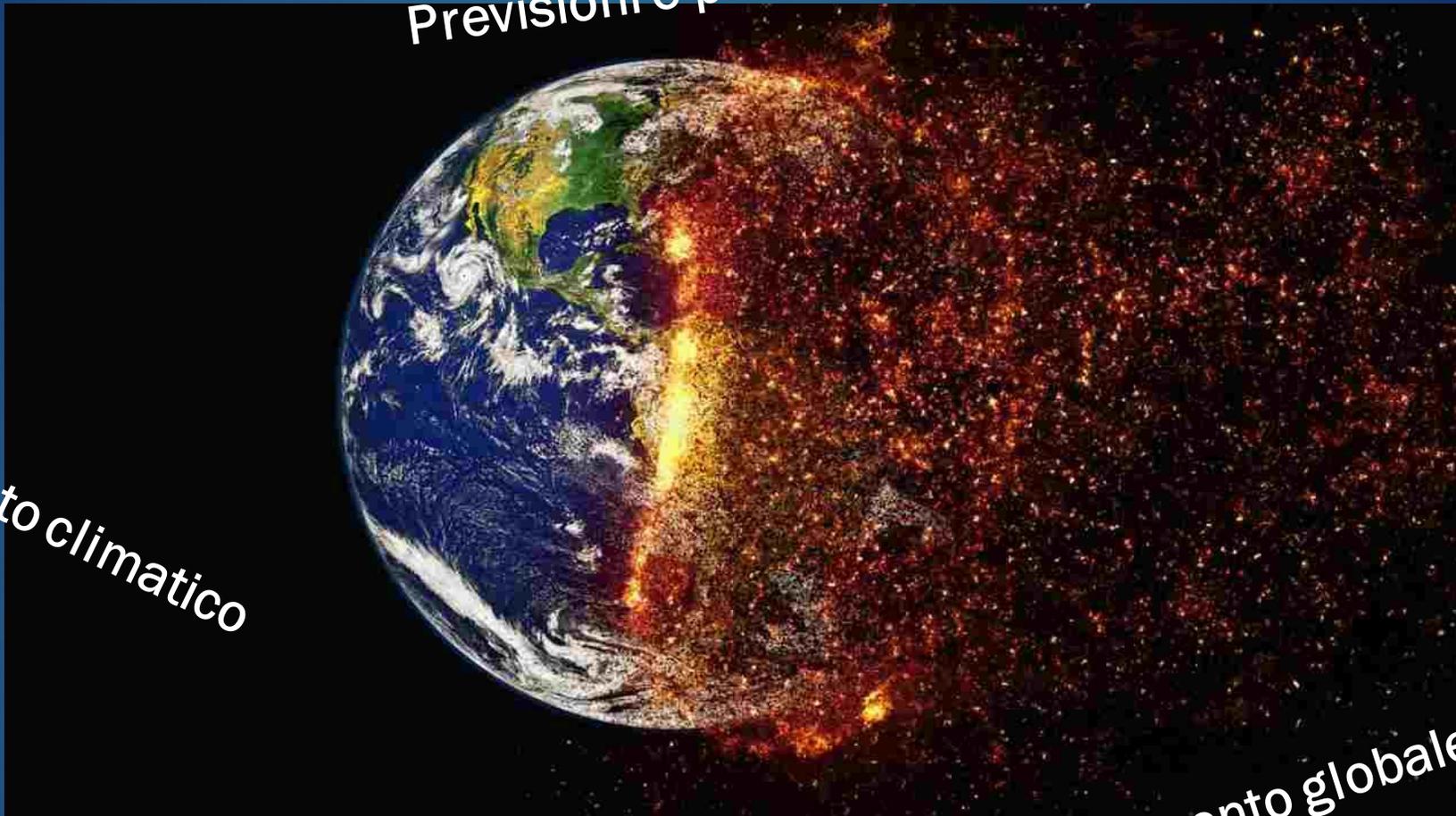


Cambiamento climatico



Riscaldamento globale

Previsioni e proiezioni



Cambiamento climatico

Riscaldamento globale



Necessità di avere delle definizioni condivise

Glossario, uniformità per maggior comprensione

Glossario, uniformità per maggior comprensione

- ▶ Cambiamento climatico: non vi è una definizione univoca ma l'Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC, 2018) lo definisce nel seguente modo: «*Un cambiamento nello stato del clima, che possa essere identificato (usando ad esempio strumenti statistici) da cambiamenti nel valore medio e/o nella varianza delle sue proprietà e che persiste per un periodo dell'ordine della decade o più*».

Glossario, uniformità per maggior comprensione

- ▶ Cambiamento climatico: non vi è una definizione univoca ma l'Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC, 2018) lo definisce nel seguente modo: «*Un cambiamento nello stato del clima, che possa essere identificato (usando ad esempio strumenti statistici) da cambiamenti nel valore medio e/o nella varianza delle sue proprietà e che persiste per un periodo dell'ordine della decade o più*».
- ▶ Sviluppo sostenibile: nel 1987 la Commissione mondiale per l'ambiente e lo sviluppo del Programma della Nazioni Unite per l'ambiente lo riporta in questo modo: «*Per sviluppo sostenibile si intende uno sviluppo in grado di assicurare il soddisfacimento dei bisogni della generazione presente senza compromettere la possibilità delle generazioni future di realizzare i propri*».

Glossario, uniformità per maggior comprensione

- ▶ Cambiamento climatico: non vi è una definizione univoca ma l'Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC, 2018) lo definisce nel seguente modo: «*Un cambiamento nello stato del clima, che possa essere identificato (usando ad esempio strumenti statistici) da cambiamenti nel valore medio e/o nella varianza delle sue proprietà e che persiste per un periodo dell'ordine della decade o più*».
- ▶ Sviluppo sostenibile: nel 1987 la Commissione mondiale per l'ambiente e lo sviluppo del Programma della Nazioni Unite per l'ambiente lo riporta in questo modo: «*Per sviluppo sostenibile si intende uno sviluppo in grado di assicurare il soddisfacimento dei bisogni della generazione presente senza compromettere la possibilità delle generazioni future di realizzare i propri*».
- ▶ Resilienza: «*La capacità di un sistema -sia esso un individuo, una foresta, una città o un'economia- di affrontare il cambiamento e continuare a svilupparsi*» (Stockholm Resilience Centre).

Glossario, uniformità per maggior comprensione

- ▶ **Proiezione climatica:** è la risposta simulata a uno scenario futuro ricavata da modelli climatici.

Glossario, uniformità per maggior comprensione

- ▶ **Proiezione climatica:** è la risposta simulata a uno scenario futuro ricavata da modelli climatici.
- ▶ **Mitigazione del cambiamento climatico:** qualsiasi intervento umano che riduca le fonti di rilascio o rafforzi le fonti di assorbimento dei gas serra.

Glossario, uniformità per maggior comprensione

- ▶ **Proiezione climatica:** è la risposta simulata a uno scenario futuro ricavata da modelli climatici.
- ▶ **Mitigazione del cambiamento climatico:** qualsiasi intervento umano che riduca le fonti di rilascio o rafforzi le fonti di assorbimento dei gas serra.
- ▶ **Governance climatica:** meccanismi e misure rilevanti finalizzati a indirizzare i sistemi sociali verso la prevenzione, la mitigazione o l'adattamento ai rischi posti dal cambiamento climatico.



Strategia regionale di adattamento climatico

Gli adattamenti climatici

- ▶ Definizione: «*il processo di adeguamento al clima attuale o atteso e ai suoi effetti. Nei sistemi umani, l'adattamento cerca di limitare o evitare danni e/o sfruttare le opportunità favorevoli. In alcuni sistemi naturali, l'intervento umano può facilitare l'adattamento al clima previsto e ai suoi effetti*».

Gli adattamenti climatici

- ▶ Definizione: «il processo di adeguamento al clima attuale o atteso e ai suoi effetti. Nei sistemi umani, l'adattamento cerca di limitare o evitare danni e/o sfruttare le opportunità favorevoli. In alcuni sistemi naturali, l'intervento umano può facilitare l'adattamento al clima previsto e ai suoi effetti».
- ▶ Per definire politiche di adattamento è quindi innanzitutto essenziale comprendere quali siano e quali potranno essere gli impatti del cambiamento climatico specifici sul territorio in oggetto.

Gli adattamenti climatici

- ▶ Definizione: «*il processo di adeguamento al clima attuale o atteso e ai suoi effetti. Nei sistemi umani, l'adattamento cerca di limitare o evitare danni e/o sfruttare le opportunità favorevoli. In alcuni sistemi naturali, l'intervento umano può facilitare l'adattamento al clima previsto e ai suoi effetti*».
- ▶ Per definire politiche di adattamento è quindi innanzitutto essenziale comprendere quali siano e quali potranno essere gli impatti del cambiamento climatico specifici sul territorio in oggetto.
- ▶ Questa analisi è di solito strutturata in due parti:

Gli adattamenti climatici

- ▶ Definizione: «il processo di adeguamento al clima attuale o atteso e ai suoi effetti. Nei sistemi umani, l'adattamento cerca di limitare o evitare danni e/o sfruttare le opportunità favorevoli. In alcuni sistemi naturali, l'intervento umano può facilitare l'adattamento al clima previsto e ai suoi effetti».
- ▶ Per definire politiche di adattamento è quindi innanzitutto essenziale comprendere quali siano e quali potranno essere gli impatti del cambiamento climatico specifici sul territorio in oggetto.
- ▶ Questa analisi è di solito strutturata in due parti:
 - i. **Analisi climatica** – come sta variando e varierà il clima? (es: temperatura, precipitazioni, intensità venti)

Gli adattamenti climatici

- ▶ Definizione: «*il processo di adeguamento al clima attuale o atteso e ai suoi effetti. Nei sistemi umani, l'adattamento cerca di limitare o evitare danni e/o sfruttare le opportunità favorevoli. In alcuni sistemi naturali, l'intervento umano può facilitare l'adattamento al clima previsto e ai suoi effetti*».
- ▶ Per definire politiche di adattamento è quindi innanzitutto essenziale comprendere quali siano e quali potranno essere gli impatti del cambiamento climatico specifici sul territorio in oggetto.
- ▶ Questa analisi è di solito strutturata in due parti:
 - i. **Analisi climatica** – come sta variando e varierà il clima? (es: temperatura, precipitazioni, intensità venti)
 - ii. **Analisi degli impatti** – quali effetti hanno queste variazioni climatiche sui sistemi socio-economici locali? (es: attesa riduzione produttività agricola, maggiori danni alle infrastrutture, ...)

Analisi climatica della Liguria

- ▶ L'analisi climatica è suddivisa in due parti complementari:

Analisi climatica della Liguria

- ▶ L'analisi climatica è suddivisa in due parti complementari:
 - i. Analisi dei tendenze climatiche in corso confrontando dati storici (es: 1961-1990) con la situazione attuale (es: 1981-2010), tramite una serie di indicatori → es: *temperatura media, cumulata delle precipitazioni nei mesi invernali, ecc*

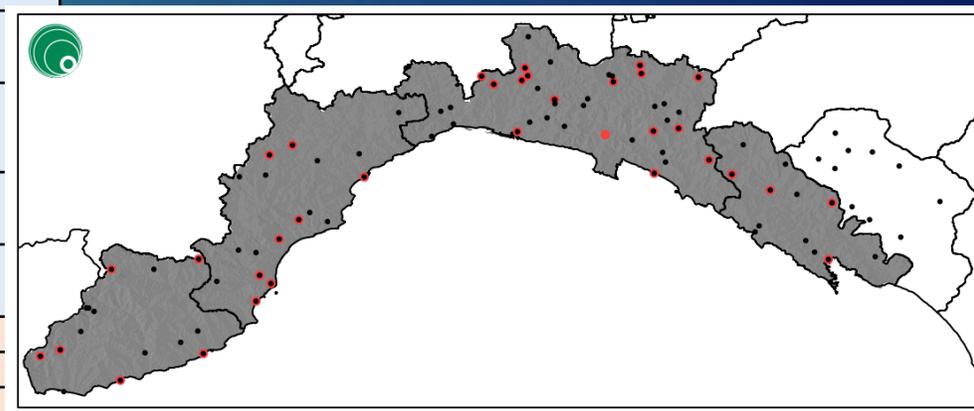
Analisi climatica della Liguria

- ▶ L'analisi climatica è suddivisa in due parti complementari:
 - i. Analisi dei tendenze climatiche in corso confrontando dati storici (es: 1961-1990) con la situazione attuale (es: 1981-2010), tramite una serie di indicatori → es: *temperatura media, cumulata delle precipitazioni nei mesi invernali, ecc*
 - ii. Definizione di scenari climatici attesi per il futuro (es: 2021-2050), il più possibile localizzati per il territorio regionale

Analisi delle tendenze in corso

- L'Atlante Climatico della Liguria (Regione Liguria e ARPAL, 2013) fornisce un quadro delle caratteristiche meteo-climatiche del territorio regionale con dati che partono dal 1961 fino al 2010.

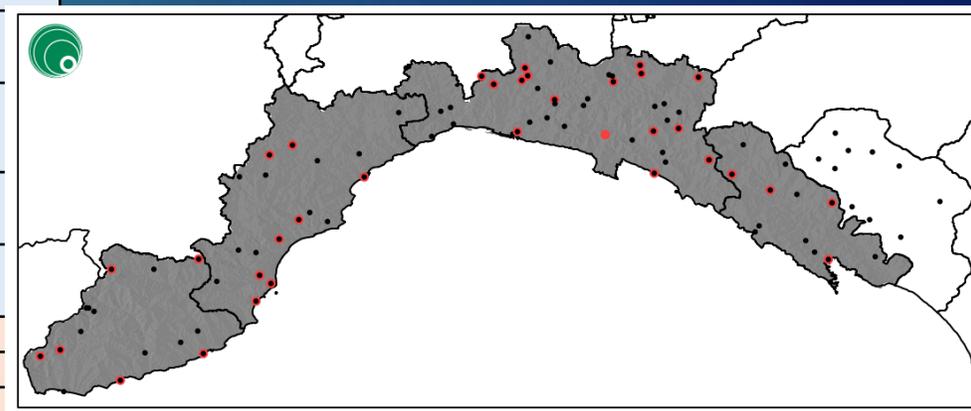
Indicatore	Metrica	Unità misura
Precipitazioni totali	Cumulate annuali e stagionali	Mm
Numero di giorni piovosi	Numero di giorni annuali e stagionali con cumulata pari o superiore a 1 mm/24 ore	Giorni/anno
Numero massimo di giorni piovosi consecutivi	Numero massimo di giorni piovosi consecutivi a livello annuale e stagionale	Giorni/anno
Numero massimo di giorni secchi consecutivi	Numero massimo di giorni secchi consecutivi a livello annuale e stagionale (è considerato secco il giorno con cumulata inferiore ad 1 mm/24 ore)	Giorni/anno
Valori massimi di cumulate giornaliere	Valori massimi di cumulate giornaliere per tempi di ritorno pari a 10 e 50 anni	Mm
Intensità della precipitazione giornaliera	Intensità media della precipitazione giornaliera annuale e stagionale, calcolata in base alla cumulata dei soli giorni piovosi	Mm
Temperatura media	Temperatura media giornaliera, media annuale e stagionale	°C
Temperatura minima	Temperatura minima giornaliera, media annuale e stagionale	°C
Temperatura massima	Temperatura massima, media annuale e stagionale	°C
Escursione termica giornaliera	escursione termica giornaliera media a livello annuale e stagionale ottenuta dalla differenza tra i valori delle temperature minime e massime	°C
Frost days	Media annuale del numero di giorni con temperatura minima al di sotto dei 0°C	Giorni/anno
Decimi percentili delle temperature minime	Valori delle temperature minime stagionali al di sotto del quale si trovano il 10% dei valori minimi stagionali (valore minimo dei minimi di temperatura)	°C
Novantesimi percentili delle temperature massime	Valori delle temperature massime stagionali al di sopra dei quali si trovano il 10% dei valori massimi estivi (valore massimo dei massimi di temperatura estiva)	°C



Analisi delle tendenze in corso

- L'Atlante Climatico della Liguria (Regione Liguria e ARPAL, 2013) fornisce un quadro delle caratteristiche meteo-climatiche del territorio regionale con dati che partono dal 1961 fino al 2010.

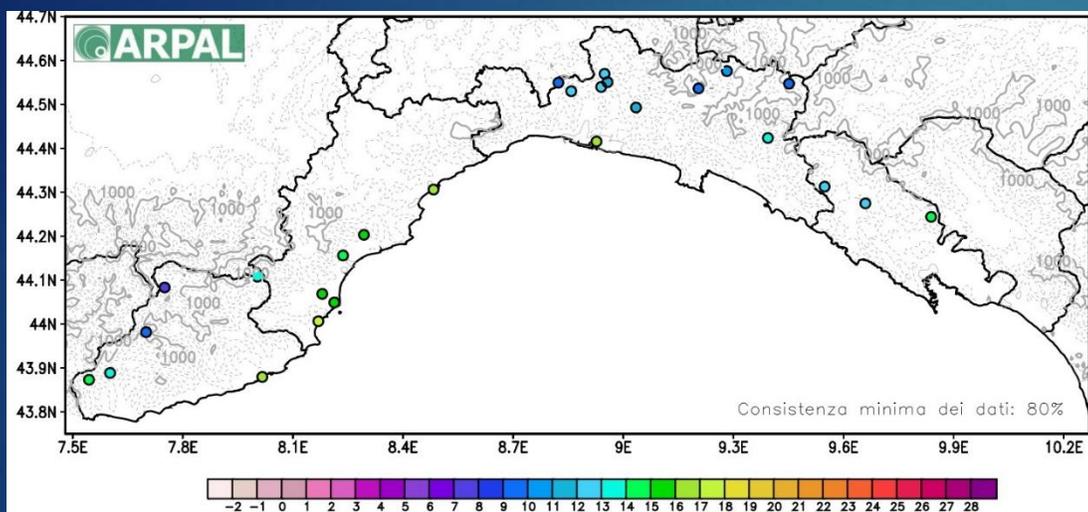
Indicatore	Metrica	Unità misura
Precipitazioni totali	Cumulate annuali e stagionali	Mm
Numero di giorni piovosi	Numero di giorni annuali e stagionali con cumulata pari o superiore a 1 mm/24 ore	Giorni/anno
Numero massimo di giorni piovosi consecutivi	Numero massimo di giorni piovosi consecutivi a livello annuale e stagionale	Giorni/anno
Numero massimo di giorni secchi consecutivi	Numero massimo di giorni secchi consecutivi a livello annuale e stagionale (è considerato secco il giorno con cumulata inferiore ad 1 mm/24 ore)	Giorni/anno
Valori massimi di cumulate giornaliere	Valori massimi di cumulate giornaliere per tempi di ritorno pari a 10 e 50 anni	Mm
Intensità della precipitazione giornaliera	Intensità media della precipitazione giornaliera annuale e stagionale, calcolata in base alla cumulata dei soli giorni piovosi	Mm
Temperatura media	Temperatura media giornaliera, media annuale e stagionale	°C
Temperatura minima	Temperatura minima giornaliera, media annuale e stagionale	°C
Temperatura massima	Temperatura massima, media annuale e stagionale	°C
Escursione termica giornaliera	escursione termica giornaliera media a livello annuale e stagionale ottenuta dalla differenza tra i valori delle temperature minime e massime	°C
Frost days	Media annuale del numero di giorni con temperatura minima al di sotto dei 0°C	Giorni/anno
Decimi percentili delle temperature minime	Valori delle temperature minime stagionali al di sotto del quale si trovano il 10% dei valori minimi stagionali (valore minimo dei minimi di temperatura)	°C
Novantesimi percentili delle temperature massime	Valori delle temperature massime stagionali al di sopra dei quali si trovano il 10% dei valori massimi estivi (valore massimo dei massimi di temperatura estiva)	°C



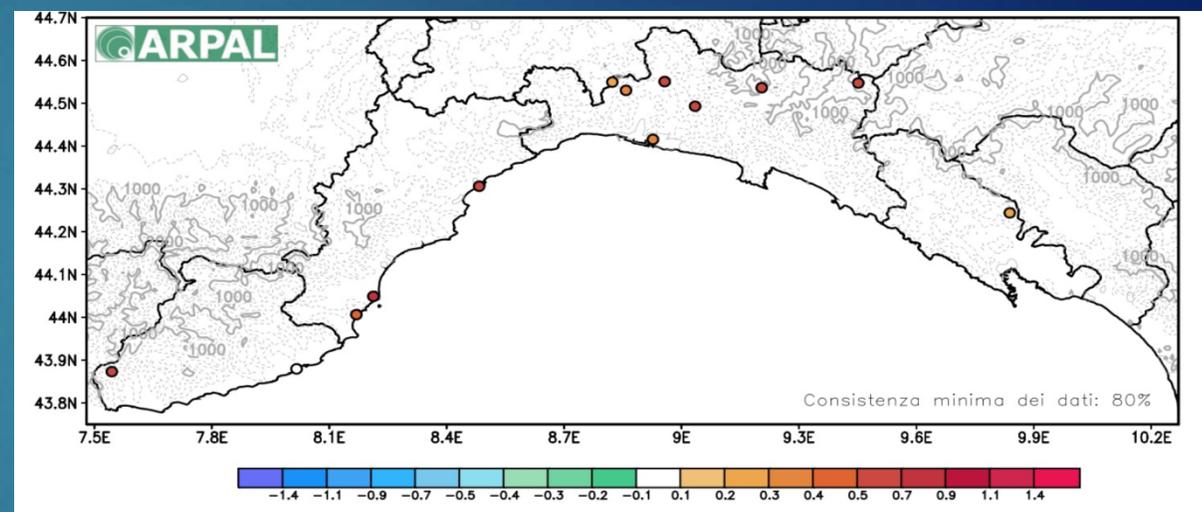
- Fonte preziosa informazioni (mappe e tabelle con dati dal 1961)
- Fino al 2010
- Problema continuità serie storiche

Temperatura media

Tmedia – 1981-2010



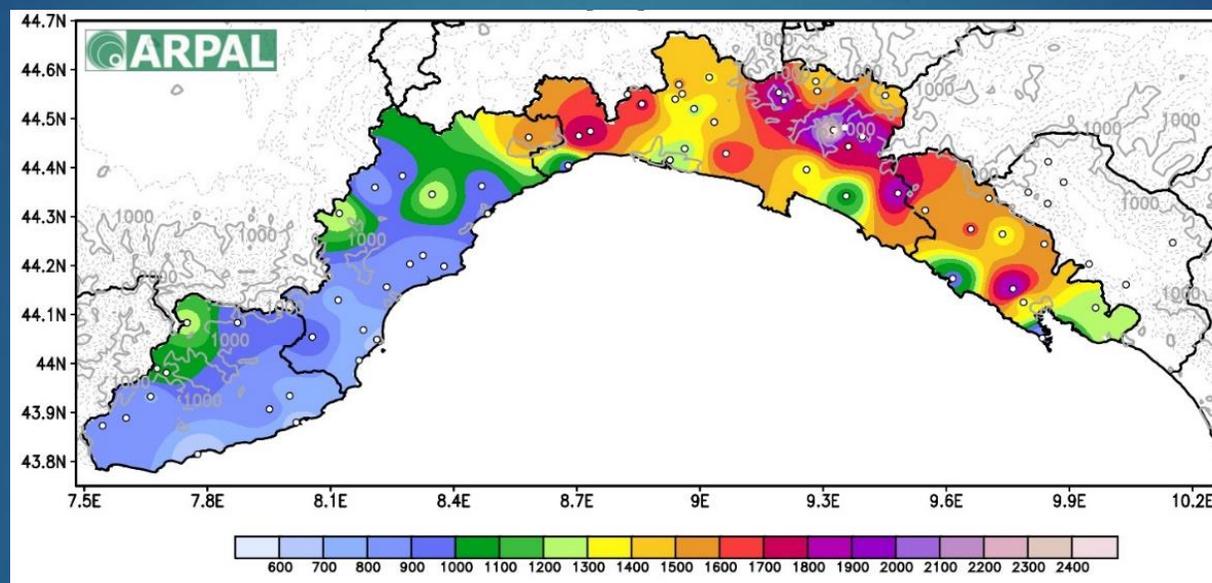
Tmedia – confronto 1981-2010/1961-1990



- Tmedia: confronto dati 1961-1990 con 1981-2010 → incremento della **temperatura media annuale fino a circa +1°C**
- Incrementi prevalentemente distribuiti in primavera ed estate (dove troviamo gli aumenti più diffusi nelle temperature minime, 80% delle rilevazioni, e massime, 65% delle rilevazioni)
- No informazioni complete rispetto all'Area alpina e alla costa del Levante

Precipitazioni

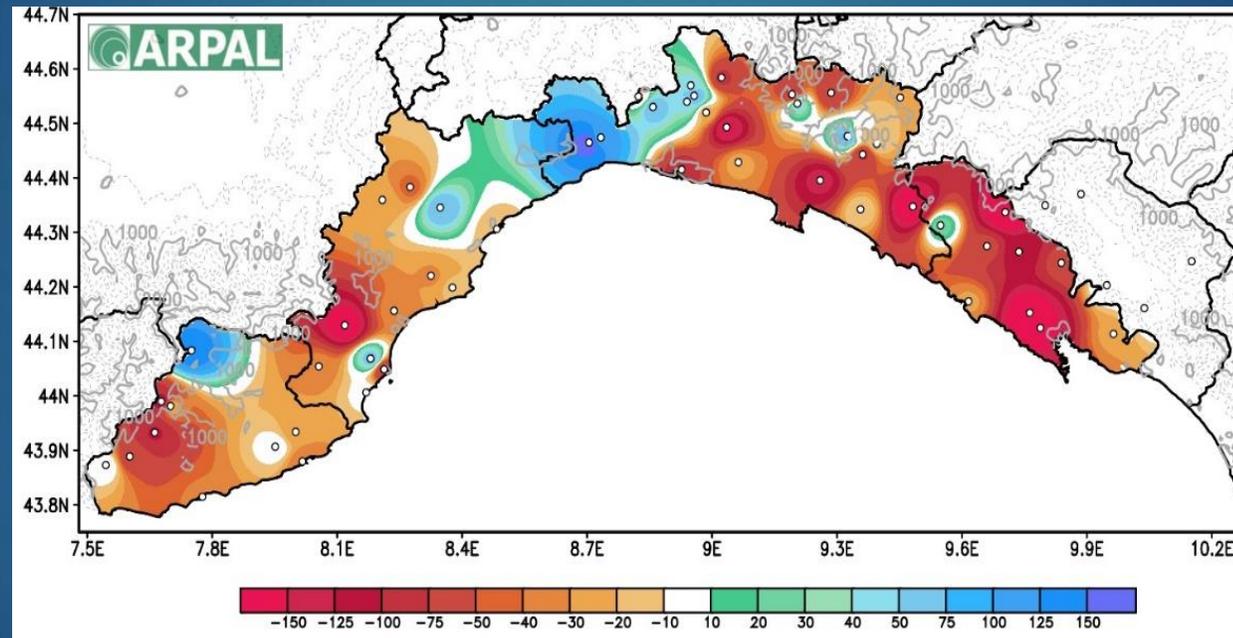
Precipitazione cumulata - mm (media annuale 1981-2010)



- Levante risulta significativamente più piovoso del Ponente, sia a livello di cumulate, sia di giorni piovosi, di valori più elevati di precipitazione giornaliera e di minor numero di giorni secchi consecutivi
- zona costiera tra Sanremo e Albenga è quella con minori giorni piovosi (55-60), mentre nell'area appenninica si riscontrano i valori più elevati (105-110).

Precipitazioni cumulate

Precipitazione cumulata - mm (variazione della media annuale 1981-2010 rispetto al 1961-1990)

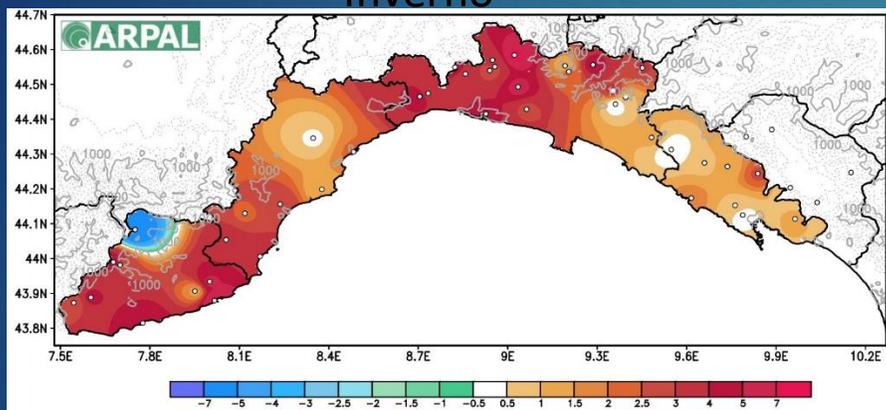


- Variazione storica della precipitazione cumulata annuale: decrementi diffusi (-10%), più significativi a Levante
- Incrementi nell'area di confine tra la provincia di Savona e Genova (Campo Ligure, Masone) e in parte dell'area Alpina della provincia di Imperia (Monesi di Triora, Mendatica)

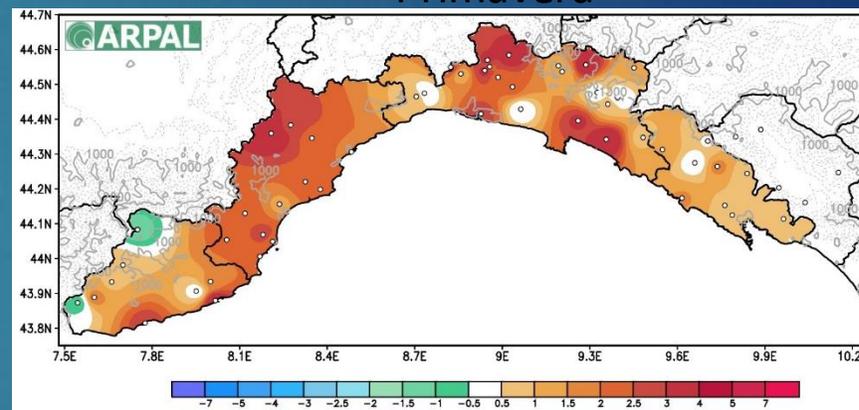
Giorni secchi consecutivi, dettaglio stagionale

numero massimo di giorni secchi consecutivi a livello annuale e stagionale (è considerato secco il giorno con cumulata inferiore ad 1 mm/24 ore)

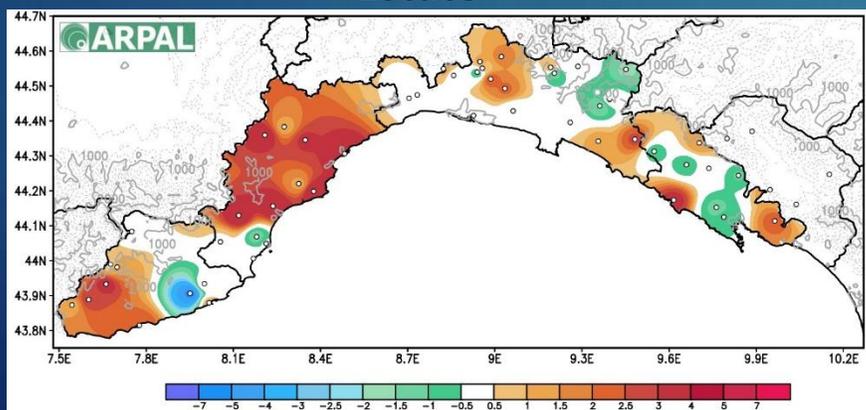
Inverno



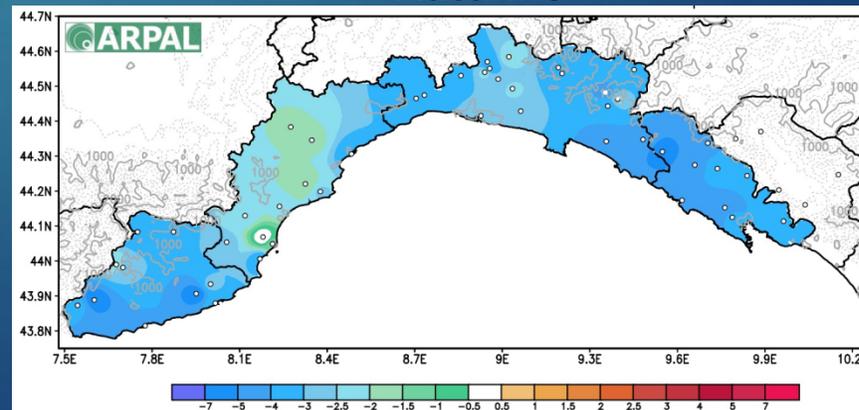
Primavera



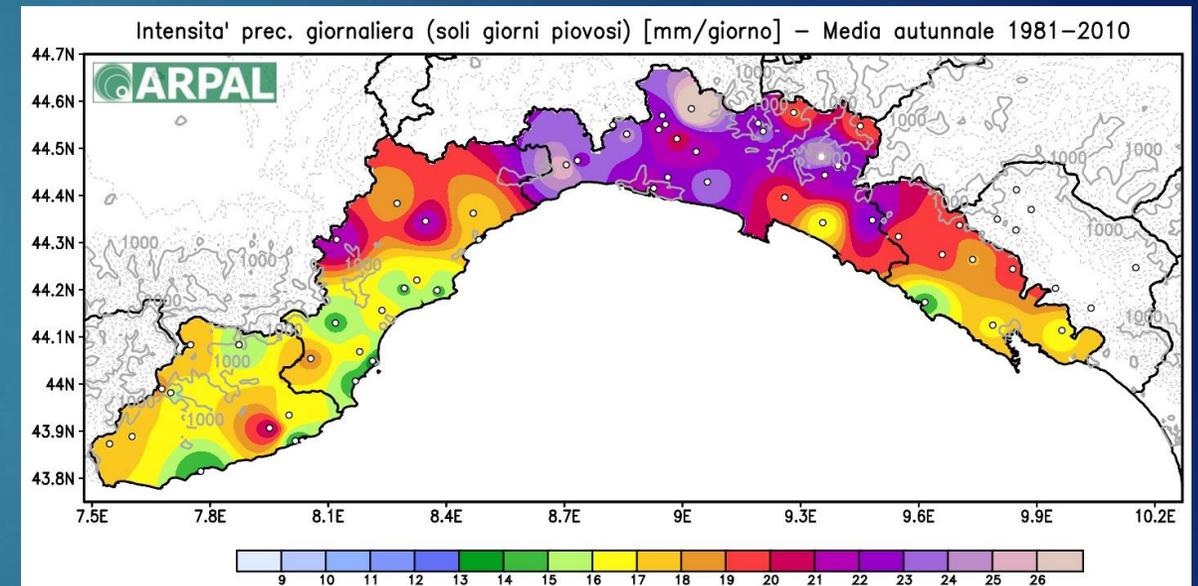
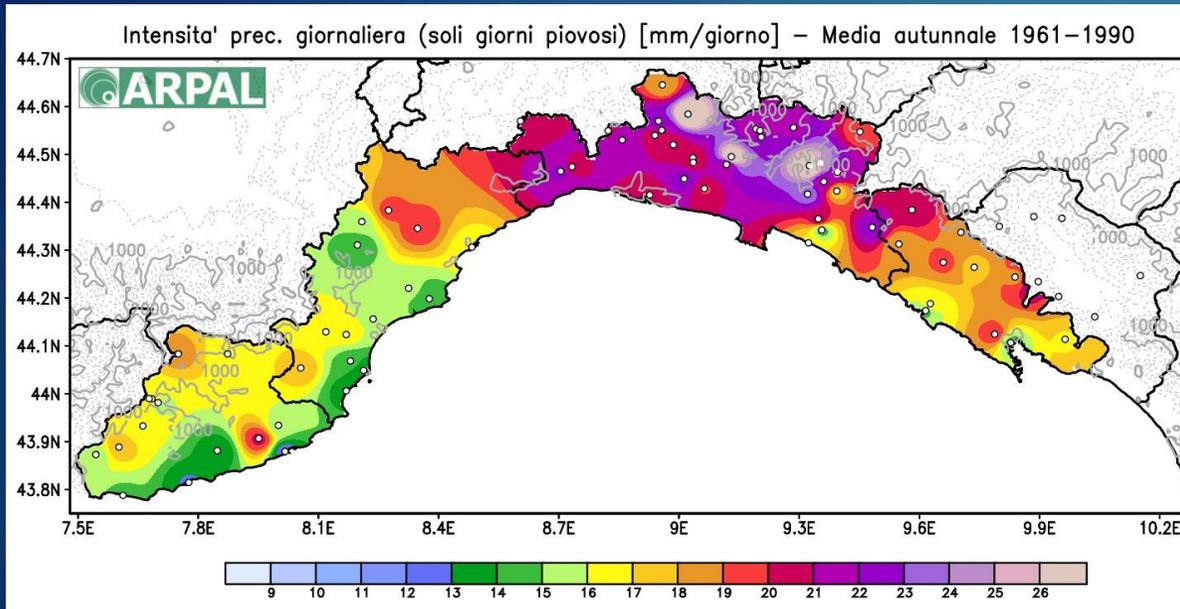
Estate



Autunno



Intensità precipitazione giornaliera



- Nelle figure (media autunnale) il valore medio (ma interessanti anche gli estremi, come vedremo in analisi scenari futuri)
- Distribuzione stagionale delle tendenze simile agli altri indicatori di precipitazione (es: giorni piovosi consecutivi): incrementi in autunno (figura), riduzione nelle altre stagioni

Riassunto: Temperatura

- ▶ Temperatura media in aumento, con incrementi che arrivano fino a circa +1° C
- ▶ Incrementi concentrati specialmente in primavera ed estate
- ▶ Temperature minime in aumento soprattutto sulla costa, dove si riduce anche l'escursione termica
- ▶ Temperature max in aumento specialmente nell'entroterra e zone alpine e appenninica



Riassunto: Precipitazioni

- ▶ Levante risulta significativamente più piovoso del Ponente, sia a livello di cumulate, che di giorni piovosi, di valori più elevati di precipitazione giornaliera e di minor numero di giorni secchi consecutivi
- ▶ Precipitazioni cumulate in diminuzione su base annuale
- ▶ Però significative differenze nella distribuzione stagionale: cumulate in aumento in autunno (incrementi superiori al +10% in alcune aree), ma in diminuzione negli altri mesi, specialmente in inverno e primavera
- ▶ Tendenza analoga per gli altri indicatori: i giorni di pioggia consecutivi, i giorni secchi consecutivi (segno contrario) e l'intensità della precipitazione giornaliera
- ▶ Aumento piogge cumulate ed intensità in autunno possibile driver per eventi estremi
- ▶ Eventi estremi in aumento

Scenari climatici attesi per il futuro

- ▶ Obiettivo dell'analisi: individuare possibili scenari climatici futuri, con indicazioni su variazioni di temperatura e precipitazioni (valori medi ed estremi) attese in un trentennio futuro rispetto al trentennio di riferimento (1981-2010)
- ▶ Come vengono caratterizzati gli scenari climatici?
 - i. Utilizzo di un singolo modello o un incrocio di diversi modelli
 - ii. Diverso dettaglio («maglia») delle previsioni → dai 100km dei modelli globali ai 4km dei modelli locali
 - iii. Diverso periodo di riferimento nel futuro → es: medio periodo, 2040-70; lungo periodo, 2070-2100
 - iv. Differenti scenari emissivi → da RCP 2.6, dove si prevedono massicce politiche di mitigazione, a RCP 8.5, scarsi interventi di mitigazione

Incertezza

- ▶ Incertezza sulle emissioni future
- ▶ Incertezza sui modelli scientifici: comprensione funzionamento clima in relazione all'aumento della CO₂, downscaling delle previsioni globali a livello locale (infatti si incrociano svariati modelli)
- ▶ Incertezza sugli impatti locali: interazione con la componente socio-economica e lo sviluppo locale; necessari modelli per tradurre gli scenari climatici in impatti locali
- ▶ Incertezza sull'efficacia delle politiche di adattamento



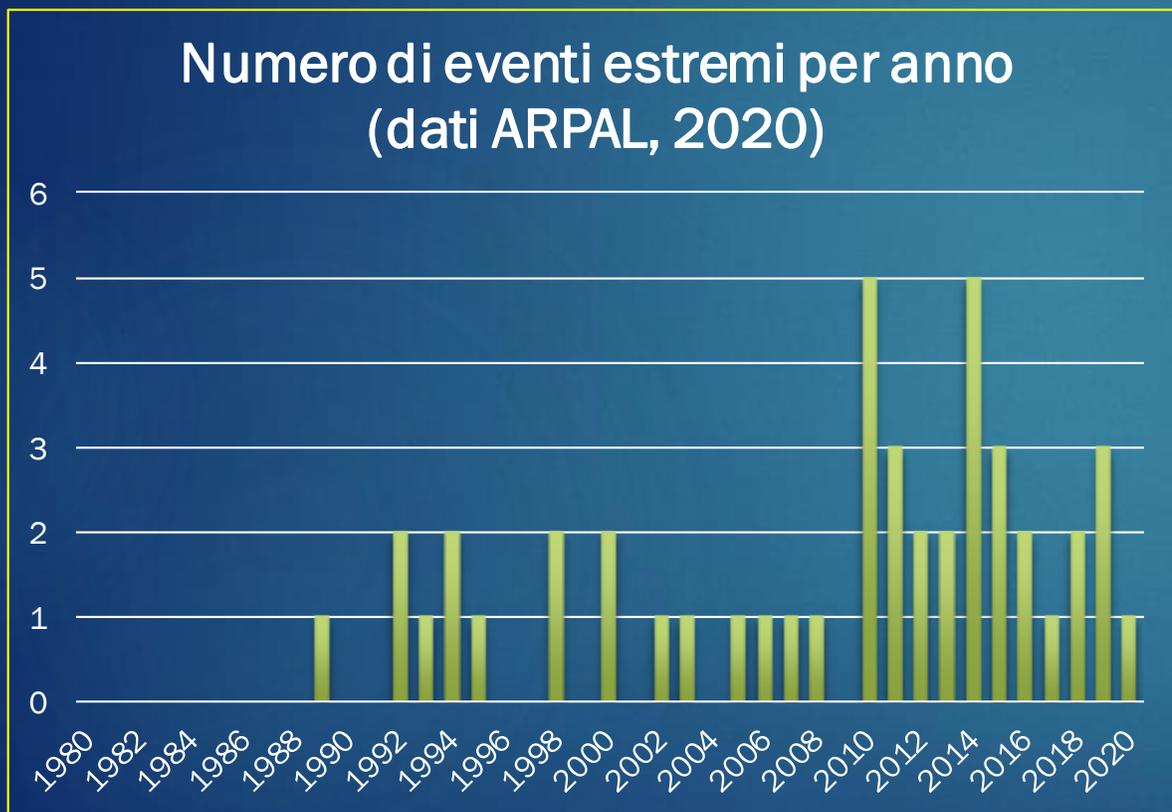
ATTENZIONE: incertezza non è un limite delle previsioni ma ulteriore monito rispetto al futuro

Riassumendo: i cambiamenti climatici in Liguria

Scenari futuri, il clima che sarà (medio termine 2038-2068) - secondo lo scenario RCP 8.5 (dove non vengono attuate politiche di mitigazione):

- ▶ **TEMPERATURE** → Potrebbe esserci un ulteriore incremento di circa +2° C, con punte di +2,5° C nelle aree montuose (e soprattutto in inverno) e ci si aspetta una diminuzione dei giorni con temperatura minima inferiore agli 0° C (frost days), specialmente nelle aree montuose (-45 giorni annui circa).
- ▶ **PRECIPITAZIONI - PONENTE** → trend di decremento delle precipitazioni nel Ponente ci si aspetta proseguirà anche nel futuro, con significative diminuzioni in Estate (qualche incremento nell'intensità delle precipitazioni estreme nell'Imperiese ed entroterra Savona)
- ▶ **PRECIPITAZIONI - LEVANTE** → Nel Levante situazione più complessa: in Inverno, possibili incrementi della precipitazione liquida nella zona del Beigua e della Val d'Aveto. L'intensità delle precipitazioni estreme aumenterà intorno al 15% rispetto al passato su tutto il Levante Ligure e nell'area di La Spezia aumenteranno anche i giorni con precipitazione superiore ai 20 mm.
- ▶ **SICCITA'** → i giorni senza pioggia aumenteranno su tutto il territorio, con incrementi maggiori sulle coste (+24 giorni)

Eventi estremi passati



- L'immagine riporta il numero di eventi estremi registrati da ARPAL nell'infografica (2021) → gli eventi registrati sono *piogge forti, temporali forti, alluvione, tromba d'aria, mareggiata, ondata di calore*
- Il gruppo di lavoro interdipartimentale di Regione Liguria per la SRACC (Strategia Regionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici) ha fatto emergere che stiamo assistendo ad una «maggiore frequenza di eventi pluviometrici intensi ed eventi estremi in generale»



GLI IMPATTI DEL CAMBIAMENTO CLIMATICO IN REGIONE LIGURIA

La catena degli impatti derivanti dal cambiamento climatico



INCERTEZZA



Quali settori?*



* Fonte dei dati: Piano Nazionale di Adattamento al Cambiamento Climatico

Mare e zone costiere



- **Innalzamento livello del mare (SSHA) +8 cm**, con estremi in primavera e autunno dove vengono superati i +10 cm (PNACC, 2021-2050 su base 1981-2010, per scenario 8.5) → perdita aree costiere e inondazioni
- **Aumento della temperatura superficiale (SSTA) +1.27°C** → impatto su ecosistemi marini e pesca (produttività degli stock e effetti anche sulla composizione delle comunità ittiche)
- **Aumento intensità dei venti** → Incremento rischio mareggiate

Turismo

Turismo montano :

- **Aumento delle temperature di 4 °C** → Linea di Affidabilità della Neve a 2.100 m (*altitudine che garantisce spessore e durata sufficienti dell'innnevamento stagionale e quindi la praticabilità degli impianti sciistici*) → riduzione operatività delle stazioni sciistiche (**Monesi di Triora: 1389 m - 2164 m; St. Stefano d'Aveto: 1264 m - 1785 m**)

Turismo balneare:

- **Innalzamento livello del mare, aumento degli eventi estremi, aumento popolazione alghe e meduse** → variazione dell'appetibilità delle destinazioni balneari a seguito della variazione delle condizioni climatiche



Aree urbane



- Aumento del numero di giorni con precipitazione intensa → Incremento alluvioni e allagamenti
- Aumento della giornate con temperature tropicali → eventi estremi di temperatura e ondate di calore, rischi maggiori per le persone più fragili

Agricoltura e zootecnia

- Aumento delle temperature medie e variazione quantitativi di pioggia → incremento delle esigenze di acqua per l'irrigazione e una **diminuzione della disponibilità di acqua proprio nelle fasi critiche** del ciclo biologico vegetale
 - Per le colture arboree, come ad esempio vite e olivo, la variazione del regime delle precipitazioni e l'aumento della temperatura potranno determinare una riduzione qualitativa e quantitativa delle produzioni e potenziali spostamenti degli areali di coltivazione ad altitudini maggiori
- Aumento delle temperature medie → impatto diretto sui processi fisiologici e comportamentali dell'animale come la termoregolazione, l'ingestione di alimenti e la risposta immunitaria; impatto indiretto sulla disponibilità di foraggio (decremento qualità pascoli)





- Diminuzione quantitativo di pioggia + aumento del vento + aumento delle temperature → aumento del rischio incendi
- Aumento delle temperature + diminuzione del quantitativo di pioggia → riduzione delle aree climax e aumento delle superficie delle sclerofille sempre verdi

- Aumento dell'intensità delle precipitazioni e dei giorni consecutivi con precipitazioni:

- Allagamento delle infrastrutture di trasporto terrestri;
- aumento del rischio per pavimentazioni bagnate;
- cedimento di argini e terrapieni;
- erosione alla base dei ponti;
- impatti indiretti legati alla stabilità dei versanti.





- Diminuzione giorni di pioggia → Incremento opportunità per le rinnovabili (solare e eolico)
- Aumento della temperatura → Incremento della punta di domanda energetica estiva (raffrescamento)
- Incremento variabilità delle risorse idriche disponibili → impatti negativi sulla generazione idroelettrica

- Aumento della temperature
 - Aumento delle malattie cardio circolatorie (sinergia con inquinamento e ventilazione)
 - Aumento del rischio di crisi allergiche e asmatiche
 - Aumento delle mortalità e morbilità derivanti dalle ondate di calore



GRAZIE PER L'ATTENZIONE