

Area Strategica CAMBIAMENTI GLOBALI

Susanna Corti

Comprendere i meccanismi che determinano l'evoluzione e la variabilità climatica del pianeta è fondamentale particolarmente nell'era dell'**Antropocene** in cui le attività umane sono divenute, nell'insieme, il meccanismo principale di trasformazione del clima e dell'ambiente, anche al fine di definire misure di adattamento e mitigazione. Quest'area strategica indaga la dinamica del clima, anche nel passato con ricostruzioni paleoclimatiche e paleoambientali da dati e modelli, i cambiamenti globali in atto e i loro impatti. Gli studi abbracciano scale da globale a regionale, con particolare agli hot spot del cambiamento climatico come il bacino mediterraneo e le regioni polari e gli ambienti montani.

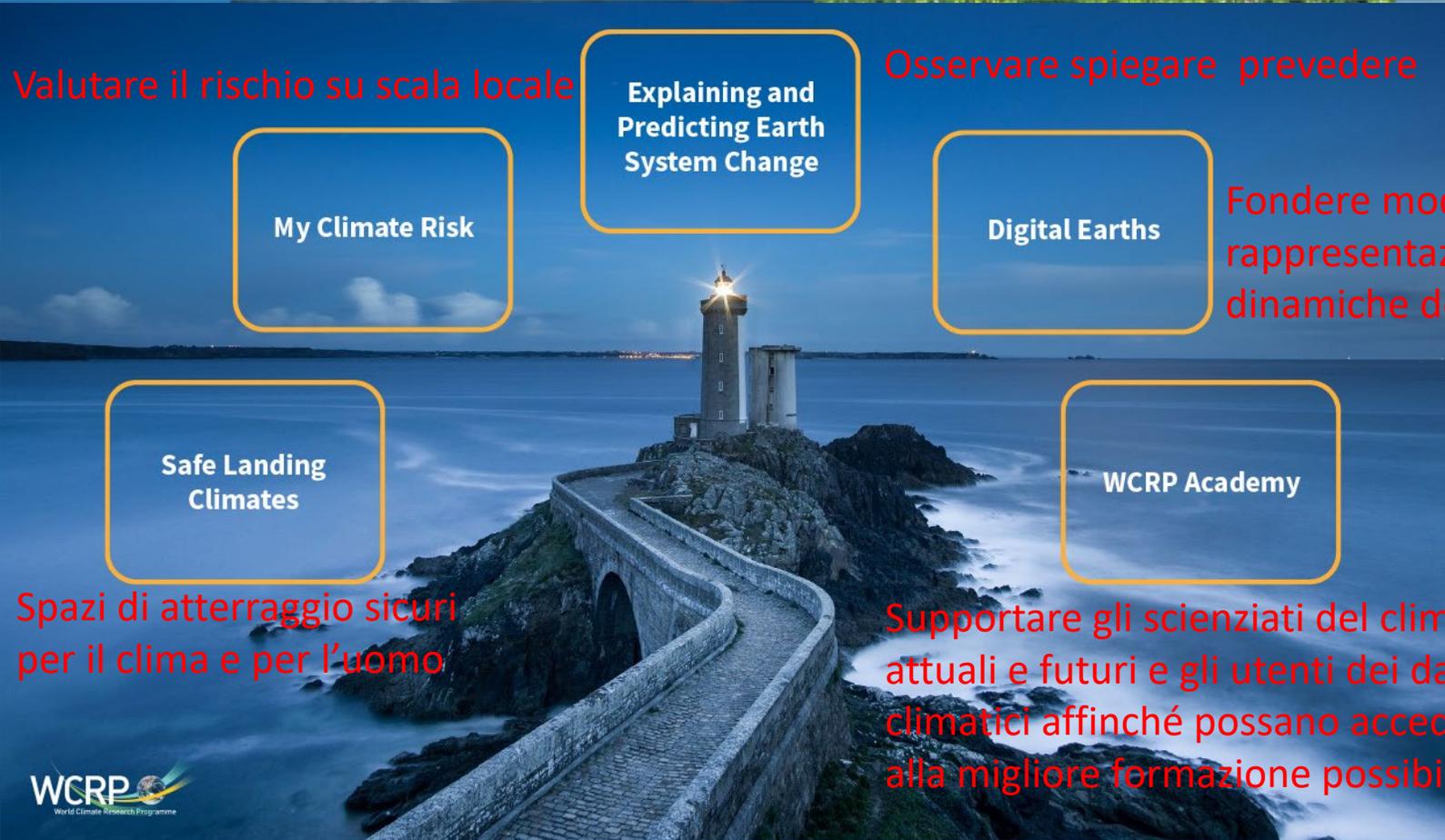


Dipartimento Scienze
del Sistema Terra
e Tecnologie per l'Ambiente

4 Grandi Sfide

- **Comprendere la variabilità climatica e i punti di non ritorno**
 - Comprensione dei processi fisici, chimici, biologici e biogeochimici
 - Interazione fra variabilità interna del sistema climatico e forzanti esterne (sia naturali che antropiche)
 - Eventi estremi, transizioni irreversibili e punti critici
 - Dal Pliocene, al periodo storico, ai giorni nostri, il futuro prossimo e il futuro remoto
- **Comprendere i cambiamenti globali nelle regioni circumpolari e ad alta quota**
 - Amplificazione polare e alta velocità del riscaldamento nelle regioni montane
 - Cambiamenti a seguito dell'uso del suolo, dell'inquinamento e dello sfruttamento delle risorse
 - Influenza di questi cambiamenti sulle altre regioni del globo
 - Interazione fra biosfera geosfera idrosfera e atmosfera
- **Cambiamenti climatici e ambientali nella regione Mediterranea**
 - Hot spot globale: accelerazione del riscaldamento, acidificazione dell'acqua, pressione antropica sugli ecosistemi
 - Rischi ambientali e geologici legati al ciclo dell'acqua
 - Mitigazione e adattamento al Climate Change nel Mediterraneo
- **Cambiamenti globali della Terra su scale di tempo geologiche**
 - Il Sistema Terra risponde in modo non lineare alla forzatura tettonica
 - Vincoli e fattori chiave per l'emergere della vita nel pianeta Terra rispetto agli altri pianeti del sistema solare
 - Lo studio dei processi a lungo termine del Sistema Terra aiuta a capire i cambiamenti globali nel futuro

The World Climate Research Programme (WCRP) coordinates and facilitates international climate research to develop, share, and apply the climate knowledge that contributes to societal well-being.



WCRP Lighthouse Activities

Logo Partner

Le grandi strategie in Europa

The European Green Deal https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal_en

primo Affrontare la sfida del cambiamento climatico e del degrado ambientale e fare di tutto per diventare il *climate-neutral continent*. E rendere l'economia Europea sostenibile ed efficiente.

The European Digital Strategy <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/content/european-digital-strategy>

quale Sviluppo implementazione e diffusione di una tecnologia che abbia un impatto concreto sulla vita delle persone e faccia leva su una trasformazione digitale che contribuisca a un'economia sostenibile, quella auspicata nel Green Deal.

The European Strategy for Data <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/policies/strategy-data>

europo I dati sono ovunque e crescono a un ritmo senza precedenti. L'Europa sta definendo un approccio per sfruttare i vantaggi dei dati. – **Parola chiave: BIG DATA** - Generare valore nelle diverse fasi della catena che produce dati sarà al centro della futura economia della conoscenza.

Un progetto che plasmerà il futuro digitale dell'Europa

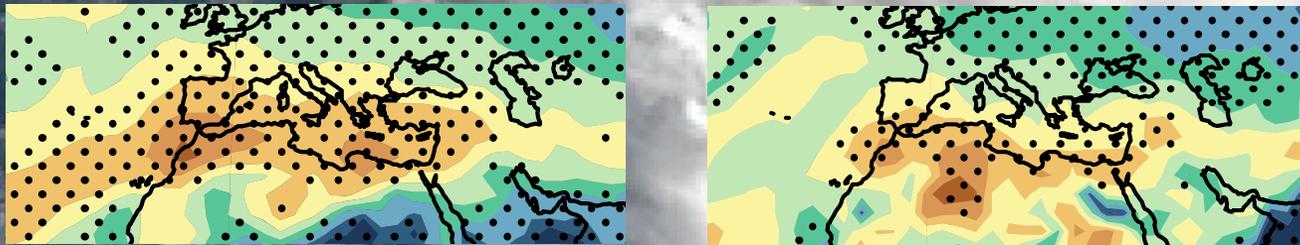
Destination Earth (DestinE) Sviluppo di un modello digitale della terra ad alta precisione per monitorare e simulare le attività umane e naturali, sviluppare e testare scenari che consentano uno sviluppo sostenibile e così possano supportare le politiche ambientali europee.

Cambiamento climatico Mediterraneo

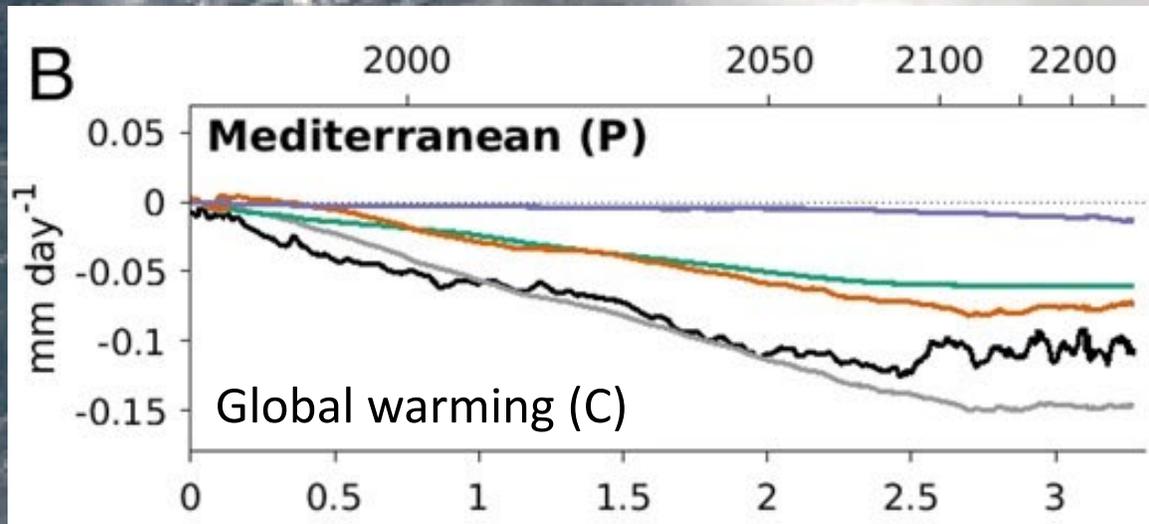
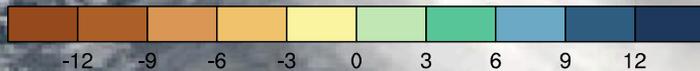
Cambiamento pioggia annuale (%/C)

Mentre aumentano i gas serra

Dopo stabilizzazione gas serra



(% per °C global mean change)



Il calo delle piogge potrà essere interrotto **immediatamente** con un taglio delle emissioni di gas serra (Zappa et al. 2020)

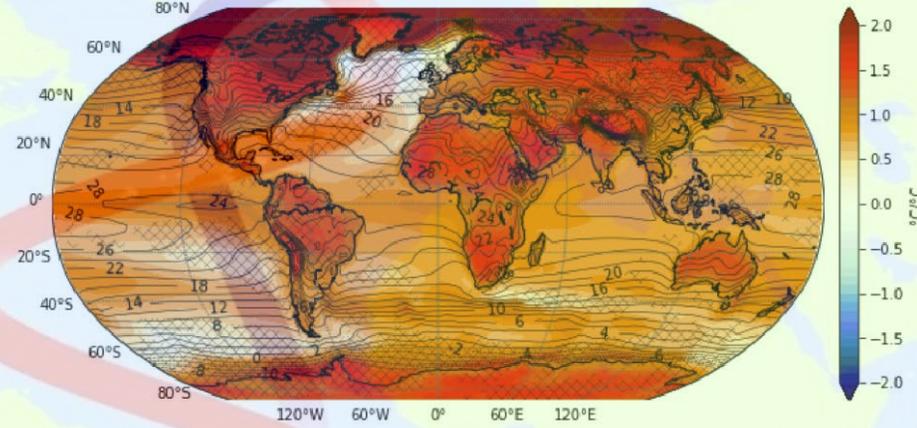
Increasing GHGs

Stable
GHGs

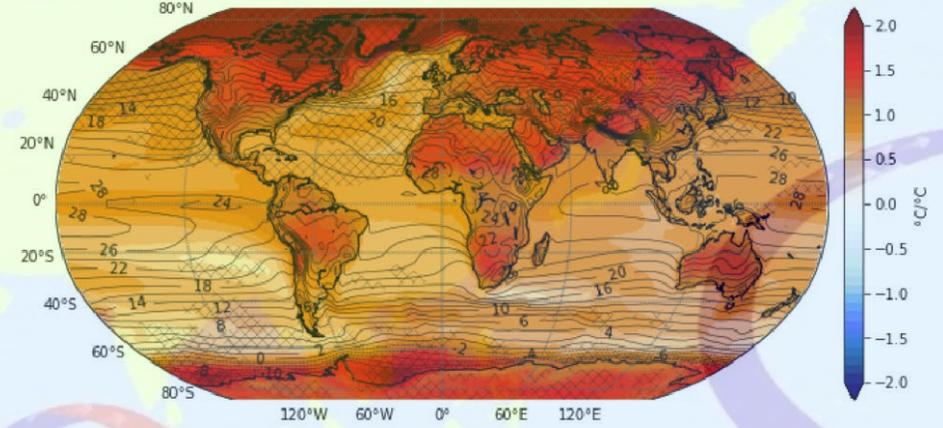
Zappa G, Ceppi P, Shepherd TG, **PNAS** (2020),
doi/10.1073/pnas.1911015117

- La differenza nella risposta dei modelli climatici al riscaldamento per quanto riguarda *la Atlantic Meridional Overturning Circulation (AMOC)* costituisce una grossa fonte di incertezza per quanto riguarda le proiezioni climatiche future
- Se riusciamo in qualche modo a “vincolare” questa variabilità della AMOC questo aiuterà a limitare l’incertezza nella risposta dei modelli.

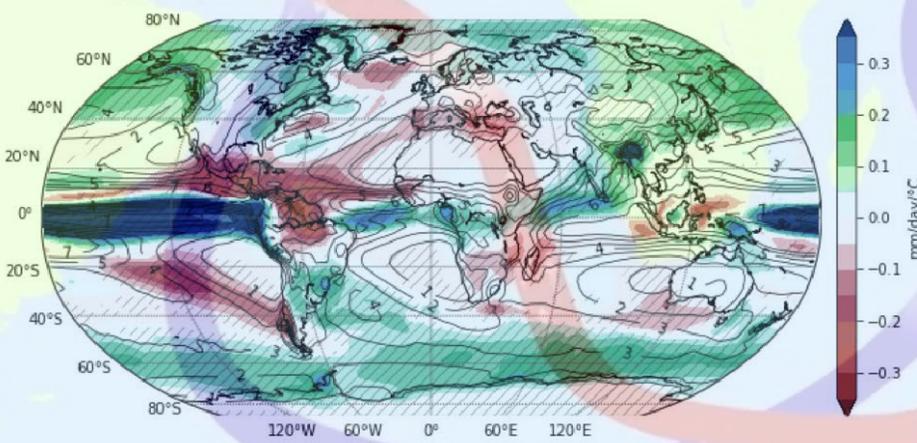
(a) Surface temperature change (large AMOC decline)



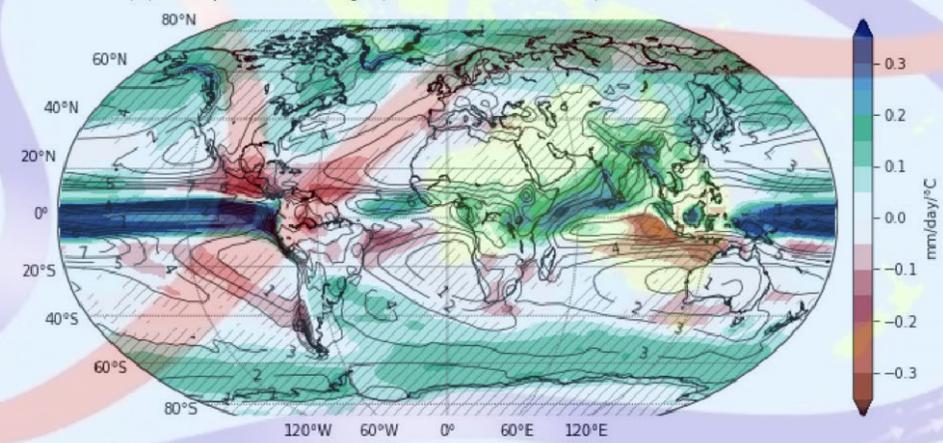
(b) Surface temperature change (small AMOC decline)



(a) Precipitation change (large AMOC decline)



(b) Precipitation change (small AMOC decline)



The EC EARTH³ Earth System Model

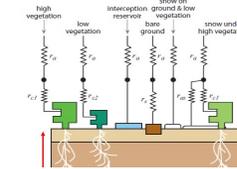
EC-Earth consortium



Global Climate model components:



IFS: Integrated Forecast System (seasonal)



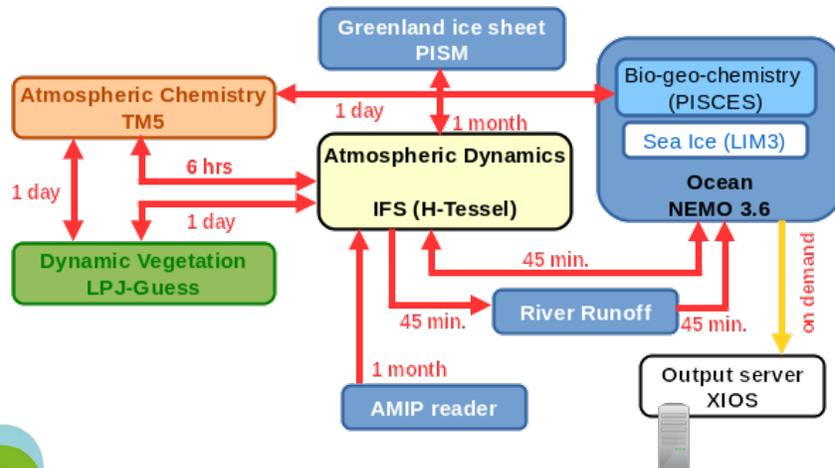
H-Tessel Land-surface model



The NEMO ocean model



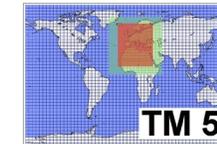
Louvain La Neuve Ice Model LIM3



Earth System model components:



LPJ-Guess dynamic vegetation



TM5 atmospheric chemistry and transport



Piscès biogeochemical oceanic

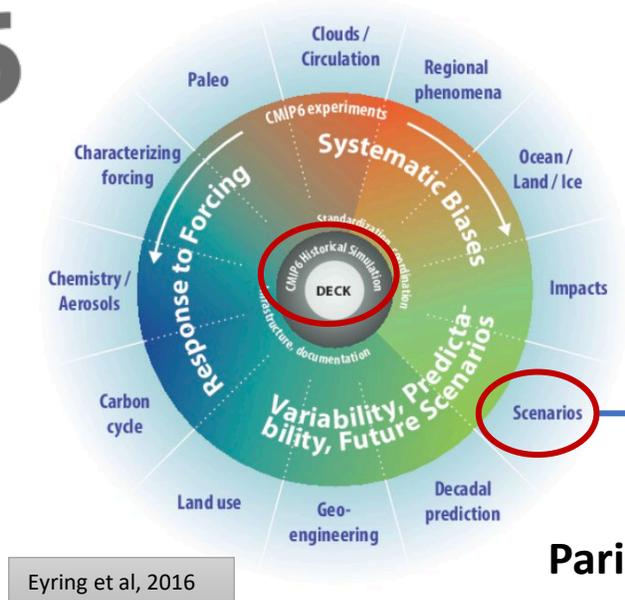


EC-Earth@CMIP6

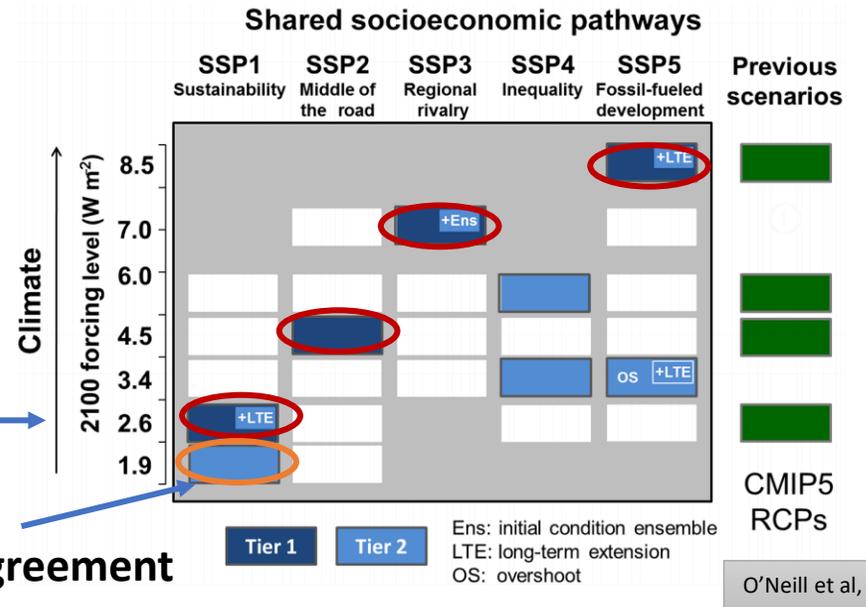


EC-Earth3@CMIP6
has 5 different configurations

EC-Earth3
EC-Earth3-Veg
EC-Earth3-AerChem
EC-Earth3-CC
EC-Earth3-GrIS
(plus HR and LR)



Eyring et al, 2016



Paris Agreement

O'Neill et al, 2017

Global Climate Model (EC-Earth 3)

- 1 historical run (1850-2015)
- 1 each of SSP1-1.9, SSP1-2.6, SSP2-4.5, SSP3-7.0, SSP5-8.5 future scenarios (2016-2100)
- 1 abrupt 4xCO₂ (1850-2015)
- 1 AMIP (1979-2018)

Overall the EC-Earth Consortium is planning 25 historical ensemble members, 8 for AMIP, 2 for SSP1-1.9 and 25 each of the other scenarios

CNR-ISAC Contribution

Earth-System Model with dynamic vegetation (EC-Earth3-Veg)

- 1 historical run (1850-2015)
- 1 each of SSP1-2.6, SSP2-4.5, SSP3-7.0, SSP5-8.5 future scenarios (2016-2100)
- 1 AMIP (1979-2018)

Overall the EC-Earth consortium is planning 11 historical ensemble members, 2 for AMIP and 11 each of the other scenarios

Limitation to a larger contribution has been due to the amount of **computing resources** and – **ESPECIALLY** – the **lack of larger storage space** to host and distribute the data (at CINECA)

Running and publishing CMIP6 simulations

Simulations run in **6 months** on cca HPC at ECMWF.

Real time monitoring with an automatic website to follow simulations

<http://wilma.to.isac.cnr.it/earth/diag/CMIP6/>

A few numbers...

- 1317 years of simulations
- About 1300 core hours per year
- 6 simulated years per day
- **1.7 million core hours used**
- More than **150TB of raw output**
- **75TB of postprocessed CMOR-compliant data**
- **200-250 fields** for each experiment.

All the data have been **published in fall 2019** on the **ESGF data node** hosted on the CINECA infrastructure found at esgf-cnr.hpc.cineca.it.

EC-Earth-3 CMIP6: chis 

Diagnostics for chis
CNR-ISAC CMIP6 Historical AOGCM from 1850 up to 2015
Current status: **completed!**

Atmospheric Timeseries
Basic timeseries of global averages of several atmospheric fields

Oceanic Timeseries
Basic timeseries of global averages of several oceanic fields

Barakuda Plots
Detailed oceanic diagnostics for several oceanic fields

Performance Indicators
Zero-order performance plots (including expected simulation end)
ECmean tables
Yearly output from ECmean in text format
QA CMOR
PrePARE, ncTime and QA-DKRC Quality Assurance output

Simulation
Year 2014 has been run
100.00%

Comorization
Year 2014 has been comorized
100.00%

Hiresclim
Year 2014 has been postprocessed
100.00%

These data are being used to produce the next IPCC assessment report

Hosted by  Powered by 

CMIP6 Data Published for SMHI and other collaborators

Home About Us Resources Contact Us You are at the ESGF-DN1-NSC.LIU.SE node [Technical Support](#)

Enter Text: Display results per page [More Search Options](#)

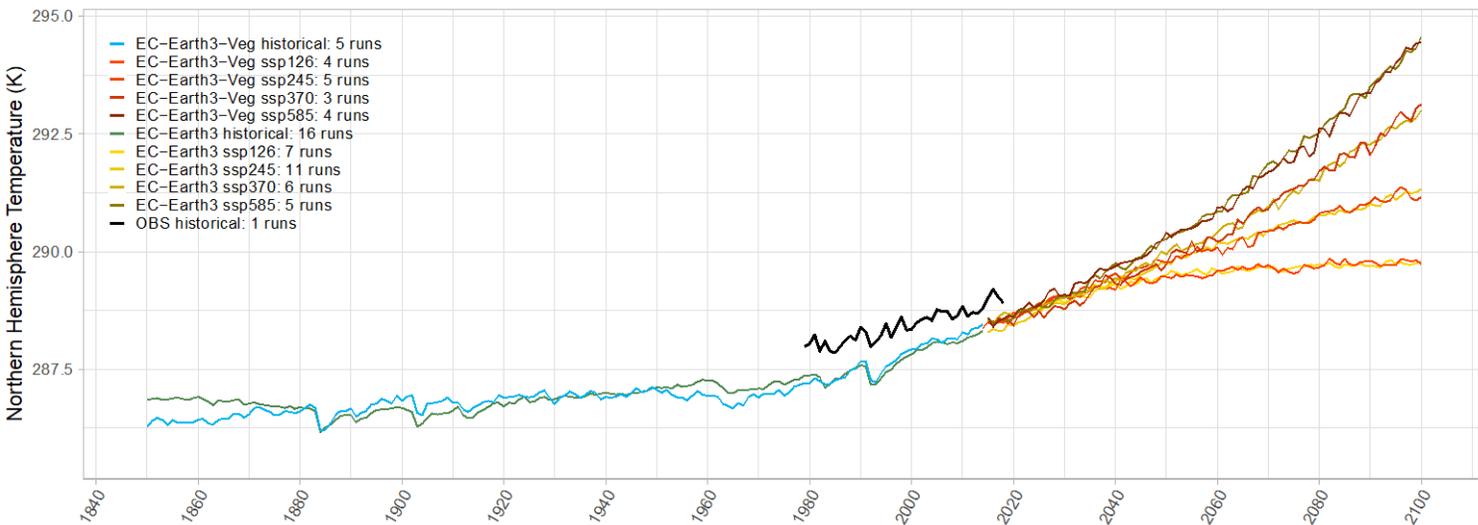
Search Constraints: Show All Replicas Show All Versions Search Local Node Only (Including All Replicas)

Total Number of Results: 3197
-1- 2 3 4 5 6 Next >>
Please login to add search results to your Data Cart
Expert Users: you may display the search URL and return results as XML or return results as JSON

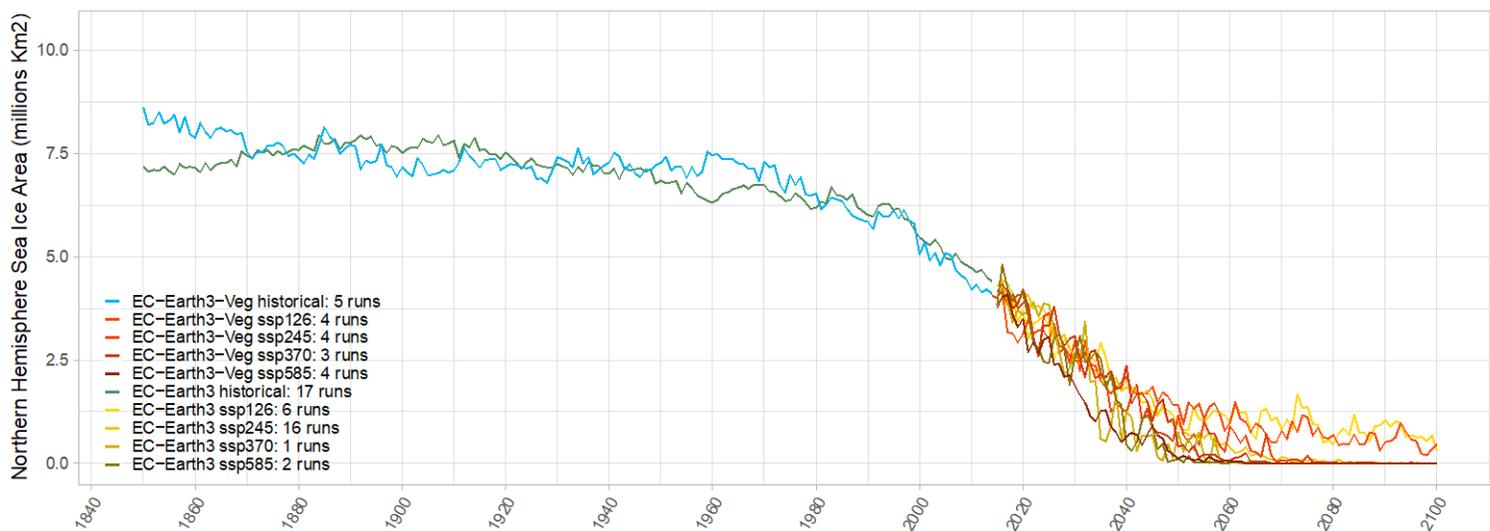
1. CMIP6.ScenarioMIP-EC-Earth-Consortium-EC-Earth3.ssp126.r41p1f1f1.Amon.hus.gr
Data Node: esgf-cnr.hpc.cineca.it
Version: 20200425
Total Number of Files (for all variables): 86
Full Dataset Services: [Show Metadata](#) [List Files](#) [THREDDS Catalog](#) [WGNET Script](#) [Show Citation](#) [PID](#) [Further Info](#)
2. CMIP6.ScenarioMIP-EC-Earth-Consortium-EC-Earth3.ssp126.r41p1f1f1.Amon.hur.gr
Data Node: esgf-cnr.hpc.cineca.it
Version: 20200425
Total Number of Files (for all variables): 86
Full Dataset Services: [Show Metadata](#) [List Files](#) [THREDDS Catalog](#) [WGNET Script](#) [Show Citation](#) [PID](#) [Further Info](#)
3. CMIP6.ScenarioMIP-EC-Earth-Consortium-EC-Earth3.ssp126.r41p1f1f1.Amon.prw.gr
Data Node: esgf-cnr.hpc.cineca.it
Version: 20200425
Total Number of Files (for all variables): 86
Full Dataset Services: [Show Metadata](#) [List Files](#) [THREDDS Catalog](#) [WGNET Script](#) [Show Citation](#) [PID](#) [Further Info](#)
4. CMIP6.ScenarioMIP-EC-Earth-Consortium-EC-Earth3.ssp126.r41p1f1f1.Amon.prc.gr
Data Node: esgf-cnr.hpc.cineca.it
Version: 20200425
Total Number of Files (for all variables): 86
Full Dataset Services: [Show Metadata](#) [List Files](#) [THREDDS Catalog](#) [WGNET Script](#) [Show Citation](#) [PID](#) [Further Info](#)
5. CMIP6.ScenarioMIP-EC-Earth-Consortium-EC-Earth3.ssp126.r41p1f1f1.Amon.huss.gr
Data Node: esgf-cnr.hpc.cineca.it
Version: 20200425
Total Number of Files (for all variables): 86
Full Dataset Services: [Show Metadata](#) [List Files](#) [THREDDS Catalog](#) [WGNET Script](#) [Show Citation](#) [PID](#) [Further Info](#)
6. CMIP6.ScenarioMIP-EC-Earth-Consortium-EC-Earth3.ssp126.r41p1f1f1.Amon.hurs.gr
Data Node: esgf-cnr.hpc.cineca.it
Version: 20200425
Total Number of Files (for all variables): 86
Full Dataset Services: [Show Metadata](#) [List Files](#) [THREDDS Catalog](#) [WGNET Script](#) [Show Citation](#) [PID](#) [Further Info](#)

First results are coming!

Yearly Northern Hemisphere Temperature Evolution

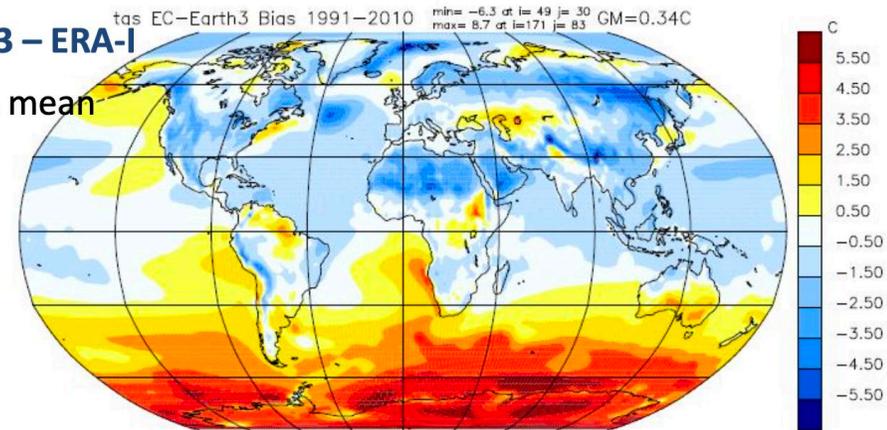


September Northern Hemisphere Sea Ice Area Evolution

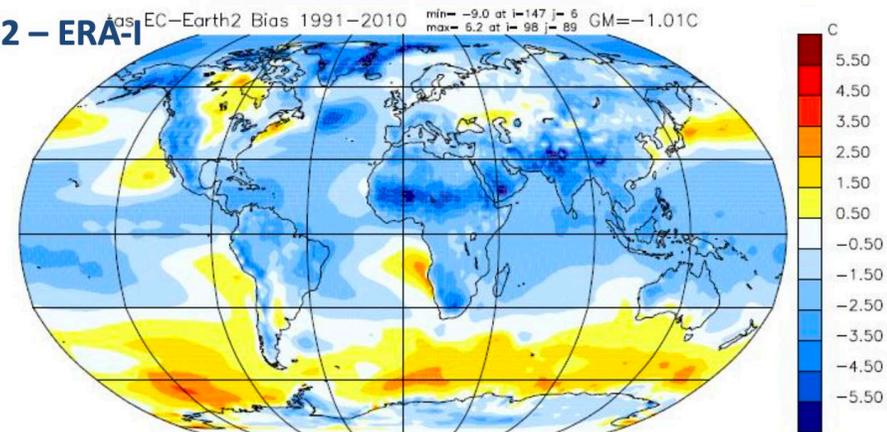


ECE3 – ERA-I

Ens. mean



ECE2 – ERA-I

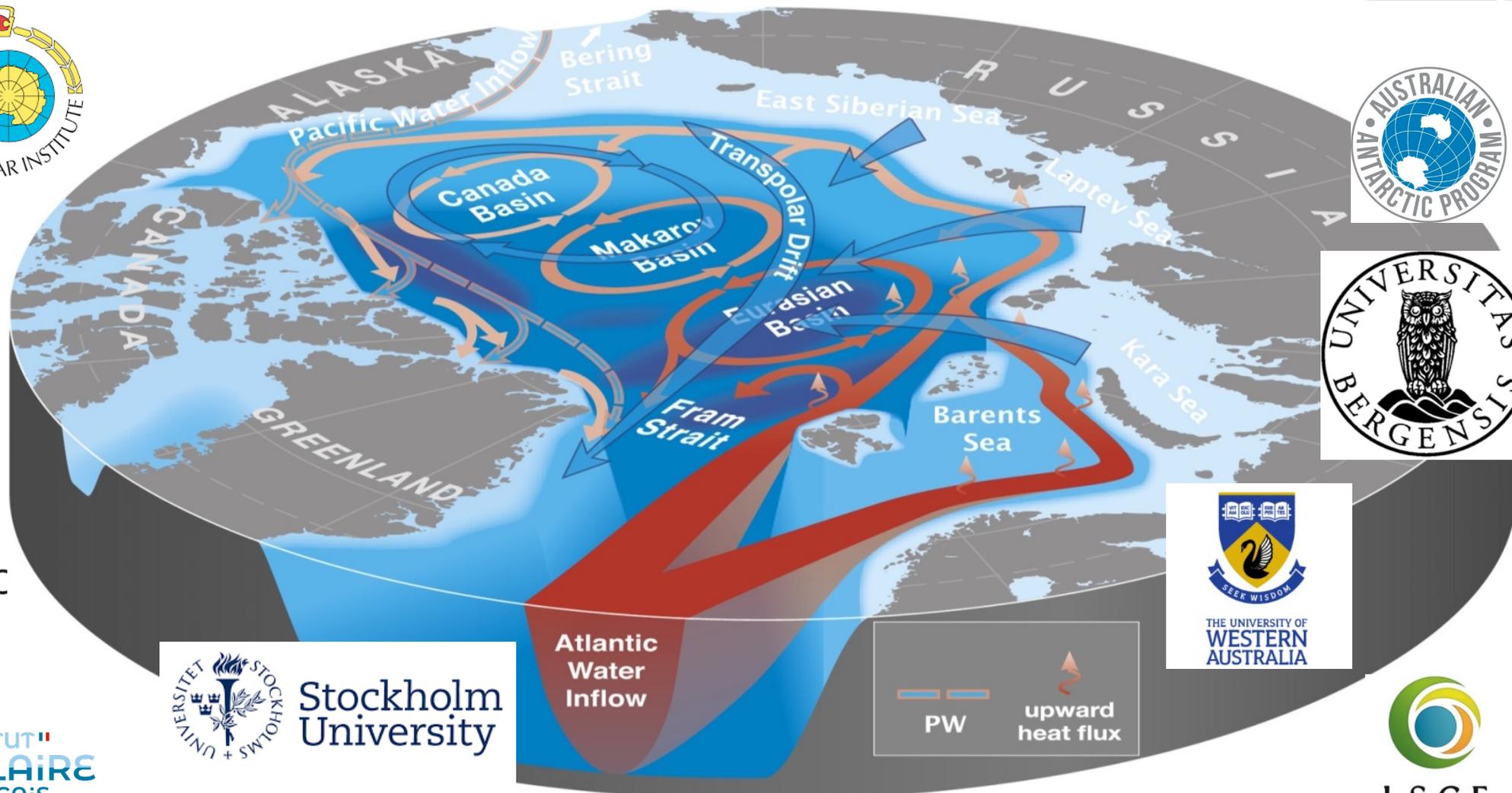


EC-Earth3@CMIP6 improves surface temperatures wrt EC-Earth2@CMIP5 in Northern Hemisphere: bias goes from **-1 deg to +0.34 deg**, even considering the deterioration in the Southern Ocean.

POLI: interazione Clima-Criosfera-Carbonio-Contaminanti

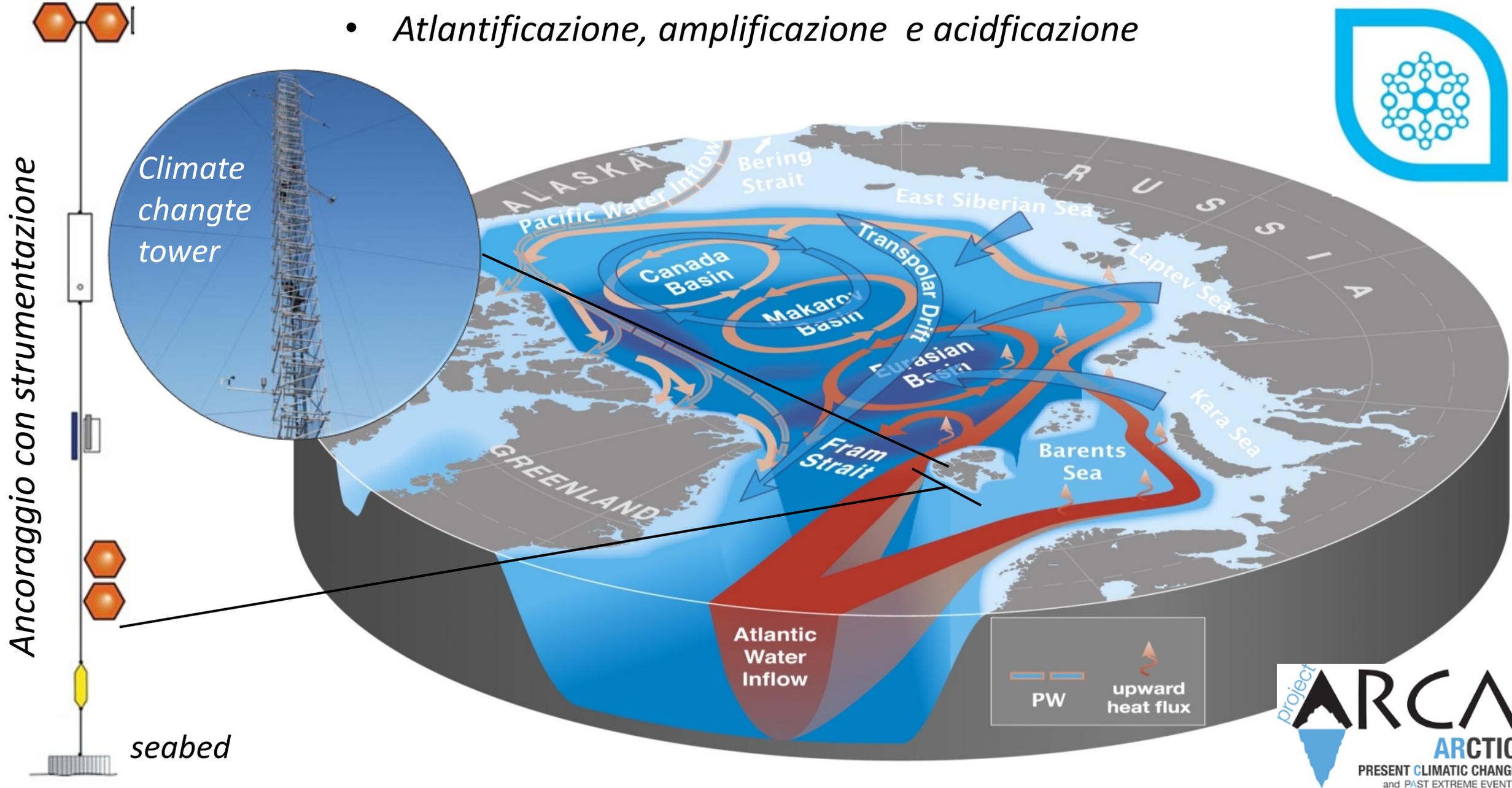


UNIS
The University Centre in Svalbard



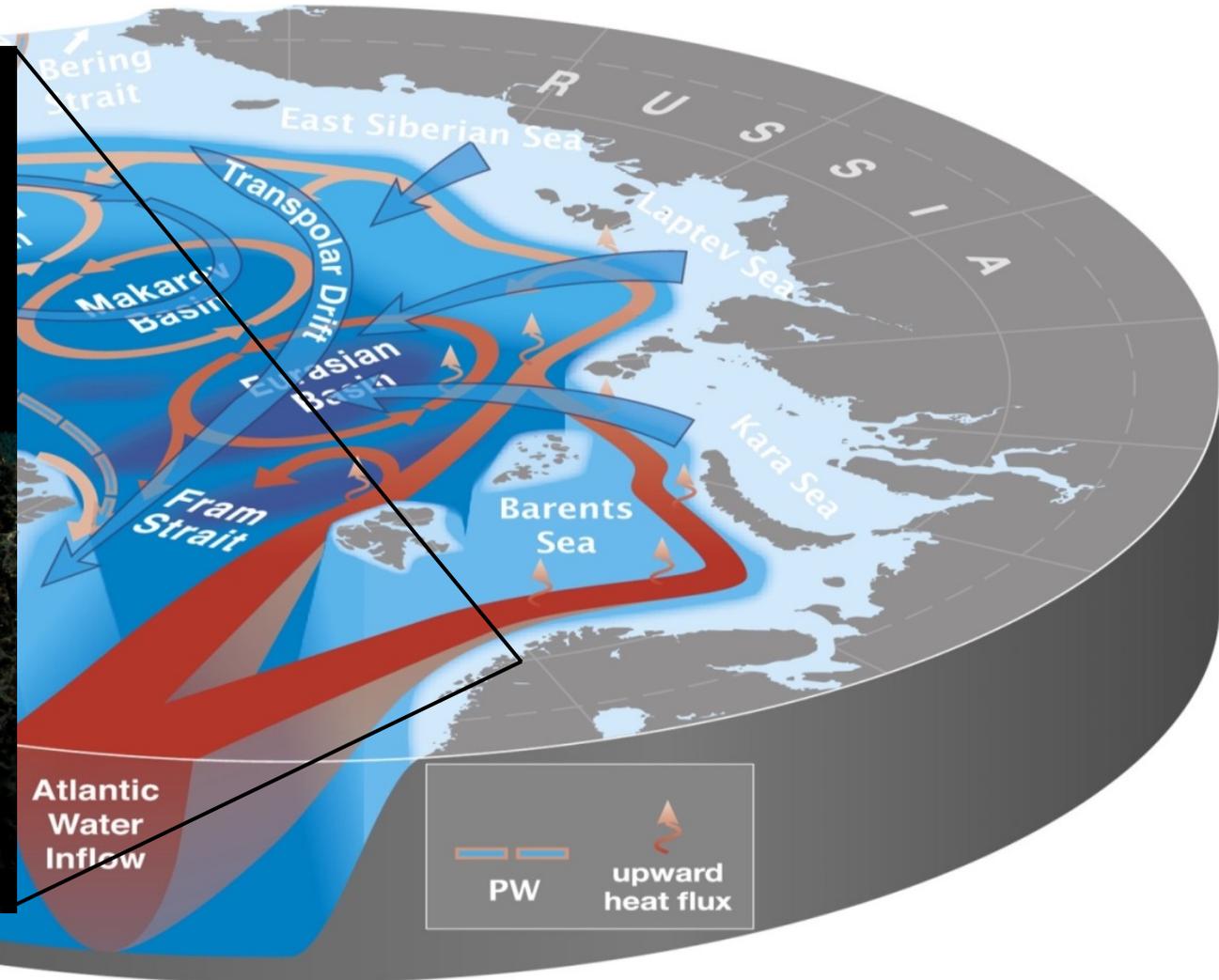
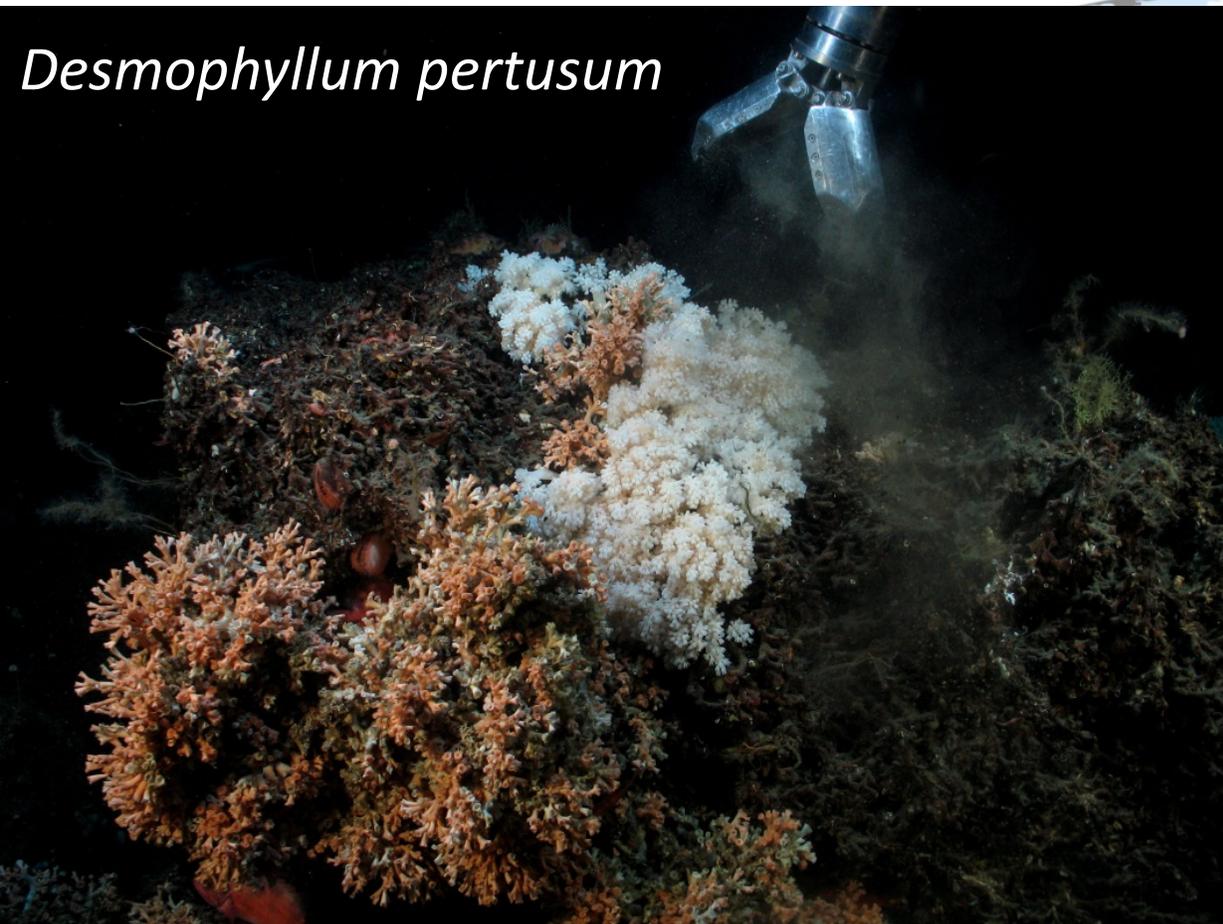
Cambio delle proprietà fisico-chimiche delle masse d'acqua e d'aria ai poli

- Atlantificazione, amplificazione e acidificazione



Cambio delle proprietà fisico-chimiche delle masse d'acqua e d'aria ai poli

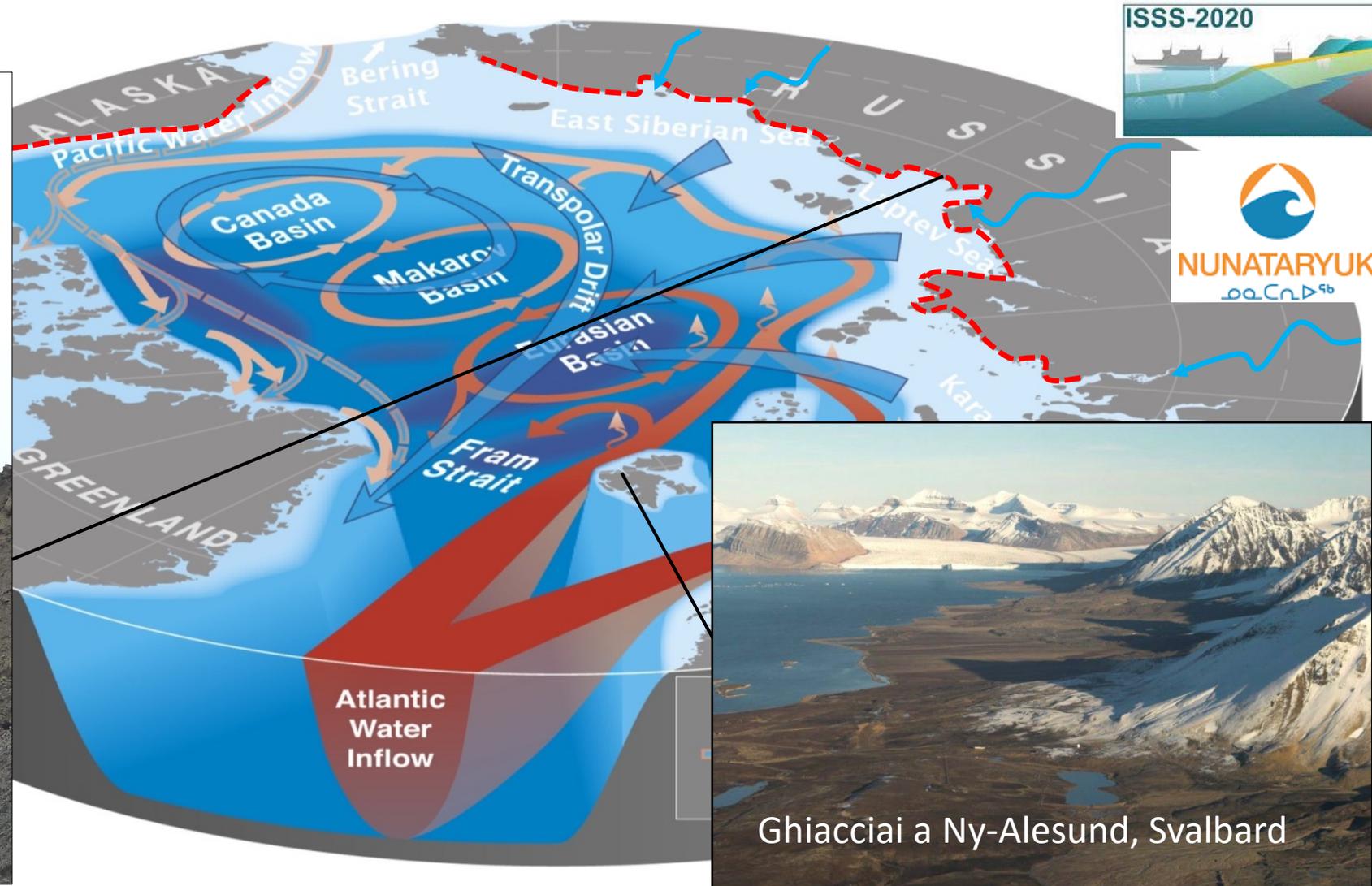
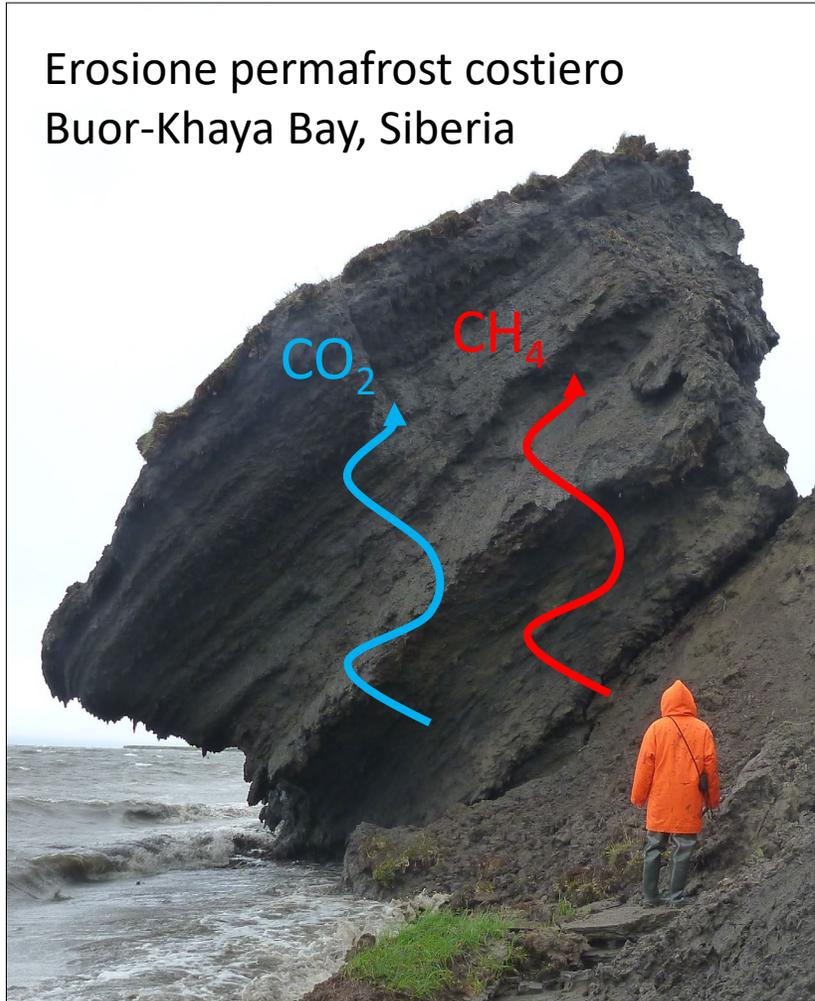
- Atlantificazione, amplificazione e acidificazione



Fusione del permafrost e ritiro dei ghiacciai

- Rilascio di carbonio e inquinanti dalla fusione del permafrost lungo le coste e nei bacini di drenaggio. Cambio del ciclo idrologico a seguito del ritiro dei ghiacciai

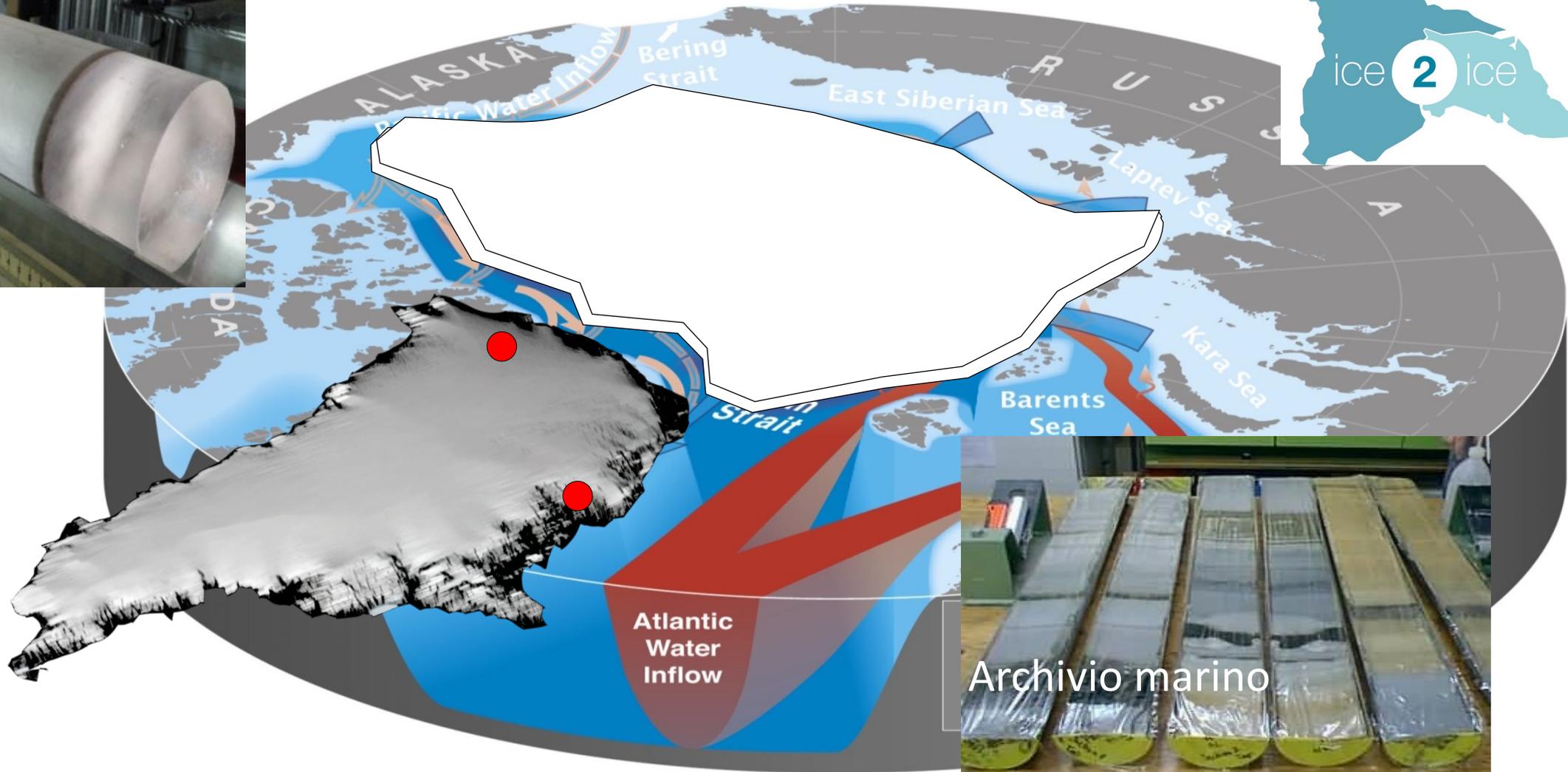
Erosione permafrost costiero
Buor-Khaya Bay, Siberia



Evoluzione del ghiaccio marino nel presente e passato ai poli

- *Ruolo del ghiaccio marino nell'amplificazione polare*

Archivio terrestre

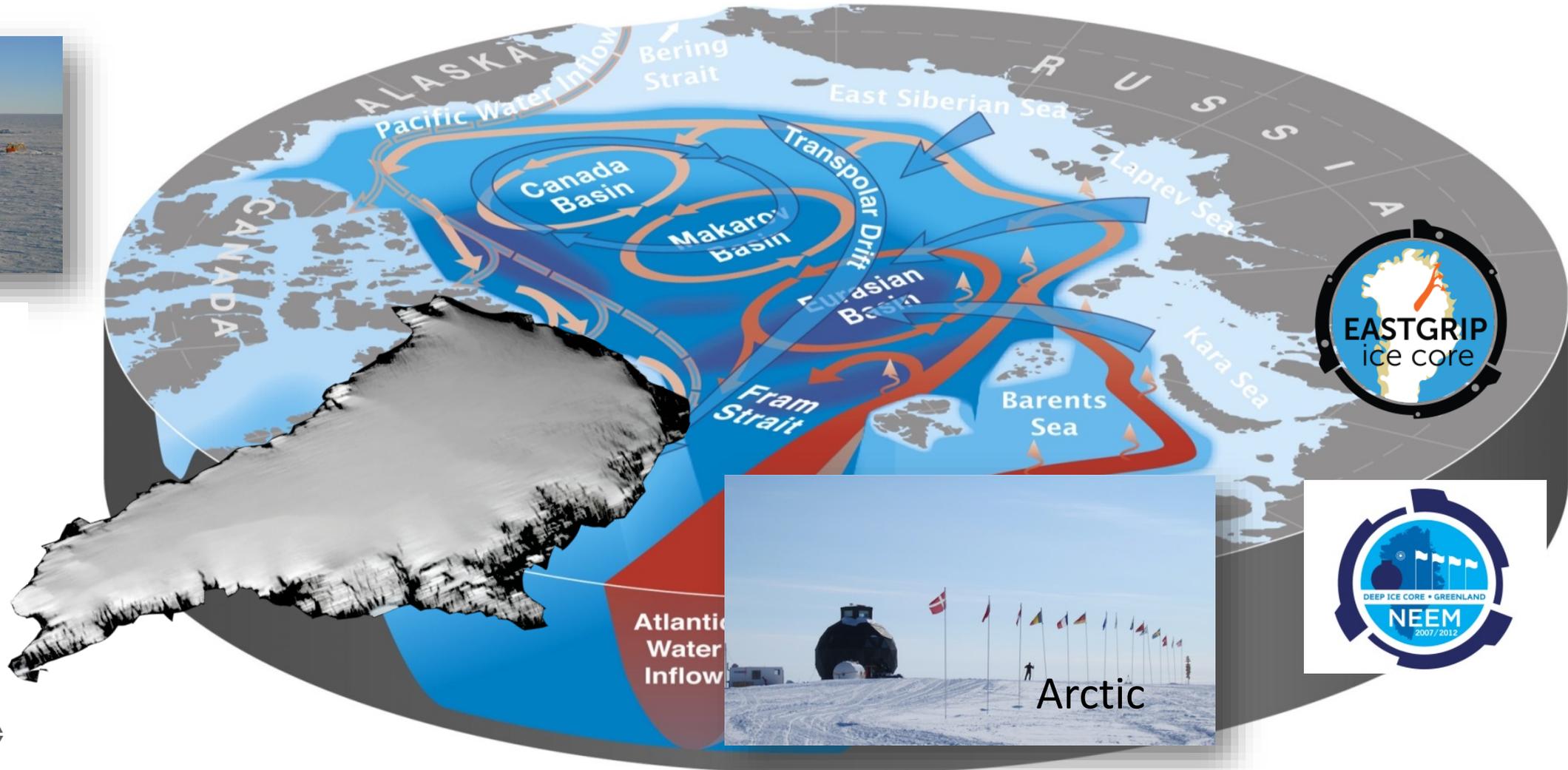


Archivio marino



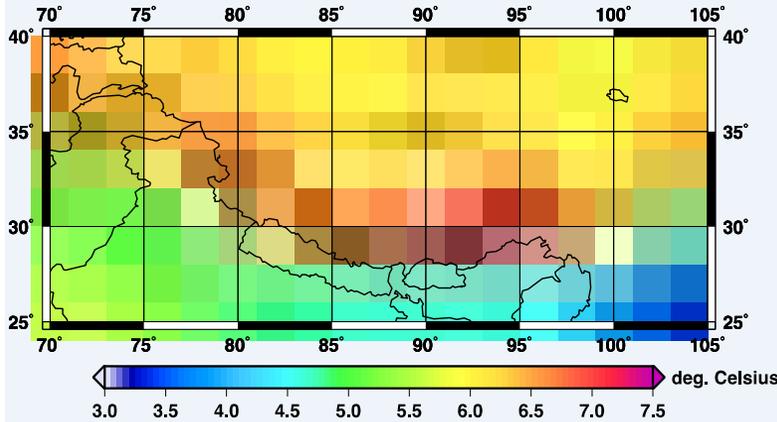
Ricostruzione del clima passato e composizione dell'atmosfera ai poli

- Ricostruzione attraverso archivi sedimentari e glaciali per studio delle forzanti e retroazioni del clima

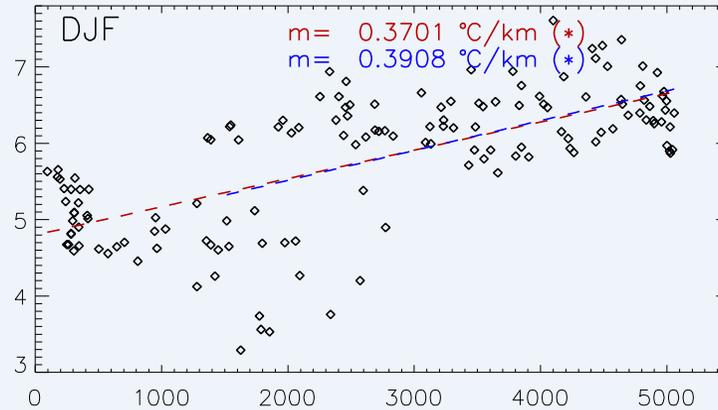


Elevation-dependent warming

Cos'è



Differenza di temperatura
(RISCALDAMENTO) tra la media
nel (2071–2100) e la media nel
(1971–2000), scenario RCP 8.5



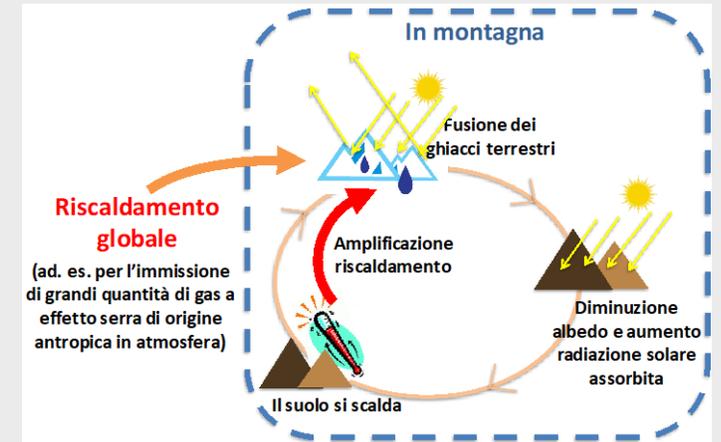
Gradiente altitudinale del
riscaldamento

$$\frac{\Delta T}{\Delta z} > 0 \rightarrow \text{EDW}$$

Fenomeno difficile da studiare

- **Misure:** poche, non omogeneamente distribuite o assenti alle quote più elevate
- La comprensione richiederebbe la misura di molte variabili oltre alla temperatura (come le radiazioni a onda lunga e corta, umidità, nuvolosità, presenza e tipo di aerosol) → tanti meccanismi coinvolti!
- Incertezze nei **modelli** e necessità di aumentarne la risoluzione, migliorare le parametrizzazioni, migliorare gli schemi dei modelli di superficie

Meccanismi/cause



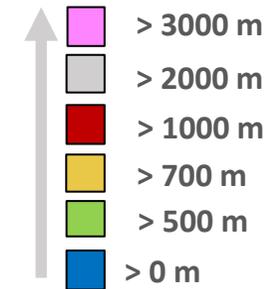
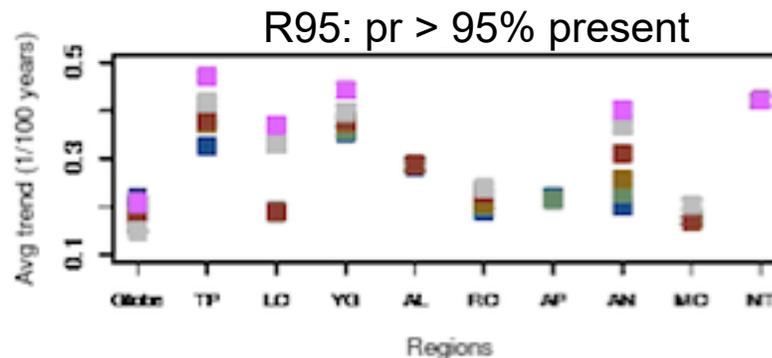
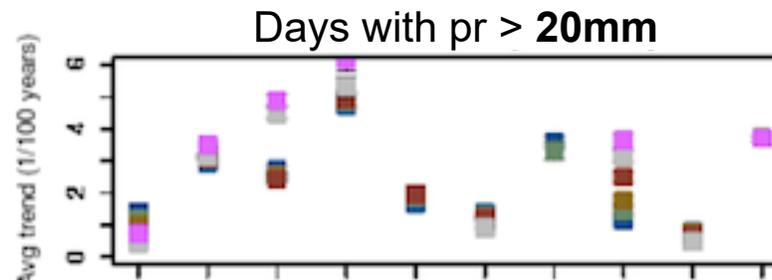
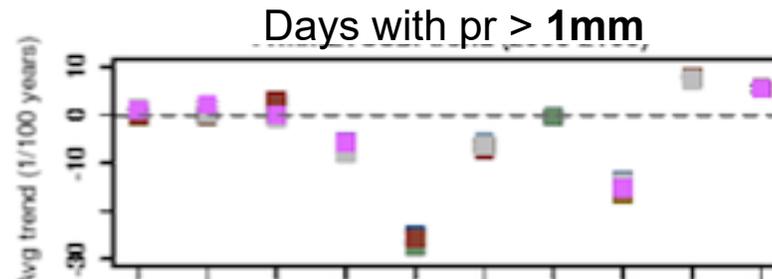
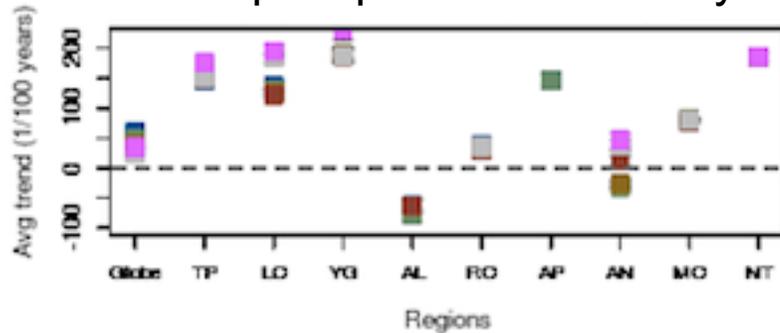
- Retroazione ghiaccio-albedo (anche amplificata dalla deposizione di aerosol scuri)
- Modulazione della radiazione a onda lunga da parte del vapore acqueo e delle nubi
- Presenza di aerosol tra cui polveri e fuliggine nella bassa atmosfera
- Combinazione dei vari meccanismi

Estremi climatici

Intensificazione del ciclo idrologico conseguente al riscaldamento globale.
Esiste un «elevation-dependent change» anche per gli estremi climatici?

Media dei modelli globali CMIP5 :
Trend tra il 2006 e il 2100 (RCP8.5) di alcuni
indici idroclimatici estremi

Annual total precipitation in wet days



- Aumenta il numero dei giorni con precipitazione molto intensa (> 20mm)
- Aumenta la precipitazione maggiore dell'attuale 95esimo percentile
- Forte amplificazione con la quota (+50/100% alle alte quote rispetto alle basse quote)

Concludendo...

- Le quattro sfide che impegnano la ricerca nell'ambito dei cambiamenti globali si possono integrare al meglio con i grandi programmi internazionali e la strategia di ricerca e sviluppo dell'Unione Europea.
- È necessario però un potenziamento delle infrastrutture osservative e computazionali soprattutto alla luce delle nuove strategie dell'Europa che prevedono una transizione verde accompagnata da una rivoluzione digitale con lo scopo di accelerare il passaggio a un *climate-neutral continent*
- È altrettanto necessario rafforzare la presenza e garantire un supporto adeguato ai futuri scienziati del clima e del cambiamento globale attraverso un reclutamento costante e mirato di giovani ricercatori e tecnologi.

