

CMCC–SPS3: Il Sistema operativo di previsioni stagionali del CMCC

Antonella Sanna, Andrea Borrelli, Enrico Minguzzi, Antonio Cantelli,
Stefano Tibaldi, Stefano Materia, Panos Athanasiadis, Antonio Navarra, +
colleghi CMCC e Silvio Gualdi



2019 1^a Conferenza Nazionali
Previsioni Meteorologiche
17-18 giugno 2019 / Bologna

Introduzione

CMCC nel panorama delle previsioni stagionali

- CMCC e' **attivo nel campo delle previsioni stagionali a livello sperimentale da 20 anni** (es., EU Projects DEMETER 1999-2003; MERSEA 2003-2007; ENSEMBLES 2004-2009; CLIMAFRICA 2010-2014).
- da gennaio 2013, CMCC produce **seasonal forecasts operativamente**: ogni mese viene emessa una previsione per i sei mesi successive.
- da giugno 2013, CMCC fa parte del **Mediterranean Outlook Forum** (MedCOF, quale membro del Governing Board).
- da aprile 2014, CMCC contribuisce all' **APCC multi-model ensemble seasonal forecasting** (<http://www.apcc21.org/eng/index.jsp>).
- nel gennaio 2016, il CMCC e' entrato a far parte della **Pre-Operational Phase of the Copernicus C3S multi-model ensemble seasonal forecast system**.
- da aprile 2018, CMCC e' parte della **Operational Phase of the Copernicus C3S multi-model ensemble seasonal forecast system** (climate.copernicus.eu/seasonal-forecasts).



Introduzione

Evoluzione del CMCC-SPS

	SPS.v0 1999 (DEMETER)	SPS.v1 2006 (ENSEMBLES)	SPS.v2 2012 (CLIMAFIRCA)	SPS.v3 2016 (Copernicus)
Ocean	OPA-ORCA2 2°x2°–30 levs	OPA-ORCA2 2°x2°–30 levs	OPA-ORCA2 2°x2° – 30 levs	NEMO 1/4° x 1/4° – 50 levs
Atmosph.	ECHAM-4 2°x2°–19 levs no stratosphere	ECHAM-4 2°x2°–19 levs no stratosph.	ECHAM-5 2°x2° – 19 levs no stratosph.	CAM5 1°x1° – 46 levs with stratosph.
Land	land scheme in atmosph. model	land scheme in atmosph. model	SILVA model	CLM + River routing scheme
Ensemble size	9	9	9	50
Initial Conditions	Forced integrations	Ocean Analyses (CMCC)	Ocean Analyses (CMCC) Atmosphere Analyses (ECMWF)	Ocean Analysis (CMCC) Atmosphere Analysis (ECMWF) Land Surface Analysis (CMCC)

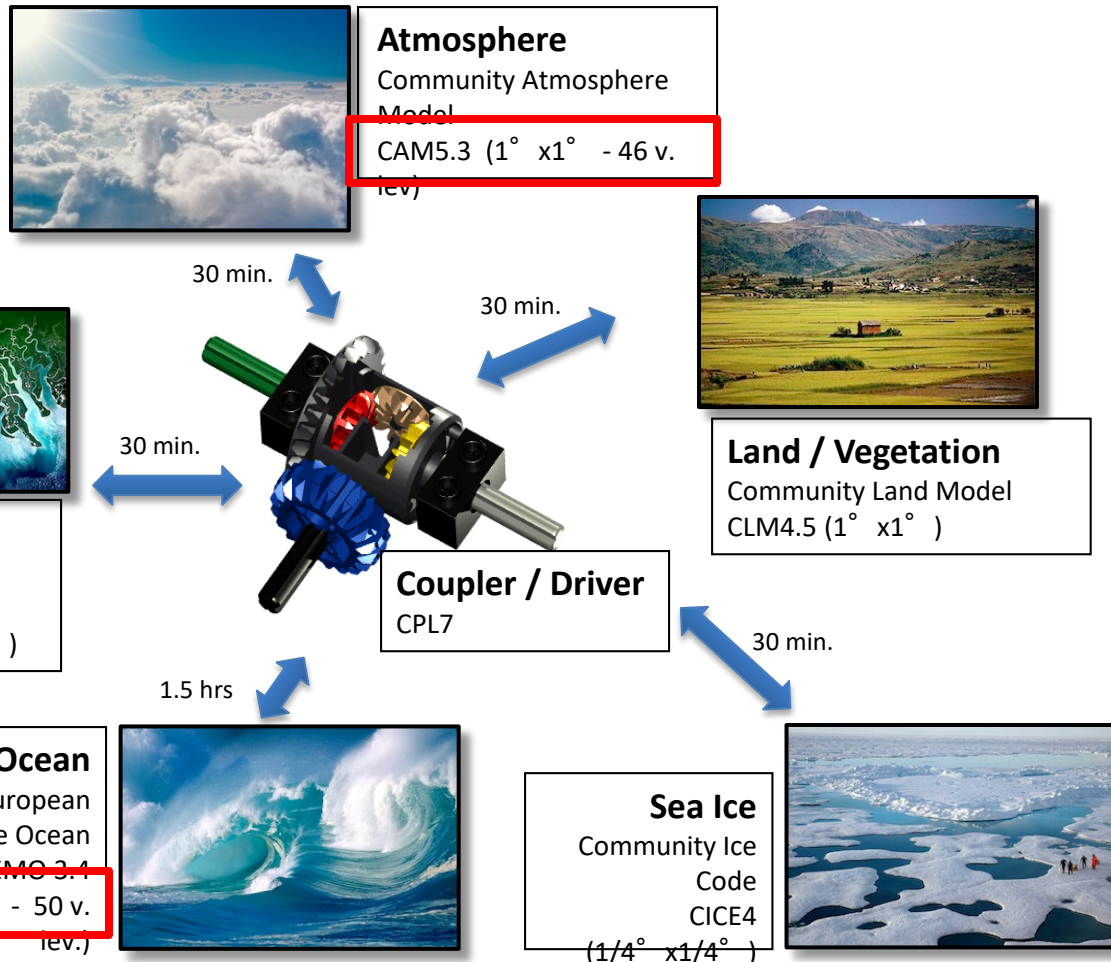
Dal CMCC-SPSv2 al CMCC-SPSv3:

- 1. Miglioramento del modello climatico**
- 2. Miglioramento delle strategie di inizializzazione**
- 3. Aumento del numero degli ensemble members**



Il Nuovo SPSv3

Il Nuovo CMCC-SPSv3: migliorato modello climatico



Principali novità:

- Nuove componenti modellistiche
- aumentata risoluzione atmosferica (sia orizzontale che verticale)
- aumentata risoluzione oceanica (sia orizzontale che verticale)

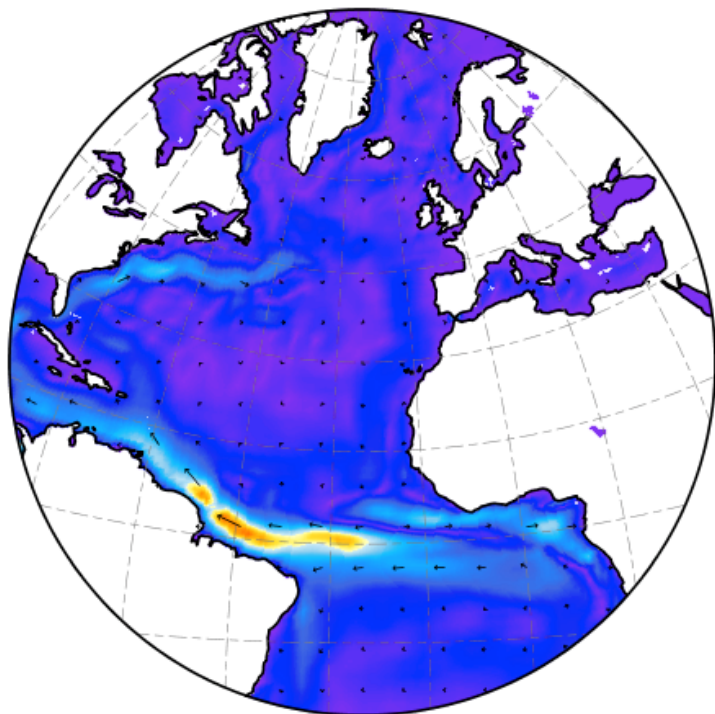


Il nuovo SPSv3

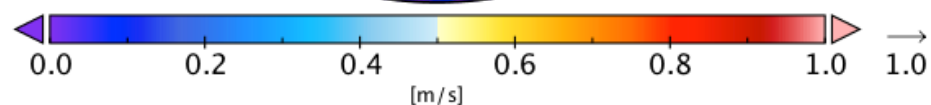
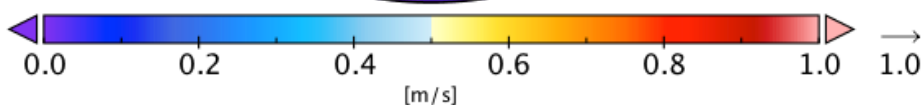
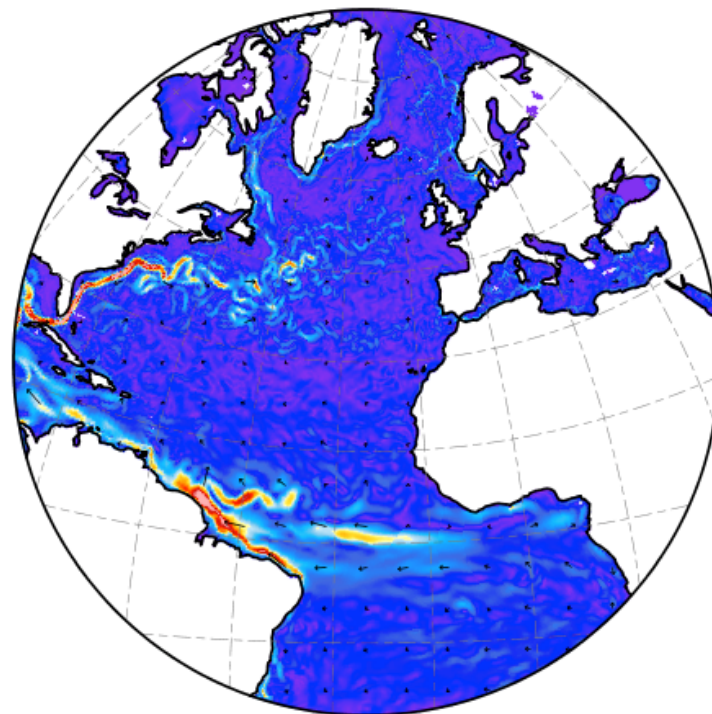
Il nuovo CMCC-SPSv3: migliorato modello climatico

Ocean: OPA (2°) → NEMO (1/4°)

Ocean Surface Currents
ORCA2 - 201501 Monthly Mean



Ocean Surface Currents
ORCA025 - 201501 Monthly Mean



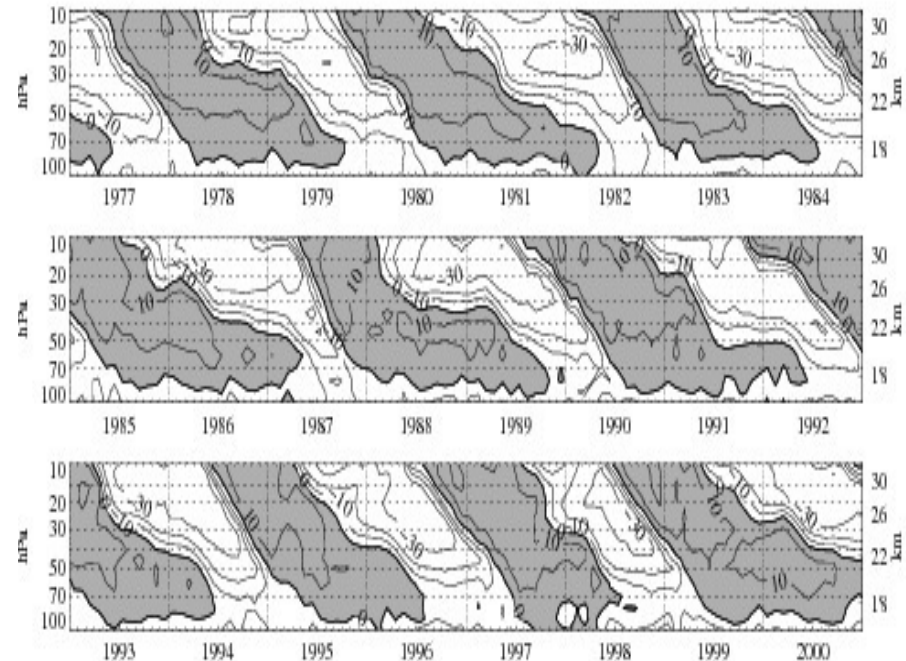
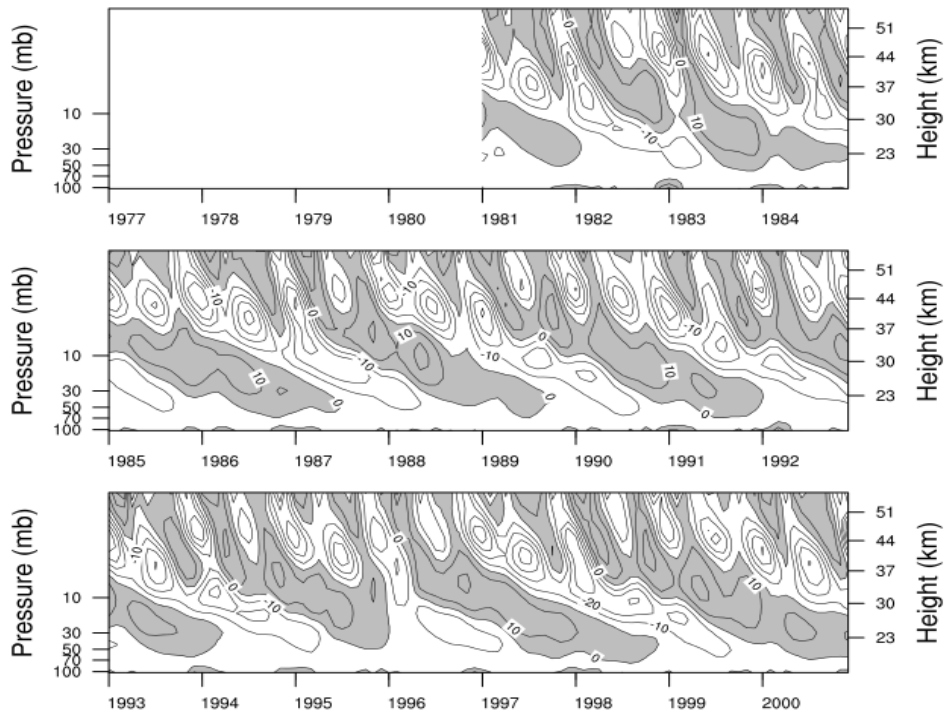
Il nuovo SPSv3

Il nuovo CMCC-SPSv3: migliorato modello climatico

Atmosfera: la versione di CAM5 usata ha una griglia verticale modificata con 46 e model top a 0.3 hPa. Questo consente di riprodurre una **QBO con periodo simile a quello delle osservazioni nella bassa stratosfera.**

Modello

Osservazioni



Il nuovo SPSv3

Il nuovo CMCC-SPSv3: migliorata tecnica di inizializzazione

Atmosfera:

- Viene inizializzata con **analisi operative dell'ECMWF** (nel periodo di re-forecast 1993-2016 rianalisi ERA-Interim).
- I campi atmosferici sono interpolati sia orizzontalmente che verticalmente dalla griglia dell'analisi operativa ECMWF (o ERA-Interim nel periodo di re-forecast) a quella del modello CAM.

Land surface:

- Viene adottata la strategia di Land Data Assimilation di Koster, R. D , J. Climate 2009, ovvero **si utilizzano analisi di land ottenute con lo stesso modello di land-surface, forzato con campi meteo** (4 volte al giorno) provenienti da **analisi NCEP/NCAR e ECMWF**. Il restart dell'ultimo giorno della simulazione (ore 00:00 del primo giorno del mese successivo) viene usato come IC per la componente land del SPSv3.
- Sia per forecast che per re-forecast (1993-2016) vengono prodotte **3 condizioni iniziali** usando le analisi atmosferiche NCEP/NCAR e ECMWF e una loro combinazione lineare. In questo modo forniamo al sistema un campionamento dell'**incertezza dello stato iniziale della componente land**.



Il nuovo SPSv3

Il nuovo CMCC-SPSv3: migliorata tecnica di inizializzazione

Oceano (e ghiaccio marino)

- le IC dell'oceano e del sea-ice sono prodotte dal **sistema di analisi globale eddy-permitting sviluppato dal CMCC**, C-GLORS (Storto et al. QJRMS 2015), con NEMO a $\frac{1}{4}$ di gradi di risoluzione, 50 livelli verticali (31 nei rimi 500m), accoppiato al modello di sea-ice LIM2.
- uno schema di analisi **3D-VAR** (variazionale a 3-dimensioni) (OceanVarthat, Storto A. et al. JAOT 2014) assimila **profili idrografici** dell'Hadley Centre U.K. MetOffice (EN3 and EN4 dataset) e **osservazioni altimetriche** along-track provenienti da satellite AVISO;
- uno schema **nudging** che assimila **osservazioni satellitari di SST** (NOAA), **dati di concentrazione di ghiaccio marino** (NSIDC-National Snow and Ice Data Centre) e **spessore del ghiaccio** (PIOMAS - Pan-Arctic Ice Ocean Modeling and Assimilation System);
- uno **schema di large-scale bias-correction** che corregge le tendenze del modello al fine di limitare i bias di larga scale prodotti dal modello e dalle forzanti atmosferiche.
- C-GLORS è forzato sia con **ECMWF ERA-Interim re-analyses** che con **NCEP Reanalyses v1**, usando le bulk formula di Large e Yeager.



Il nuovo SPSv3

Il nuovo CMCC-SPSv3: aumento del numero di ensemble members

Perturbazione della condizione iniziale → Ensemble Forecasts

- Le condizioni iniziali (IC) dei forecasts sono create a partire da un insieme di **IC ottenute combinando diversi stati iniziali di oceano, atmosfera e land**.
- **Otto IC oceaniche provengono da altrettante rianalisi** ottenute perturbando le osservazioni oceaniche, le forzanti atmosferiche e introducendo delle perturbazioni casuali nella fisica del modello, durante l'analisi.
- **Dieci (10) IC atmosferiche** sono ottenute dall'analisi operativa ECMWF, utilizzando, oltre allo stato dell'atmosfera relativo alla data di inizio del forecast (ore 00:00 del primo del mese), stati precedenti, intervallati di 12 ore uno dall'altro (fino al giorno -5).
- **Tre (3) land IC** provengono da analisi di land ottenute girando il modello di land CLM in modalità stand-alone per tutto il mese precedente alla start-date, usando come forzanti atmosferiche differenti analisi (ECMWF, NCEP, F(ECMWF,NCEP))

Si ottengono così **240 (= $8 \cdot 10 \cdot 3$) stati iniziali da cui vengono selezionati in modo casuale 50 ICs**

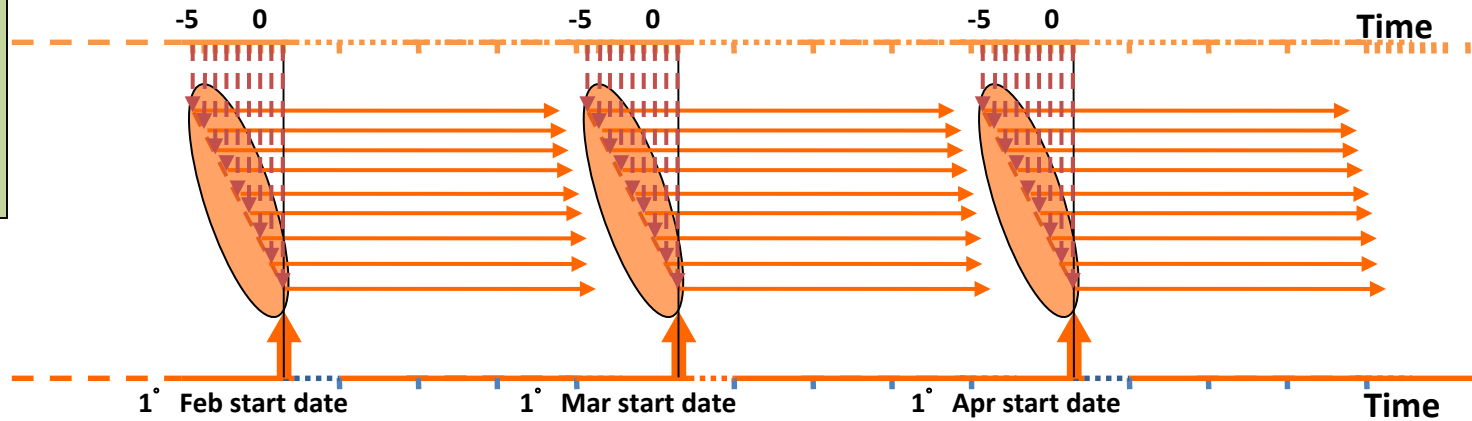


La produzione dell'ensemble forecast

Day lag every 12 hours

OFF LINE interpolated
Atmosphere IC from ECMWF
(ERA interim) operational analysis

OFF LINE CLM4.5
forced with **ECMWF**
and **NCEP**
atmospheric forcing
to Land Surface



OFF LINE assimilated
OCEAN ANALYSIS

- 3 perturbazioni per la **land**
- 10 perturbazioni per l'**atmosfera**
- 8 perturbazioni per l'**oceano**



240 IC



50 forecast members

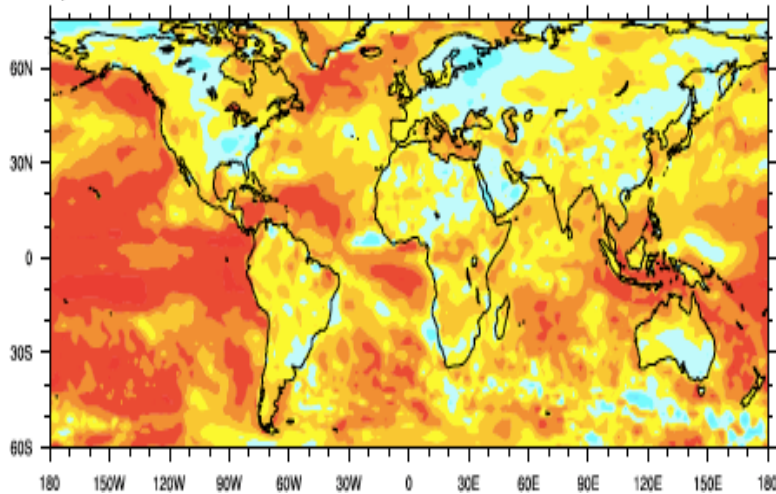


Il nuovo SPS.v3

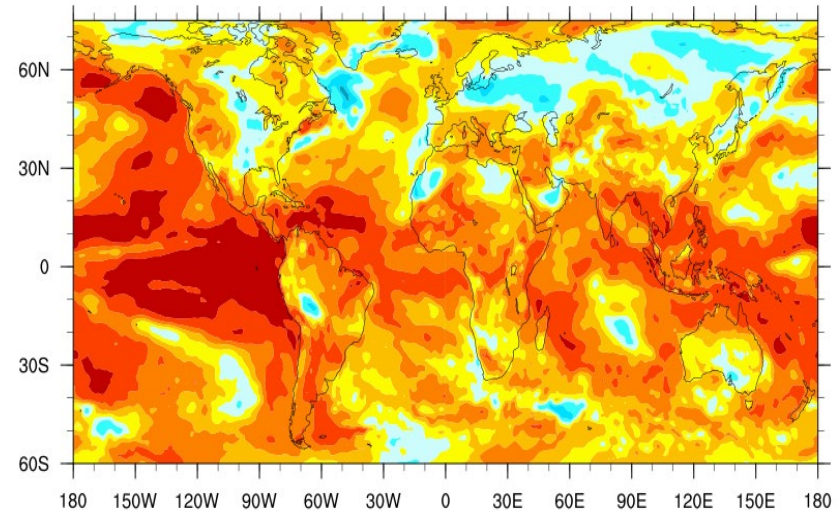
T2m (ACC) - lead season 1 (1993-2016) Forecast / ERA-Interim

SPS.v2

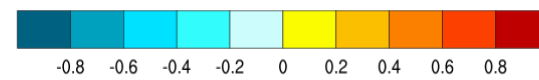
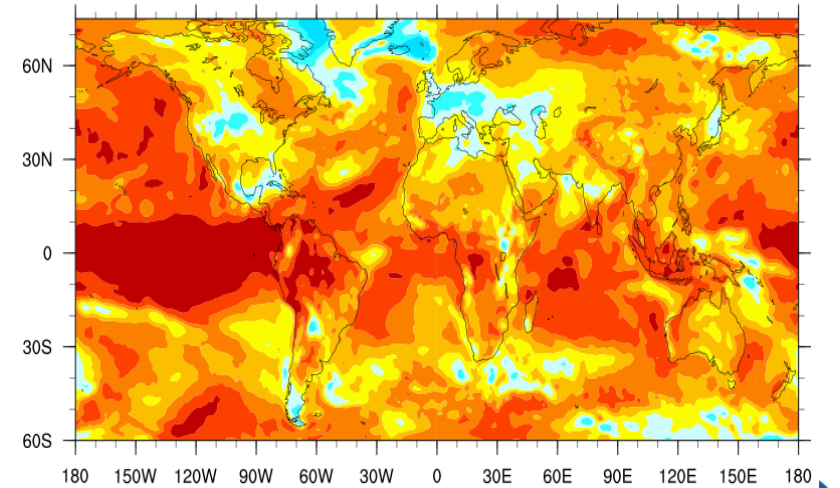
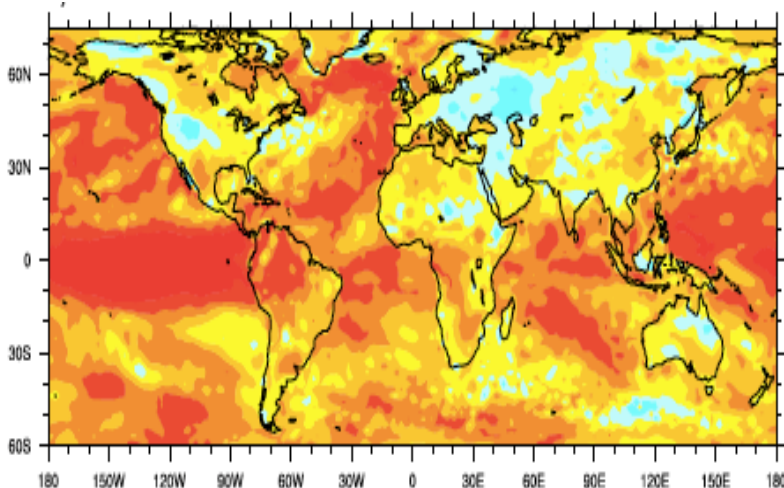
Start date maggio – lead season 1



SPS.v3



Start date novembre – lead season 1



Il nuovo SPSv3

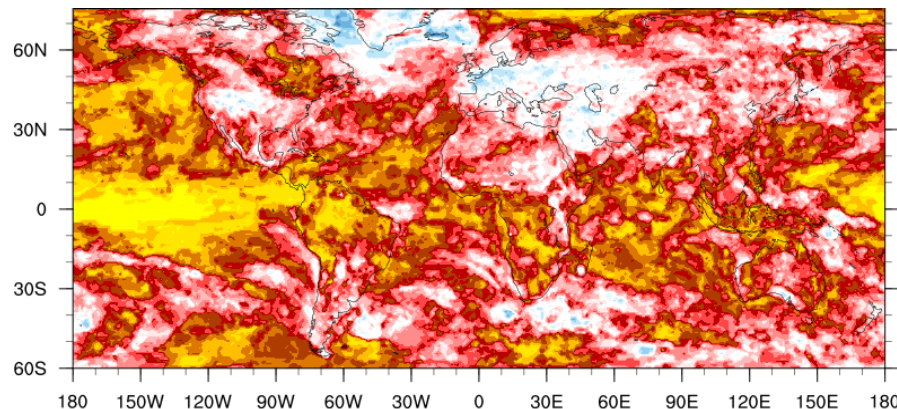
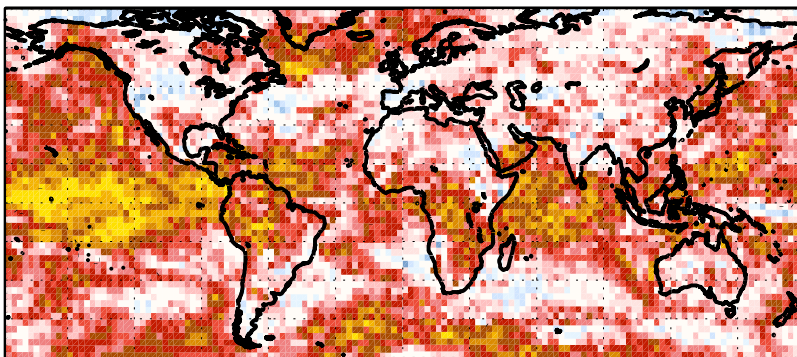
T2m ROC score - start date di novembre, lead season 1

SPSv2

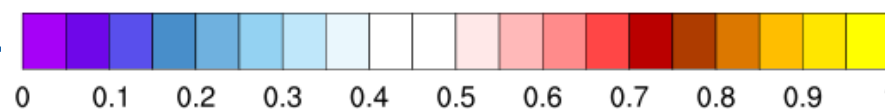
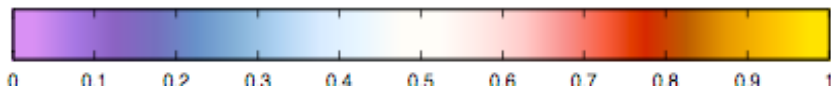
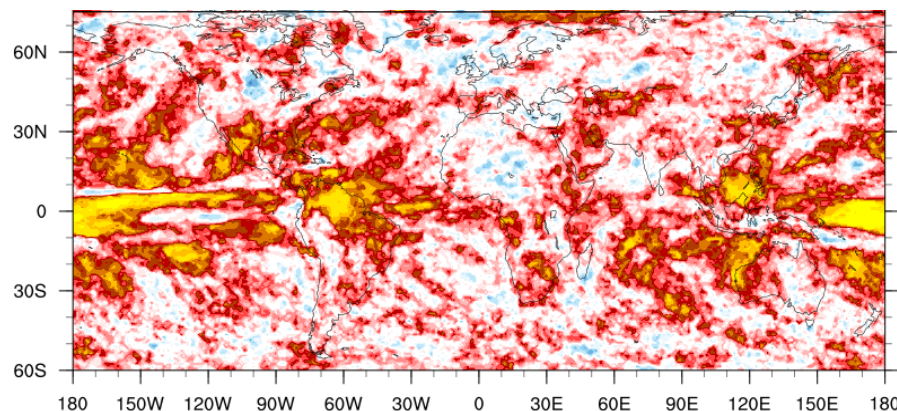
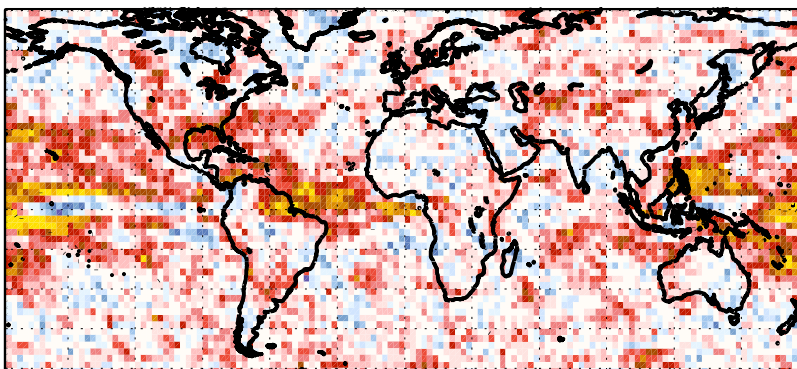
Sotto il terzile inferiore

SPSv3

temperatura 2m



Precipitazione



Il nuovo SPSv3

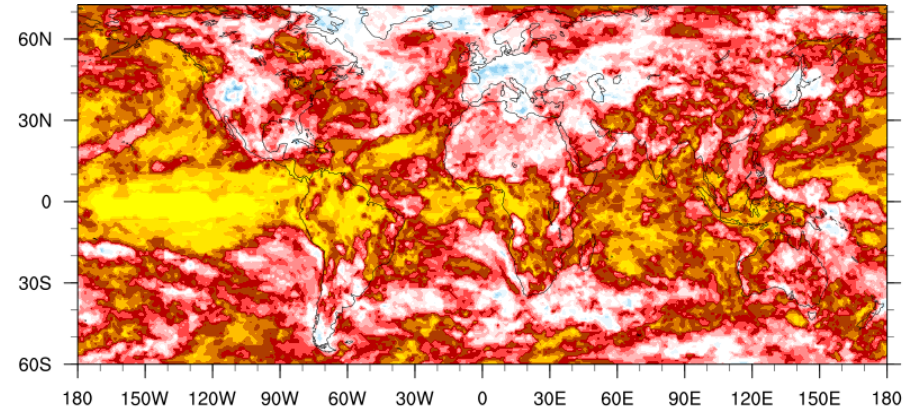
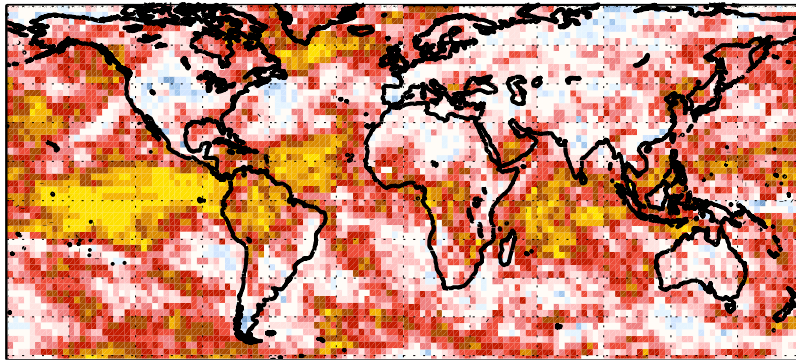
T2m ROC score - start date di novembre, lead season 1

SPSv2

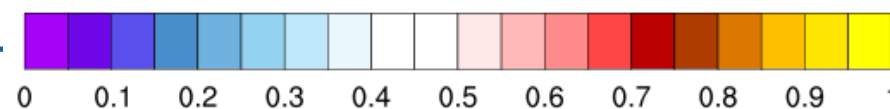
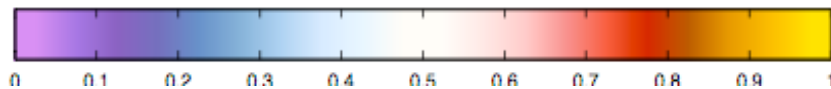
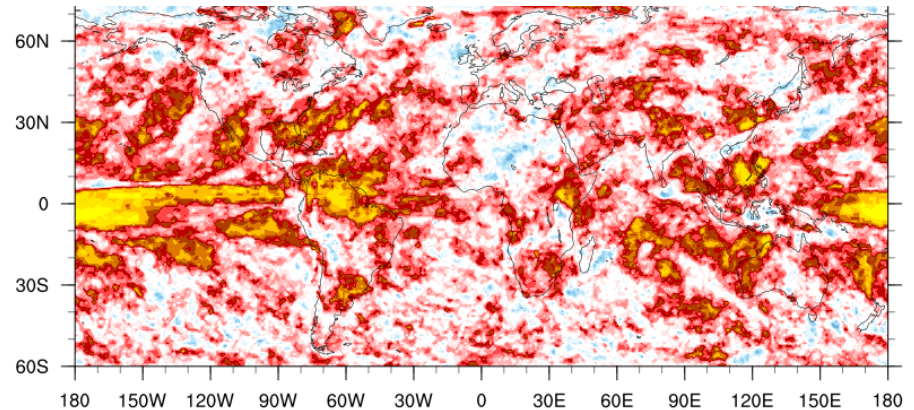
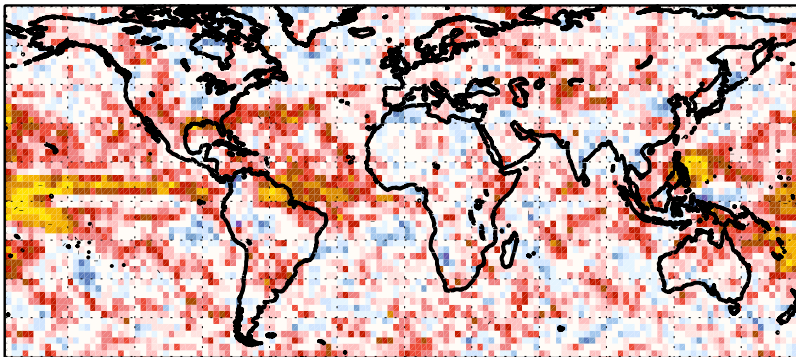
Sopra il terzile superiore

SPSv3

temperatura 2m

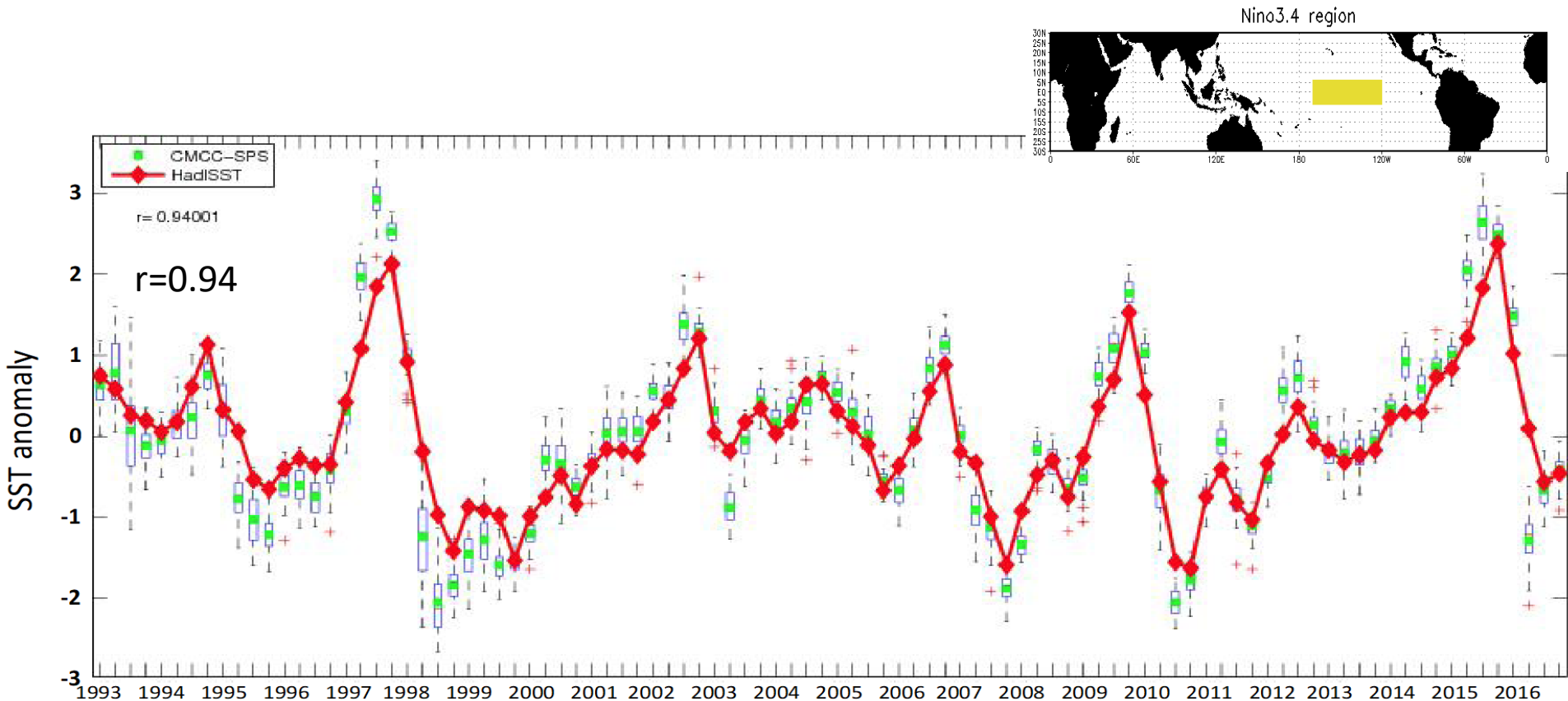


Precipitazione



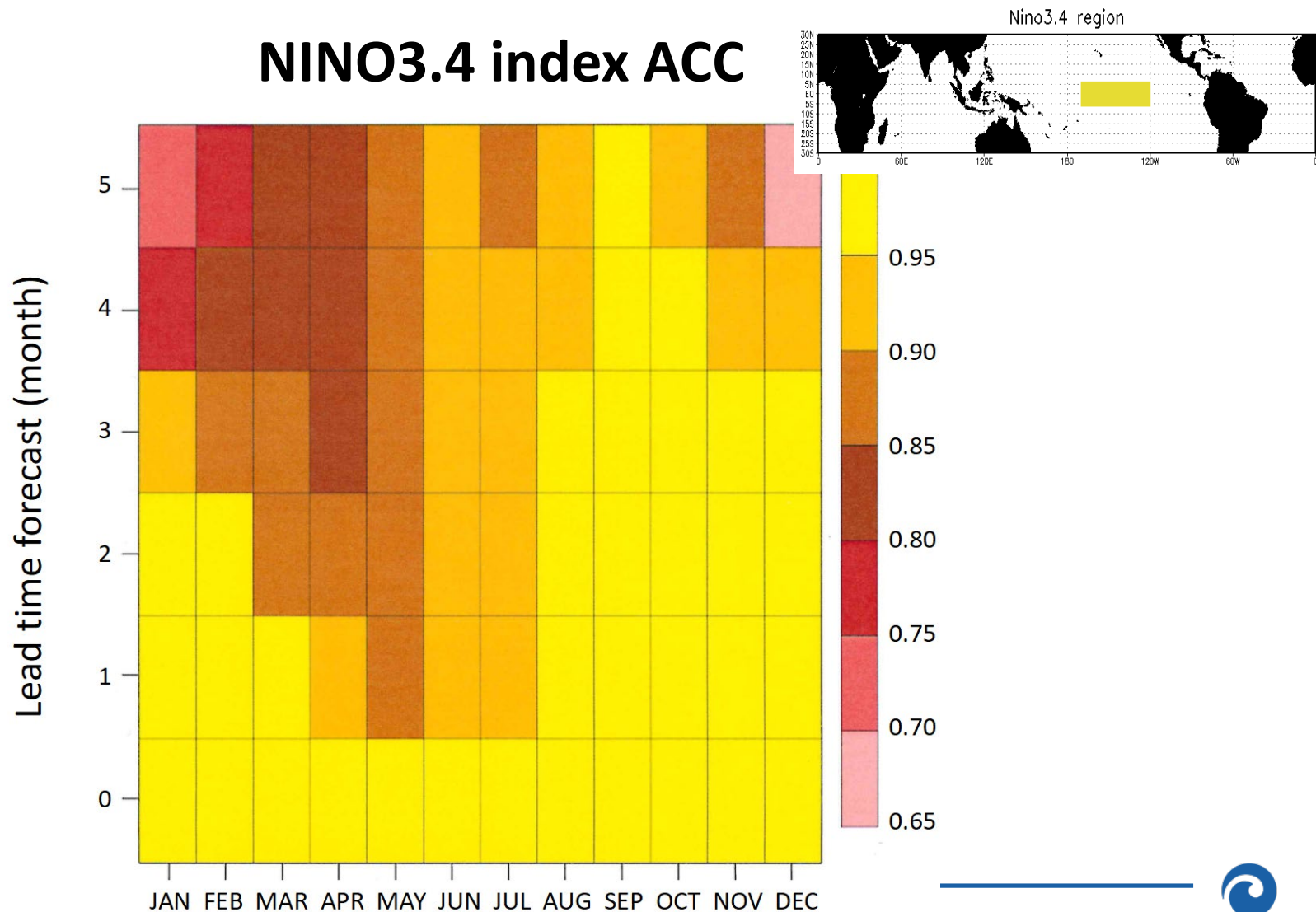
Il nuovo SPSv3: validazione

anomalie di SST nella regione NINO 3.4



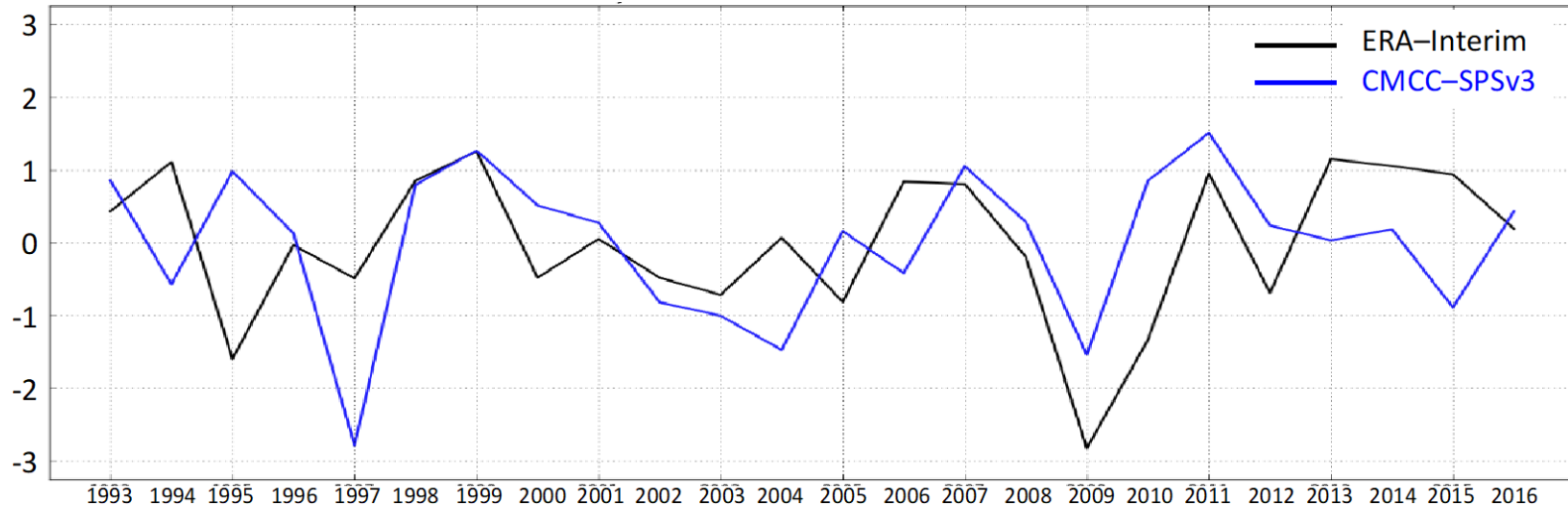
Il nuovo SPSv3: validazione

anomalie di SST nella regione NINO 3.4

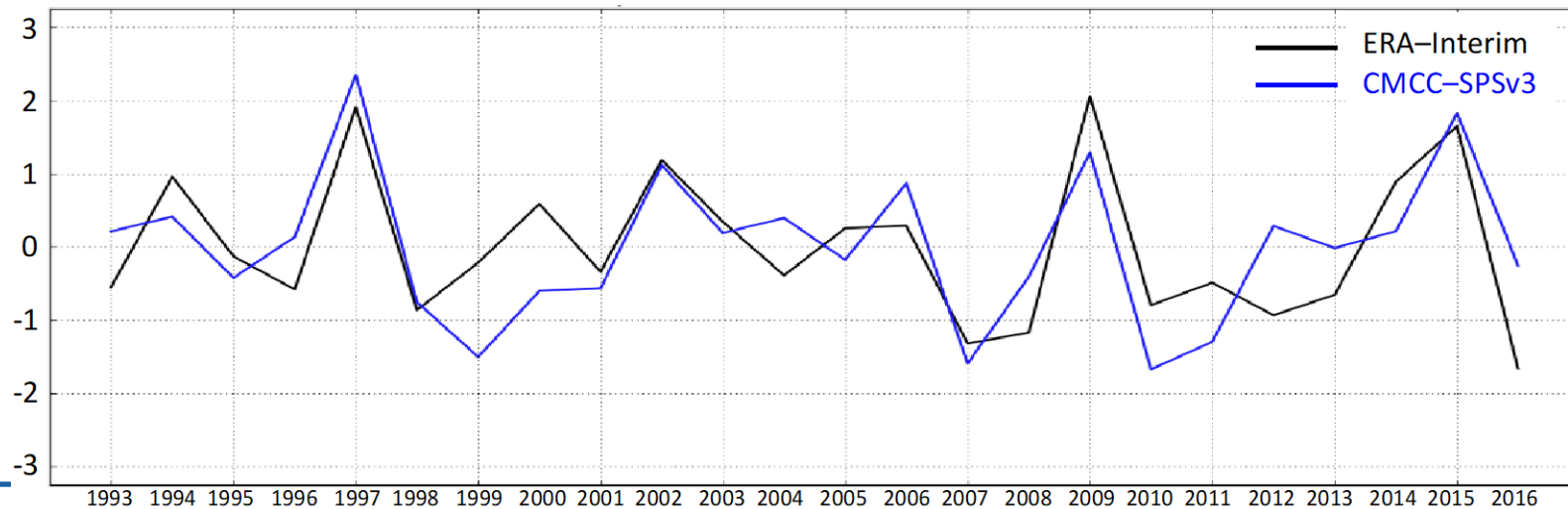


Il nuovo SPSv3: validazione

a) **NAO** for DJF anomalies, November start date $r = 0.3$ (0.5 1996 – 2011)



b) **PNA** for DJF anomalies, November start date $r = 0.7$ (0.8 1996 – 2011)



Sommario e conclusioni

- Abbiamo presentato il nuovo sistema di previsioni stagionali del CMCC (SPSv3) e illustrato e brevemente discusso le sue performance.
- La valutazione del sistema è basata sul periodo di “re-forecasts” di 24-anni, utilizzando un ensemble di 40-membri forecast di 6-mesi dal 1993 al 2016.
- Lo skill del sistema previsionale è stato misurato oggettivamente in termini metriche quali ACC e ROC score e presentato per T2m e precipitazione
- Il sistema dimostra una particolare skill nella previsione dell'ENSO.
- CMCC–SPSv3 si dimostra un sistema previsionale avanzato, in grado di produrre forecast operativi con skill oggettivamente misurabile sia ai Tropics che alle medie latitudini.
- CMCC–SPS3.5 è attualmente in fase di realizzazione: la principale differenza è la nuova risoluzione dell’atmosfera 0.5 x 0.5.
- CMCC–SPS4 è in fase di sviluppo : un sistema senza soluzione di continuità da sub-seasonal a seasonal a decadali.

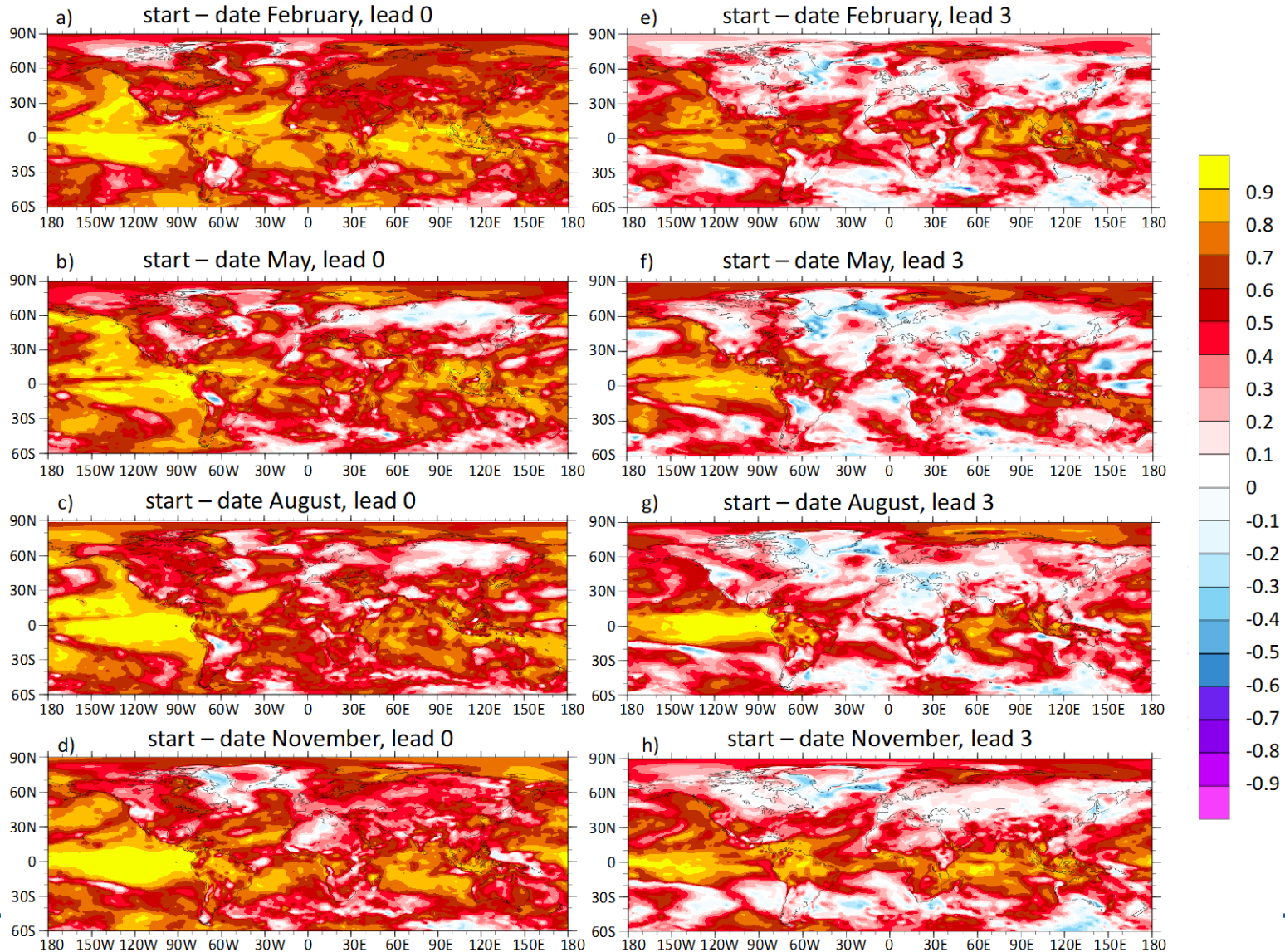


Grazie



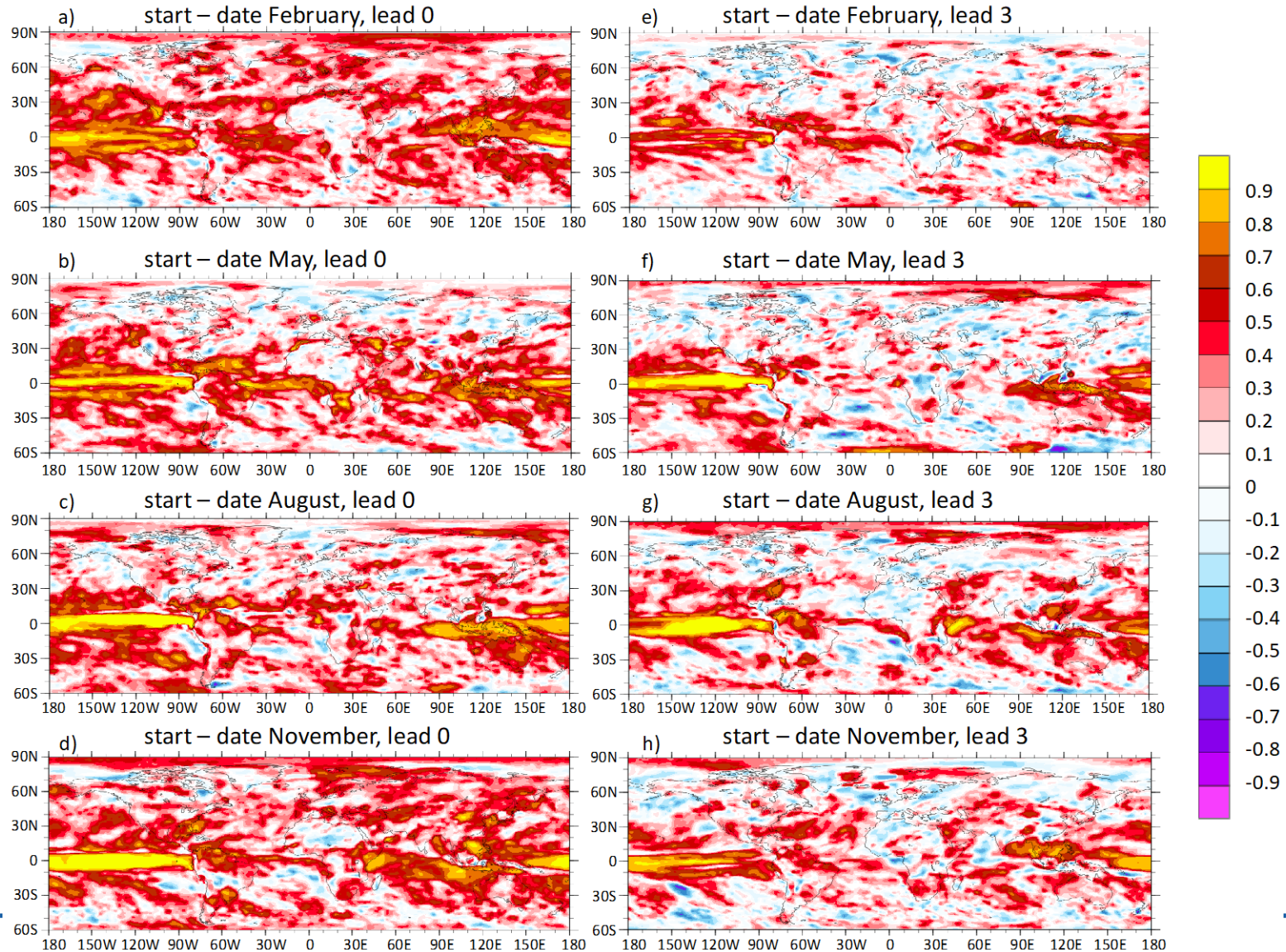
The new SPS.v3: evaluation

T2m Anomaly Correlation (predicted and observed anomalies 1993–2016)



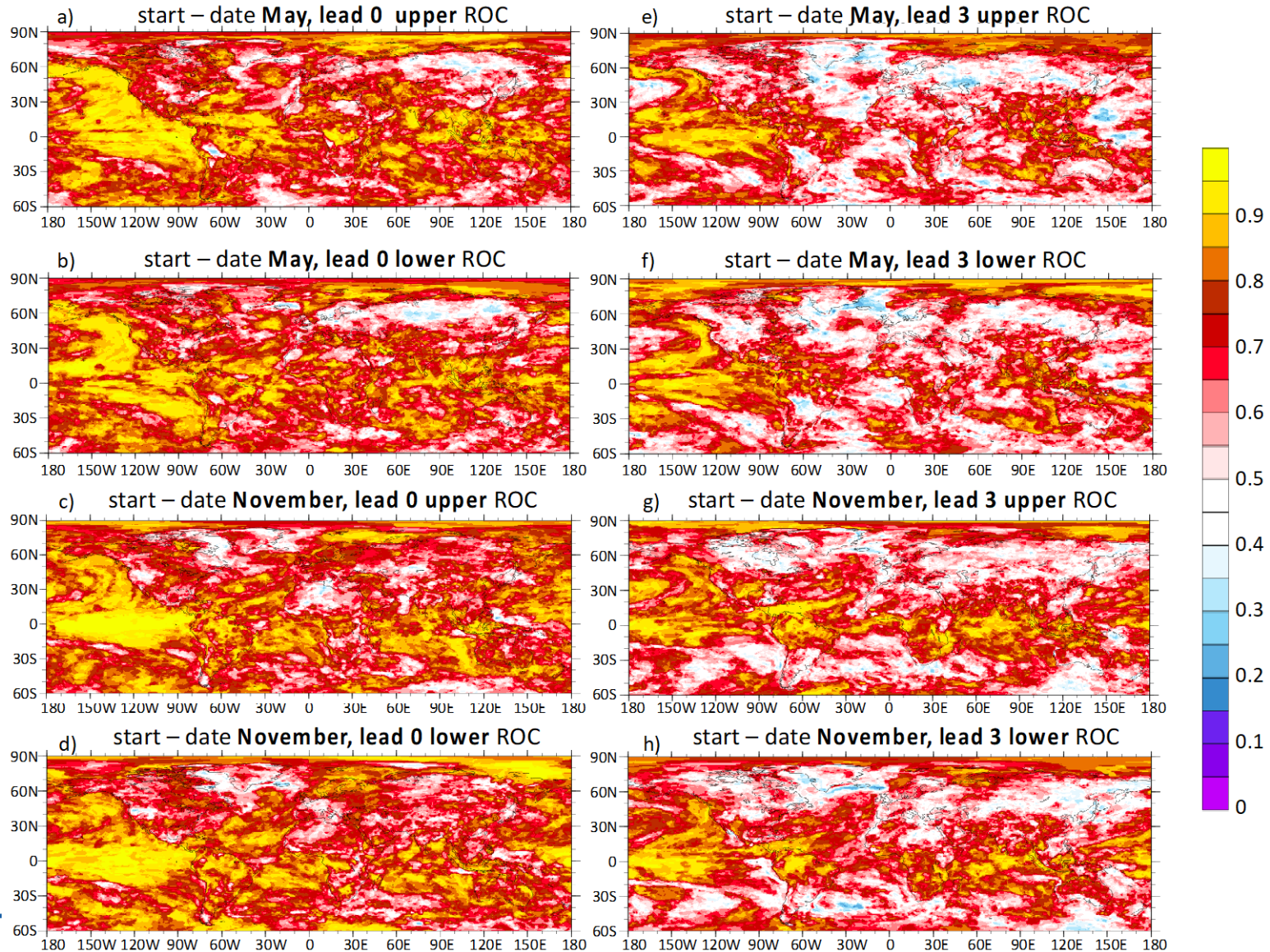
The new SPS.v3: evaluation

Prec Anomaly Correlation (predicted and observed anomalies 1993–2016)



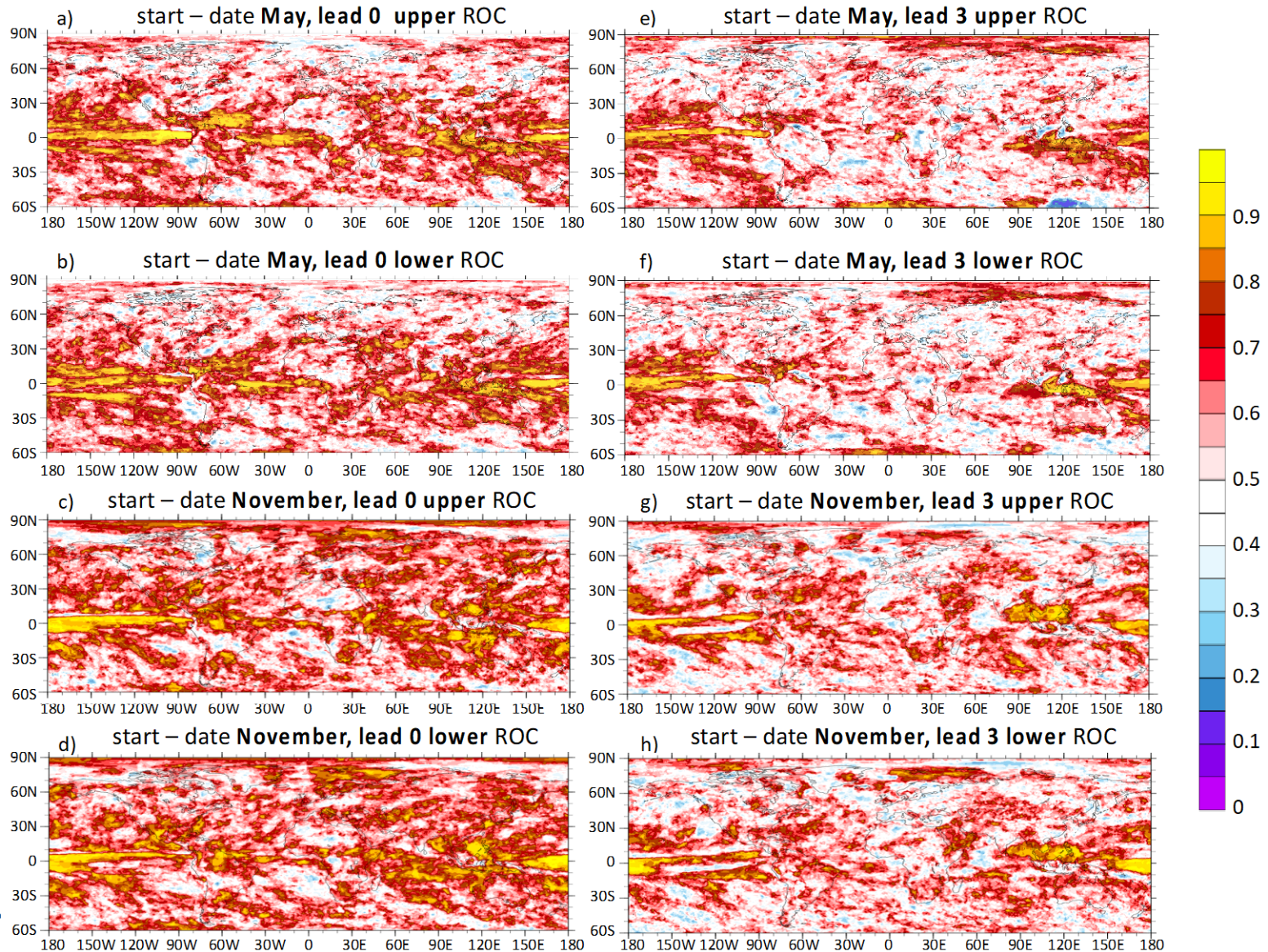
The new SPS.v3: evaluation

T2m Relative Operating Characteristics (ROC) Score 1993–2016



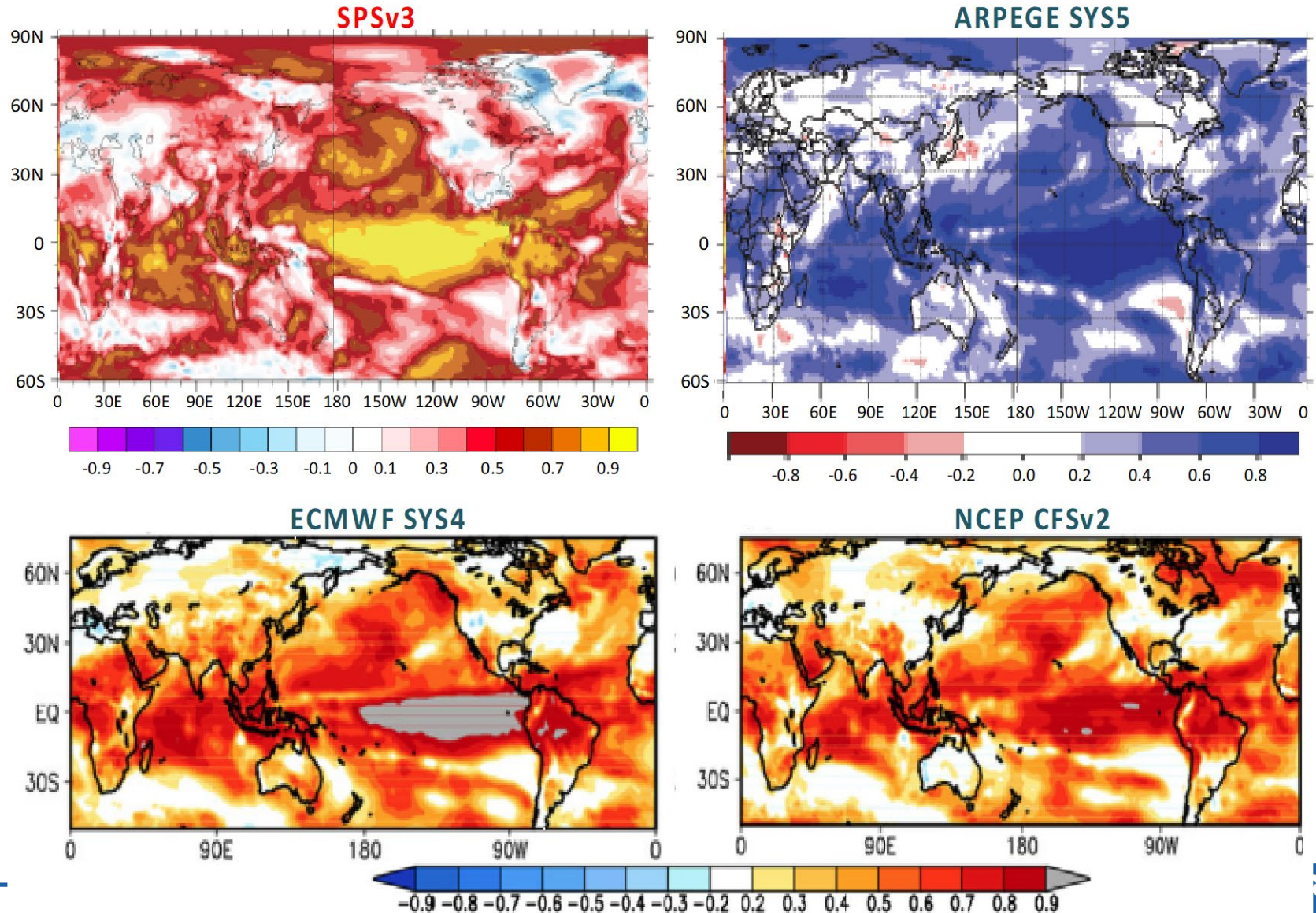
The new SPS.v3: evaluation

Prec Relative Operating Characteristics (ROC) Score 1993–2016



The new SPS.v3: evaluation

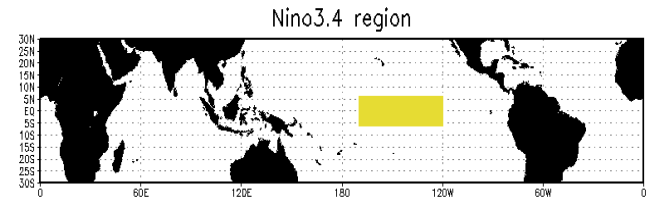
ACC for three-monthly mean T2m, November start date, lead 1



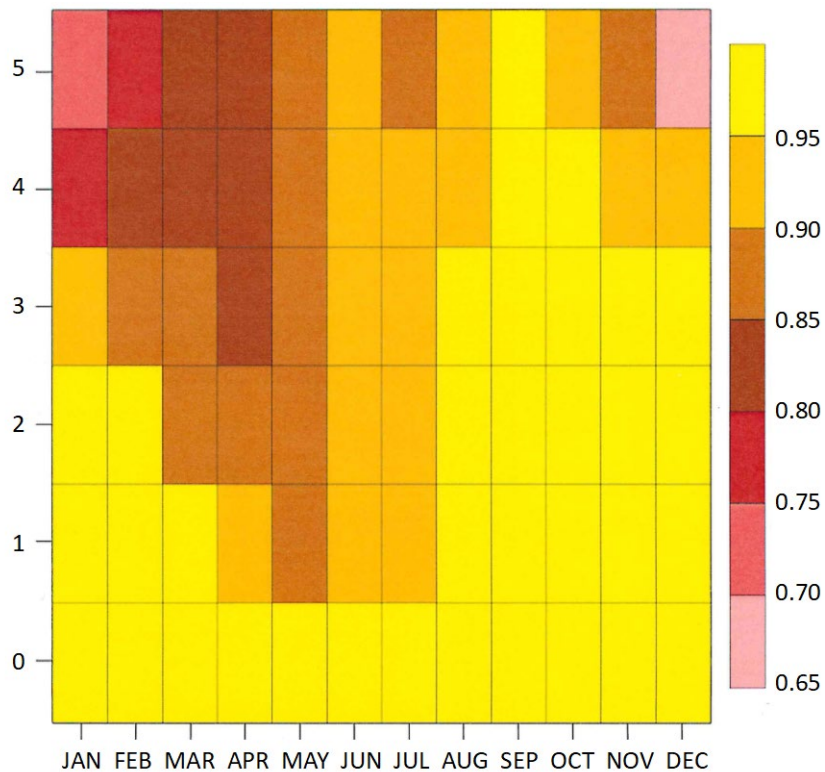
The new SPS.v3: evaluation

SST anomalies in the NINO 3.4 region

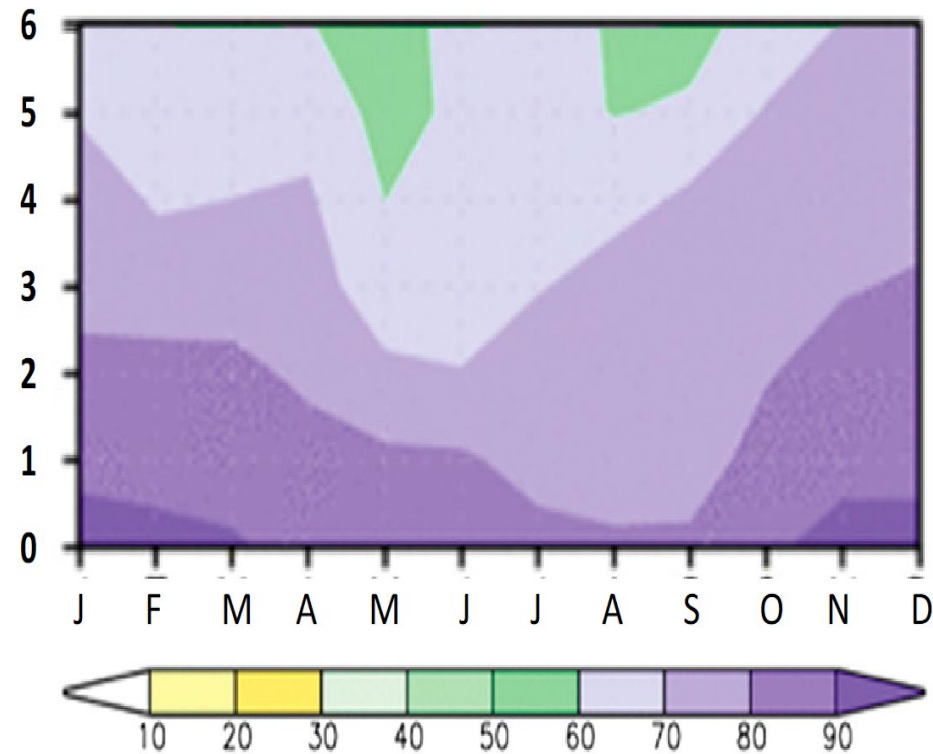
NINO3.4 index ACC



SPSv3

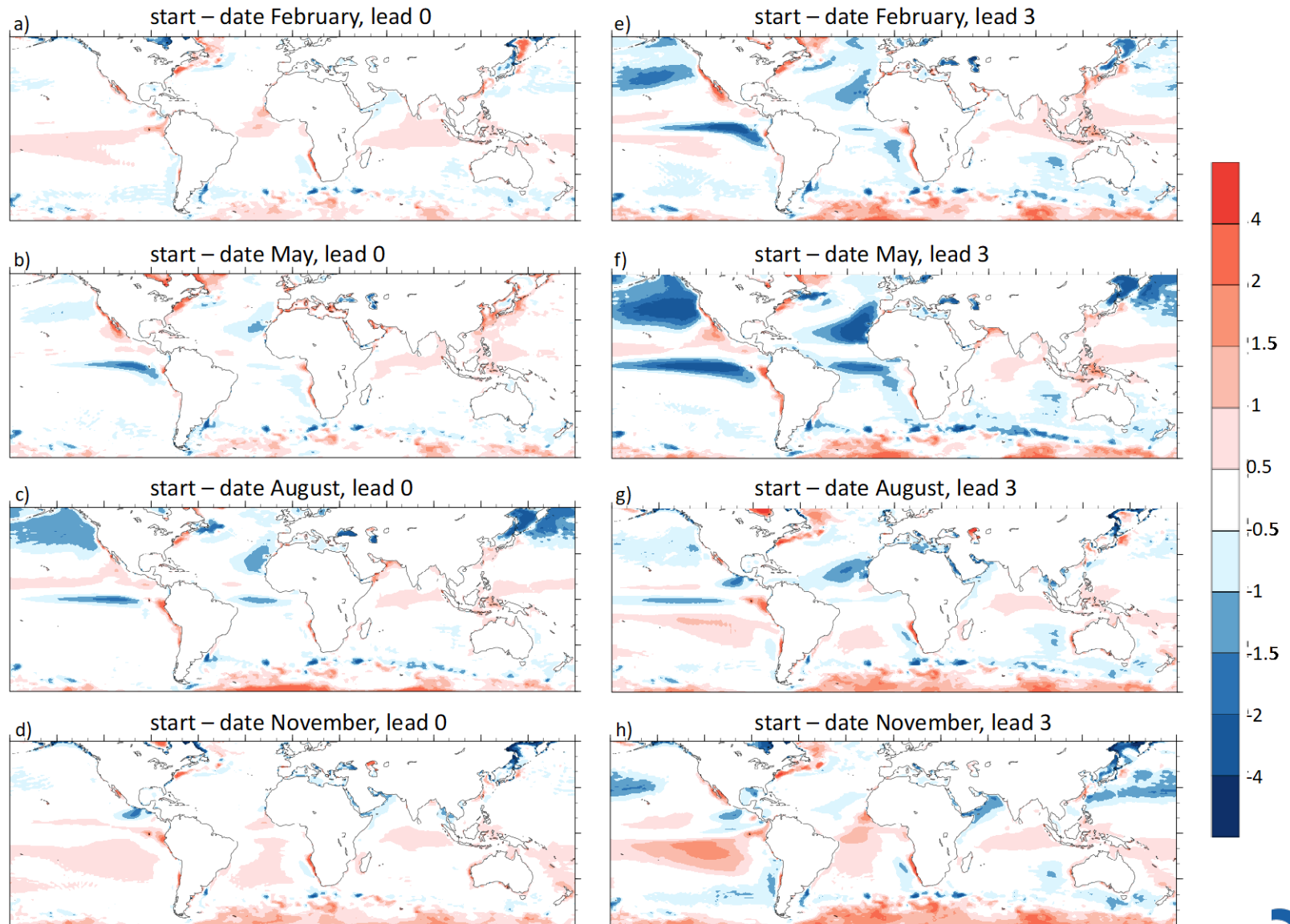


CFSv2



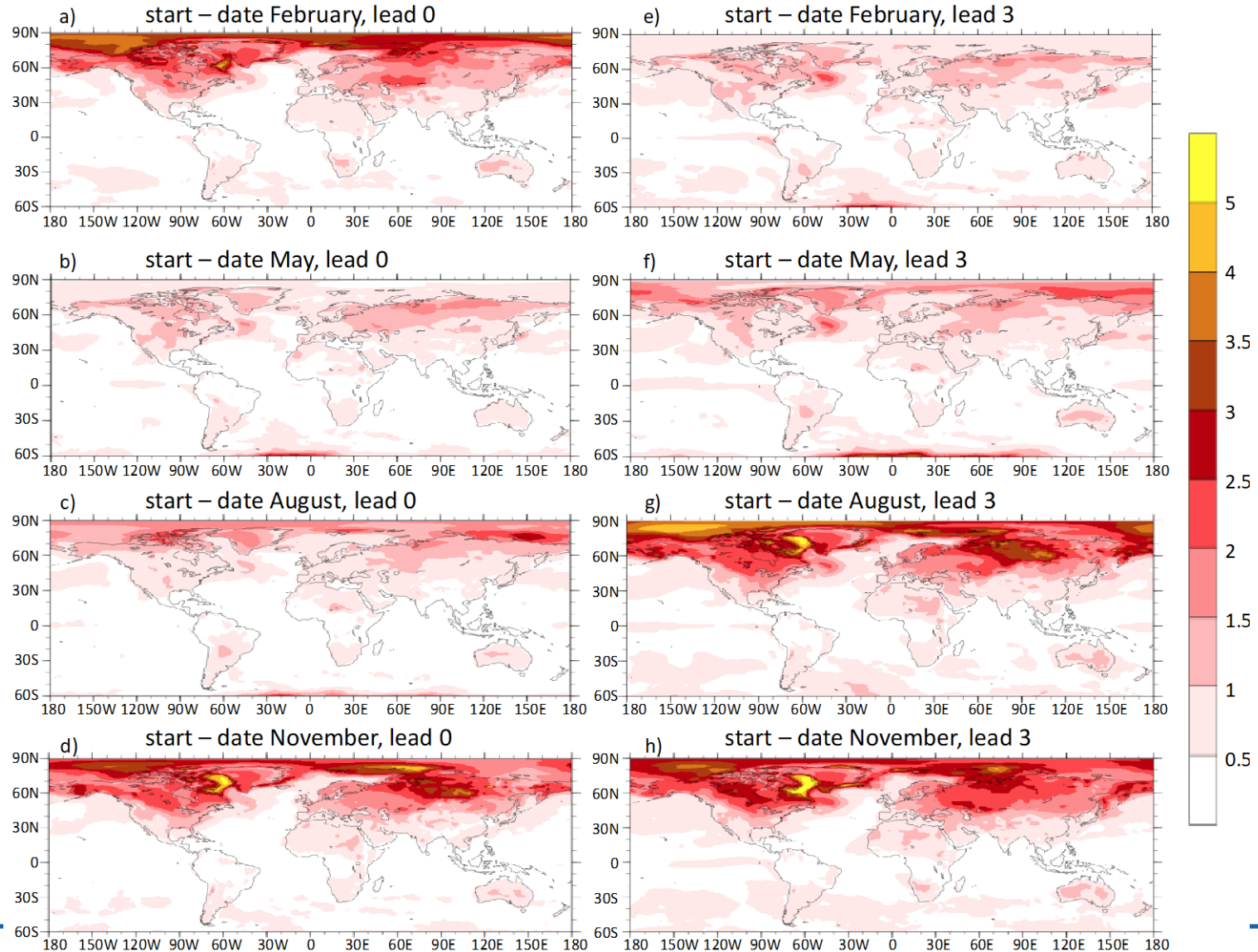
The new SPS.v3: evaluation

SST bias: SPSv3 – ERAI



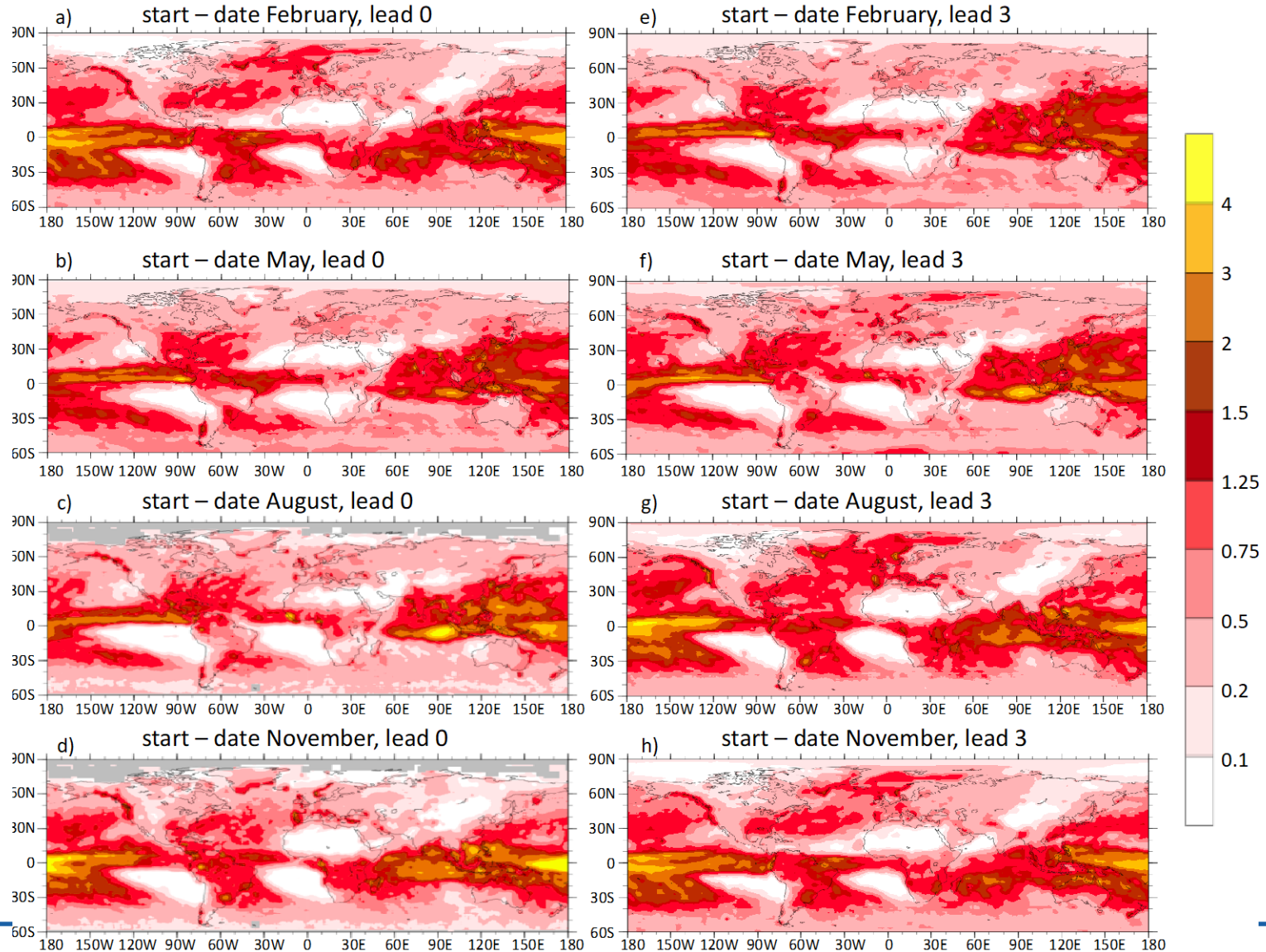
The new SPS.v3: evaluation

2mT RMSE



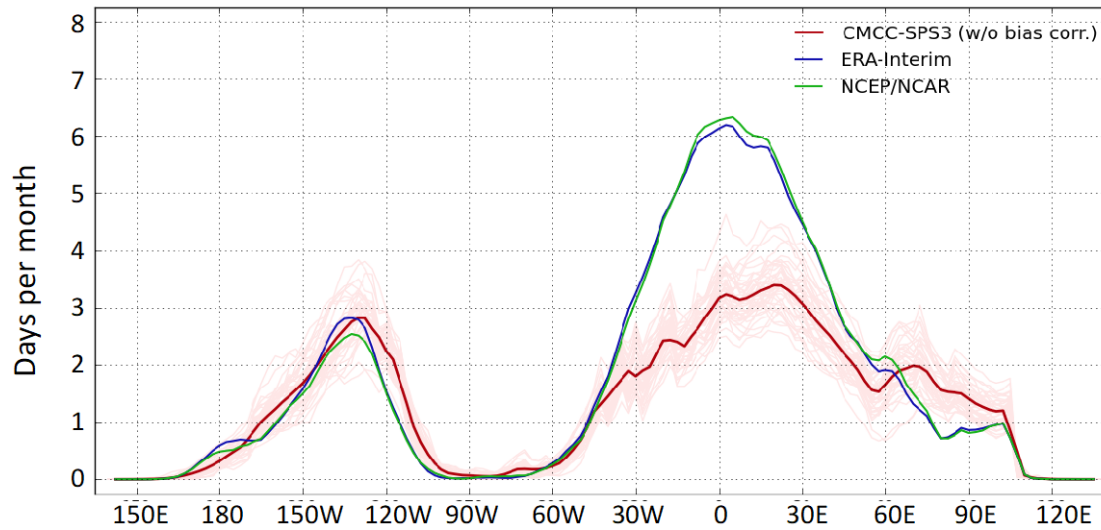
The new SPS.v3: evaluation

Precipitation RMSE



The new SPS.v3: evaluation

a) Blocking frequency in DJF (no bias correction)



b) Blocking frequency in DJF (bias correction)

