



Klimatska varijabilnost Europe i iskustvo s modelom SPEEDY

Ivana Herceg Bulić
Geofizički zavod PMF-a



Primjena atmosferskih modela u zaštiti okoliša i ljudi, Zagreb 27.11.2014.

ICTP AGCM Speedy

- ▶ **SPEEDY** (eng. *Simplified Parametrizations primitive-Equation Dynamics*), razvijen u Međunarodnom centru za teorijsku fiziku Abdus Salam - ICTP, Trst, Italija.
- ▶ Relativno jednostavan model (eng. *model of intermediate complexity*).
- ▶ 8 vertikalnih slojeva atmosfere (od 925 hPa do 30 hPa); razlučivost T30L8.
- ▶ Mreža modela sastavljena od 96×48 točaka; 3.75° (~400 km).
- ▶ Hidrostatički model, koristi σ -koordinatu.
- ▶ Izlazne varijable:
 - ▶ 9 varijabli na 8 nivoa (GH, T, u, v, ω , RH, q, ψ , χ)
 - ▶ 43 varijable na 1 nivou
- ▶ Mogućnost združivanja:
 - ▶ plitki oceanski sloj,
 - ▶ model vlage u tlu,
 - ▶ interaktivni model vegetacije.
- ▶ Fleksibilan – moguće su jednostavne modifikacije s ciljem specifičnih istraživanja; testovi osjetljivosti.

} 1 godina → 6 min → 25.4 MB



ICTP AGCM - SPEEDY

- ▶ **Dosadašnja istraživanja** SPEEDY modelom: različita područja klimatske varijabilnosti:
 - ▶ Modovi izvantropske klimatske varijabilnosti planetarne skale (Molteni i sur. *ClimDyn* 2011),
 - ▶ trendovi izvantropske cirkulacije i dekadne promjene (Kucharski i sur. 2007, Kucharski i sur. 2012, Barimalala i sur. 2011),
 - ▶ polja daljinskog odziva (Herceg Bulić i sur. 2012, 2013),
 - ▶ indijski i afrički monsun i njihova međudekadna varijabilnost (Feudale i Kucharski 2012),
 - ▶ Atlantski Nino i njegova povezanost s Pacifikom (Martin-Rey i sur. 2014),
 - ▶ Međudjelovanje tropskih i izvantropskih oceana i međudekadna varijabilnost Pacifika (Farnet i sur. 2013)
 - ▶ Sezonska potencijalna prediktabilnost (Azhar Ehsan i sur. 2013)...



SPEEDY na Geofizičkom zavodu

- ▶ Znanstvena istraživanja (klimatska varijabilnost Europe, polja daljinskih odziva, ENSO utjecaj na Europu, NAO...)
- ▶ Nastava (upoznavanje studenata s modelom, iskustvo s klimatskim modeliranjem i analiziranjem rezultata, usporedba modeliranih i izmjerenih podataka, diplomski radovi).



Prinudno djelovanje tropskog Pacifika na Europu

Herceg Bulić and Branković: ENSO forcing of the Northern Hemisphere climate in a large ensemble of model simulations based on a very long SST record. ClimDyn 2007.

Utjecaj pojave ENSO na područje Europe:

- Ansambl od 35 simulacija; 1854.-2002.
- Osmotrene mjesečne vrijednosti površinske temperature mora SST (NOAA_ERSST_V2)



Prinudno djelovanje tropskog Pacifika na Europu

La Niña

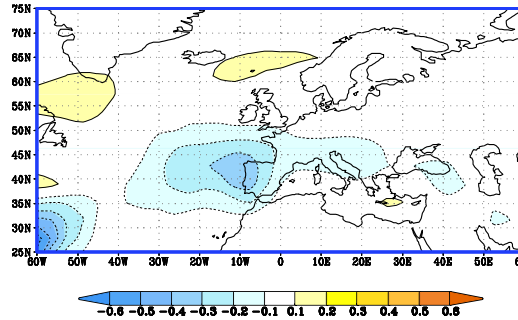
El Niño

Herceg Bulić and Branković: ENSO forcing of the Northern Hemisphere climate in a large ensemble of model simulations based on a very long SST record. *ClimDyn* 2007.

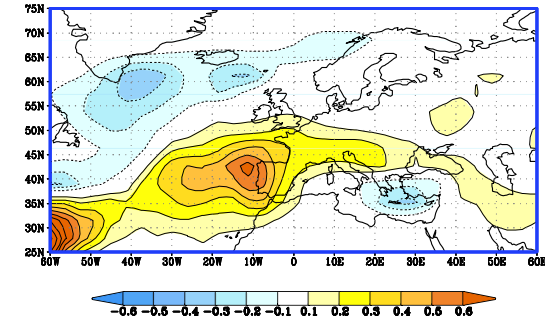
Utjecaj pojave ENSO na područje Europe:

- Ansambl od 35 simulacija; 1854.-2002.
- Osmotrene mjesečne vrijednosti površinske temperature mora SST (NOAA_ERSST_V2)

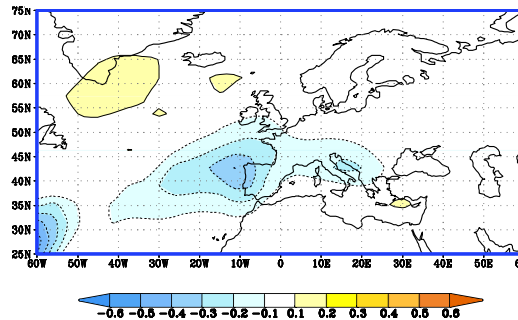
(a) Oborina; izrazito hladni skup; int = 0.1 mm/dan



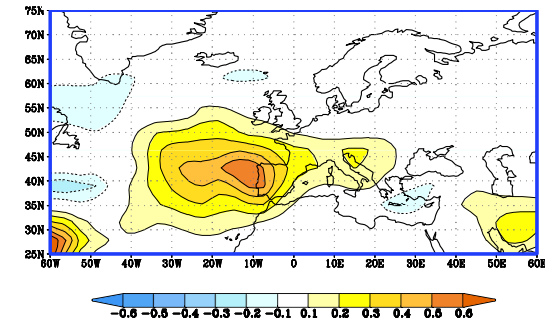
(b) Oborina; izrazito topli skup; int = 0.1 mm/dan



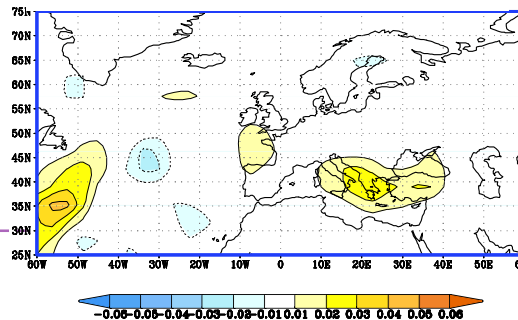
(c) Oborina; umjereno hladni skup; int = 0.1 mm/dan



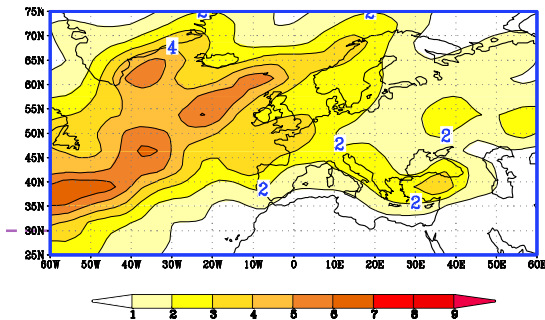
(d) Oborina; umjereno topli skup; int = 0.1 mm/dan



(e) Neutralni skup; int = 0.01 mm/dan



(f) Oborina; klimatologija; int = 1.0 mm/dan



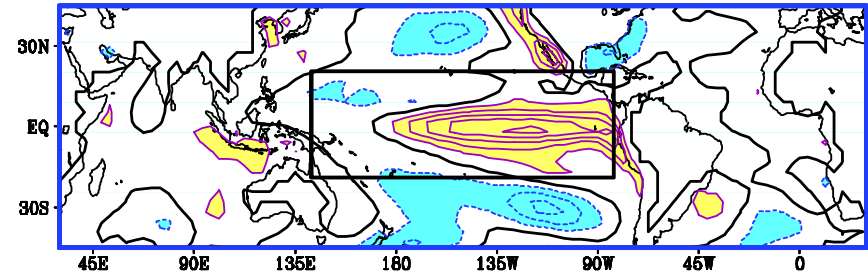
TroPac - Eksperiment s prinudnim djelovanjem ograničenim samo na tropski Pacifik

- Da li su dobivene anomalije zaista posljedice prinudnog djelovanja u tropskom Pacifiku?



TroPac - Eksperiment s prinudnim djelovanjem ograničenim samo na tropski Pacifik

- Da li su dobivene anomalije zaista posljedice prinudnog djelovanja u tropskom Pacifiku?



TroPac eksperiment: anomalije SST – u tropskom Pacifiku, a izvan tog područja su klimatološke vrijednosti SST – međugodišnja promjenjivost SST prisutna je samo unutar zadanih granica, dok su SST izvan tih granica konstantne tijekom cijele integracije.

	GH200 NH	GH200 NAE	rr NH	rr NAE	p0 NH	p0 NAE	T850 NH	T850 NAE
r (izrazito topli)	0.82	0.90	0.71	0.88	0.88	0.91	0.80	0.75
r (izrazito hladni)	0.91	0.80	0.85	0.94	0.94	0.81	0.84	0.91
r (topli)	0.93	0.87	0.85	0.83	0.83	0.91	0.84	0.72
r (hladni)	0.96	0.81	0.76	0.76	0.76	0.71	0.74	0.80
r (slabo topli)	0.85	0.82	0.71	0.71	0.87	0.96	0.78	0.83
r (slabo hladni)	0.97	0.80	0.73	0.73	0.78	0.61	0.64	0.47

Tablica koeficijenata korelacije između polja anomalija osnovnog eksperimenta i TroPac ekperimenta

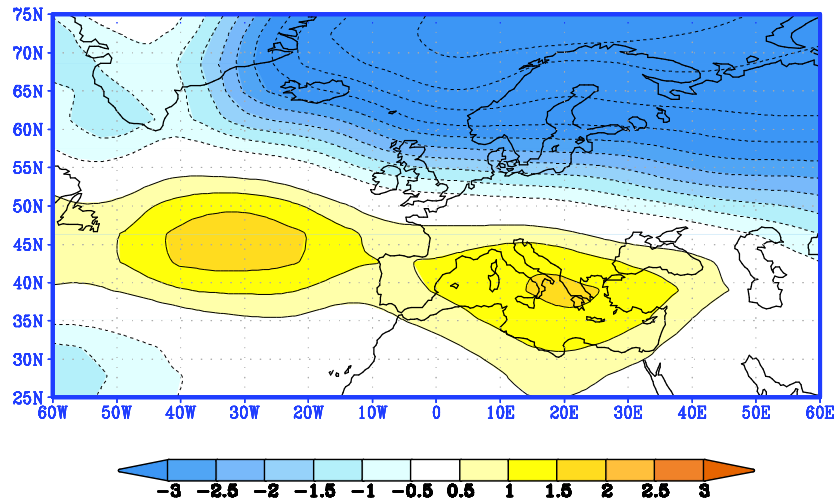
Utjecaj ENSO-a na Europu u uvjetima toplije klime

- ▶ *Herceg Bulić, Branković and Kucharski: Winter ENSO teleconnections in a warmer climate. ClimDyn 2012.*
- ▶ **CTRL** eksperiment
 - simulacija sadašnje klime:
 - CO₂ – prosječna vrijednost za razdoblje 1961-1990 ($1 \times \text{CO}_2$)
 - SST izmjerene vrijednosti 1855-2002 (NOAA_ERSST_V2 data) + morski led (HadSSTI)
- ▶ **2×CO₂** eksperiment
 - CO₂ – dvostruka vrijednost u odnosu na CTRL ($2 \times \text{CO}_2$)
 - SST klimatologija i morski led – simulirane vrijednosti modelom HadCM3 za dvostruku koncentraciju CO₂
 - SST anomalije – iste kao u CTRL eksperimentu
- ▶ **Izravni – neizravni utjecaj CO₂**
 - DIR – koncentracije $2 \times \text{CO}_2$, a SST i morski led koji odgovaraju $1 \times \text{CO}_2$
 - IND – koncentracije $1 \times \text{CO}_2$, a SST i morski led koji odgovaraju $2 \times \text{CO}_2$

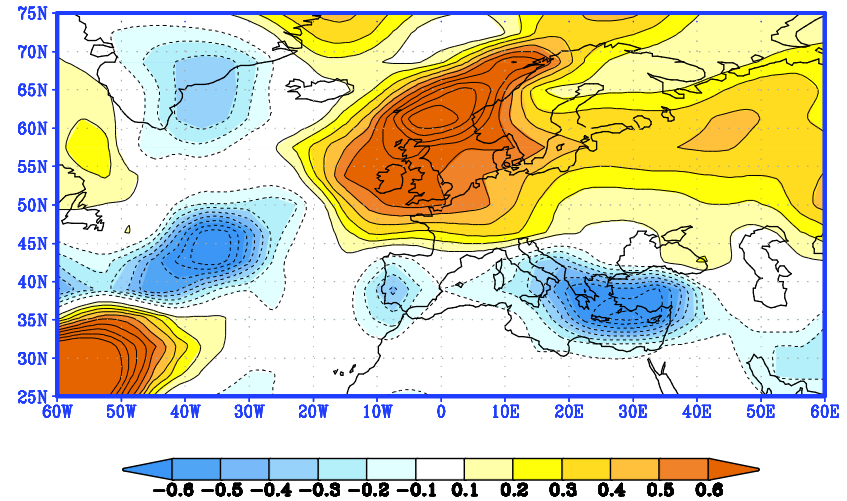


Sadašnja klima - 2×CO₂ klima

(a) MSLP 2×CO₂-CTRL JFM klim
cont 0.5 hPa

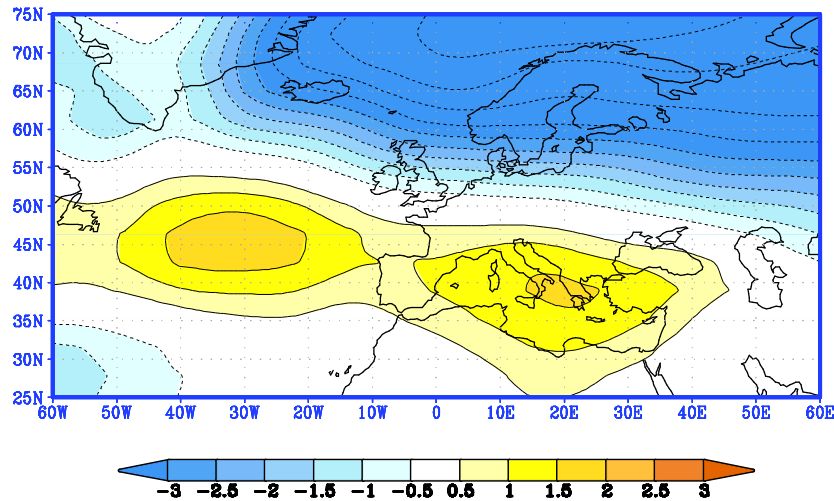


(b) Ukupna oborina 2×CO₂-CTRL JFM klim
cont 0.1 mm/dan

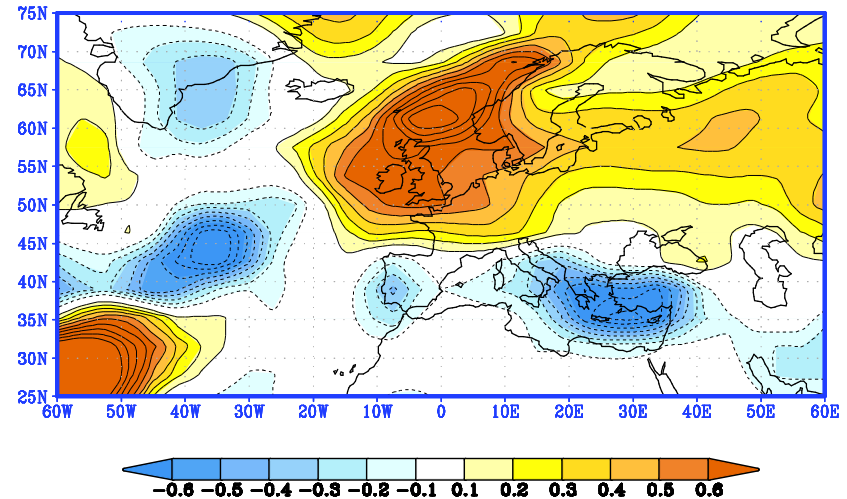


Sadašnja klima - 2×CO₂ klima

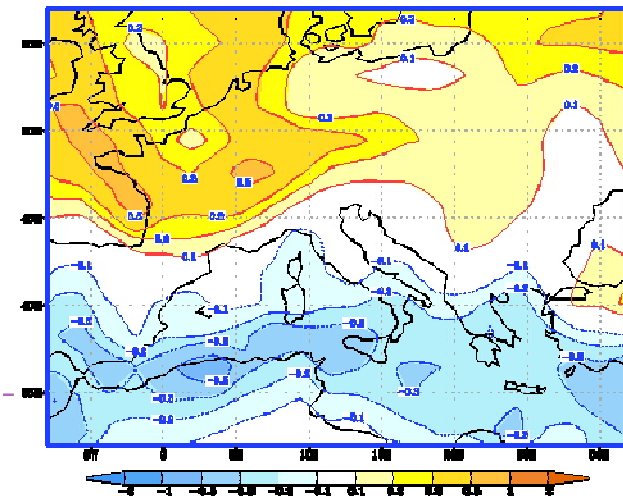
(a) MSLP 2×CO₂-CTRL JFM klim
cont 0.5 hPa



(b) Ukupna oborina 2×CO₂-CTRL JFM klim
cont 0.1 mm/dan



Ukupna oborina DJF; SRESA2-20C3M srednjak ansambla;
cont=0.1 0.2 0.3 0.5 | 2 mm/dan

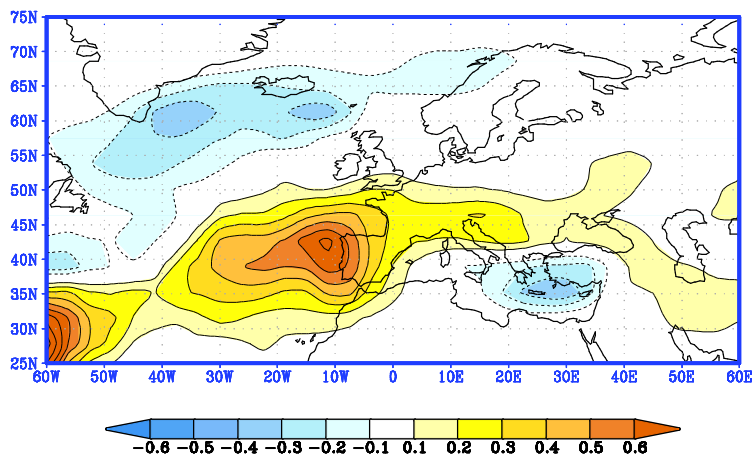


An assessment of global and regional climate change
based on the EH5OM climate model ensemble
(Branković, Srnec i Patarčić, *Climatic Change* 2010)

Sadašnja klima - 2×CO₂ klima

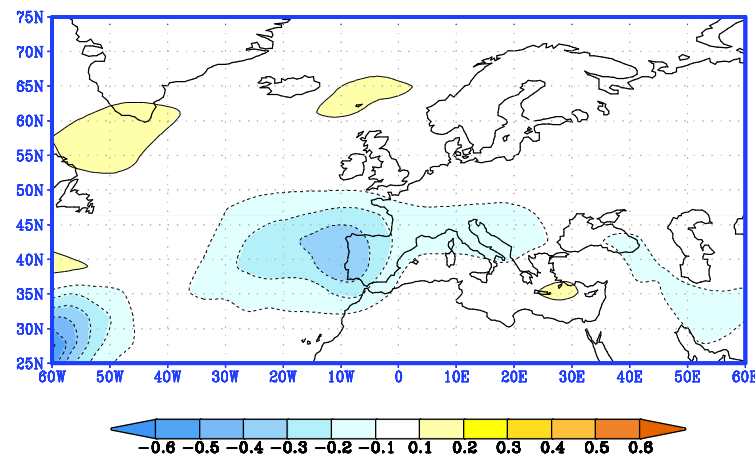
ENSO utjecaj

(a) Total precip; JFM; CTRL strong warm composite
cont=0.1 mm/day



El Niño

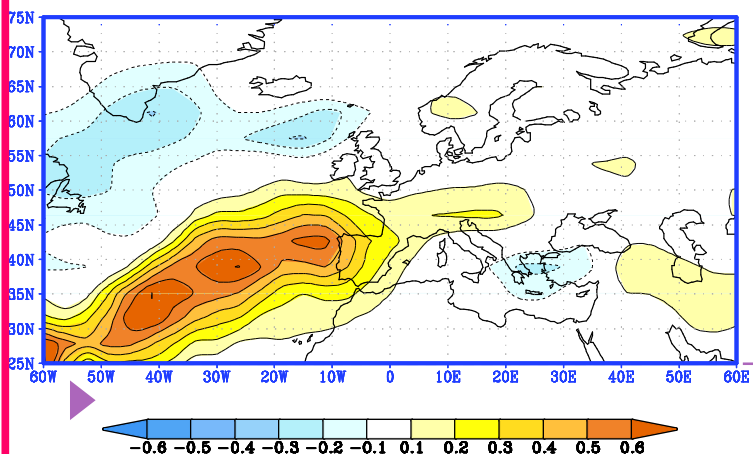
(b) Total precip; JFM; CTRL strong cold composite
cont=0.1 mm/day



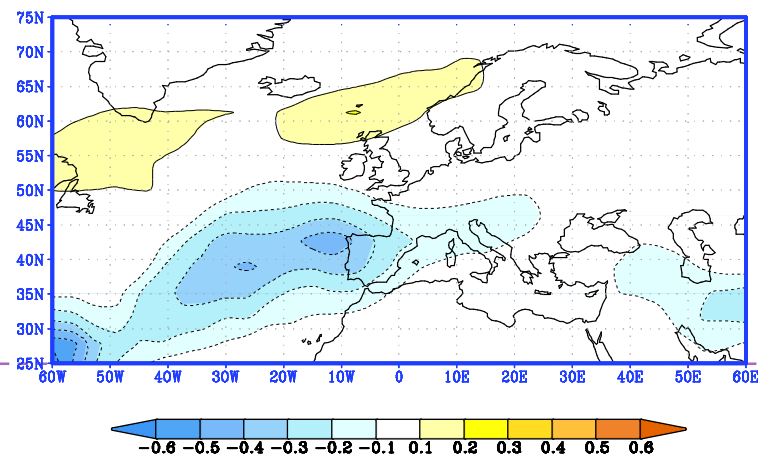
CTRL

La Niña

(c) Total precip; JFM; CO₂x2 strong warm composite
cont=0.1 mm/day



(d) Total precip; JFM; CO₂x2 strong cold composite
cont=0.1 mm/day



2×CO₂

Međudjelovanje more-atmosfera

ENSO

- ▶ *Herceg Bulić and Kucharski F: Delayed ENSO impact on spring precipitation over North/Atlantic European region. ClimDyn 2012.*

Ansambli simulacija:

CTRL – SST izmjerene vrijednosti 1855-2002 (NOAA_ERSST_V2 data)

MIX – osmotrene SST samo u tropskom Pacifiku (30°S-30°N)+klimatološke SST izvan + pasivni oceanski sloj miješanja u sjevernom Atlantiku

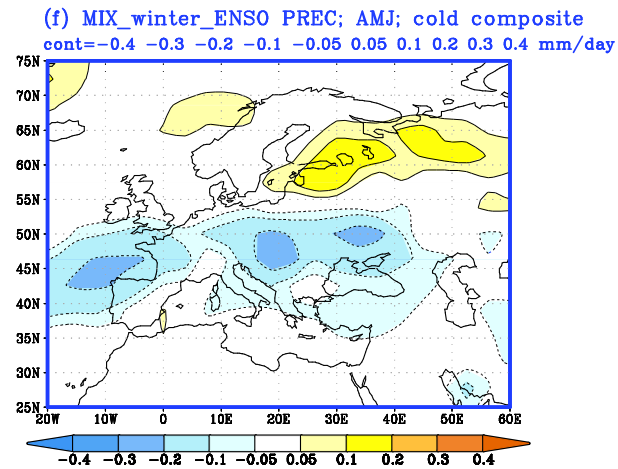
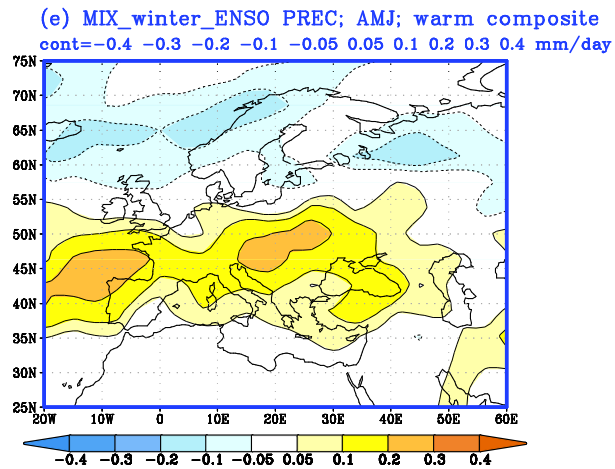
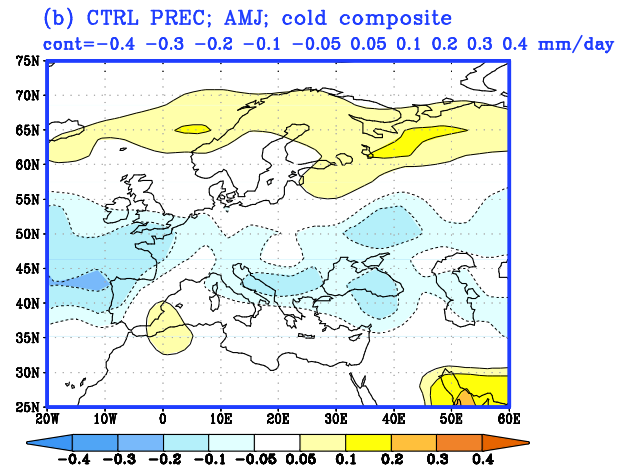
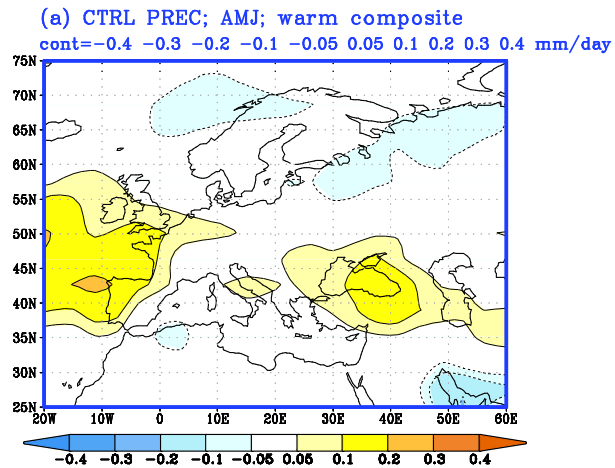
MIX_winter_ENSO – iste postavke kao za MIX, ali su SST u tropskom Pacifiku varijabilne jedino tijekom hladnog dijela godine (listopad – ožujak)

Cilj: postoji li vremenski odgođeno djelovanje tropskog Pacifika na Europe? → mehanizam?

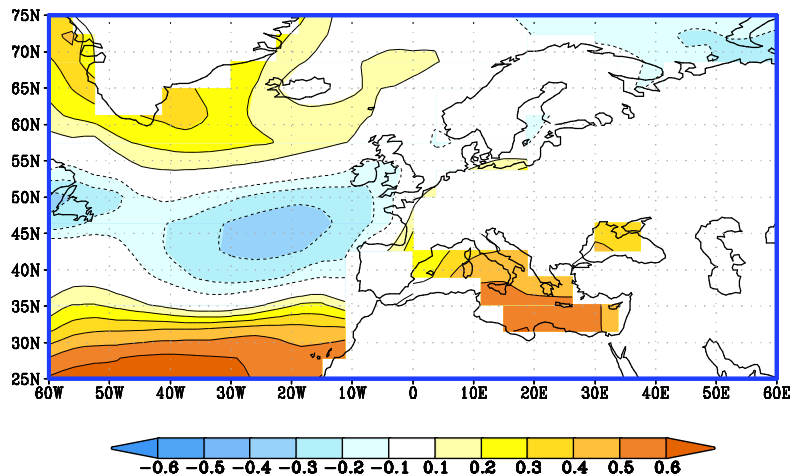


Međudjelovanje more-atmosfera

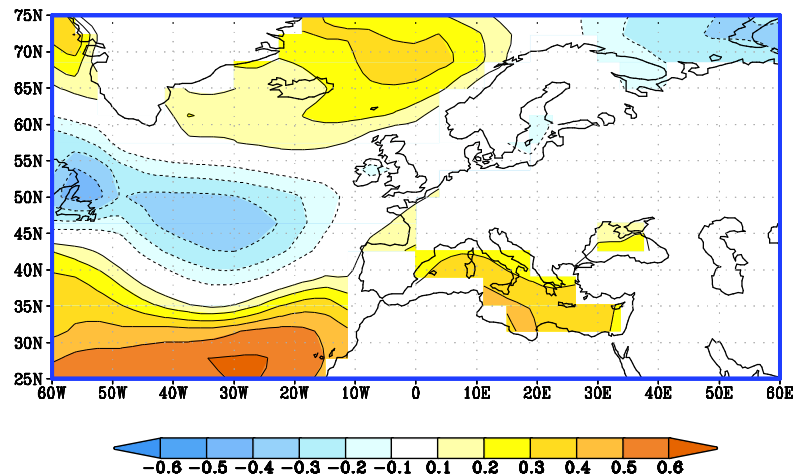
ENSO



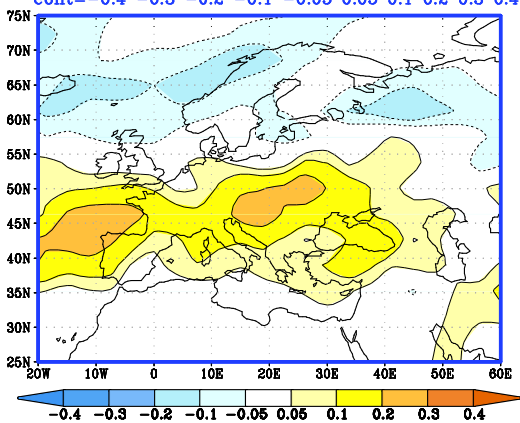
(a) corr PC1(JFM_Nino3.4_SST) AMJ_SST_MIX_winter_ENSO
cont=0.1



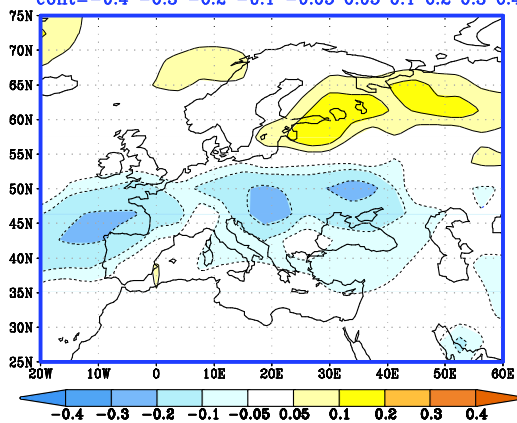
(b) corr PC1(JFM_Nino3.4_SST) AMJ_SST_MIX
cont=0.1



(e) MIX_winter_ENSO PREC; AMJ; warm composite
cont=-0.4 -0.3 -0.2 -0.1 -0.05 0.05 0.1 0.2 0.3 0.4 mm/day



(f) MIX_winter_ENSO PREC; AMJ; cold composite
cont=-0.4 -0.3 -0.2 -0.1 -0.05 0.05 0.1 0.2 0.3 0.4 mm/day



Međudjelovanje more-atmosfera

NAO

- ▶ *Herceg Bulić and Kucharski : North Atlantic SSTs as a link between wintertime NAO and the following spring climate. JCLim 2014.*

Ansampli simulacija:

CLIM – klimatološke vrijednosti SST

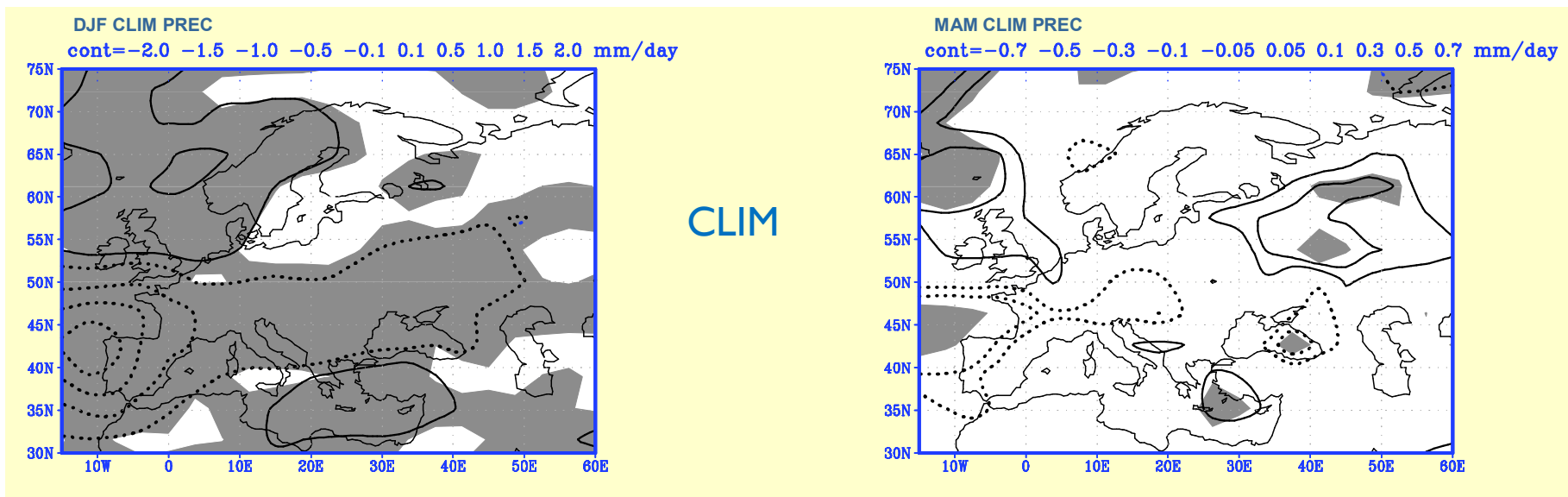
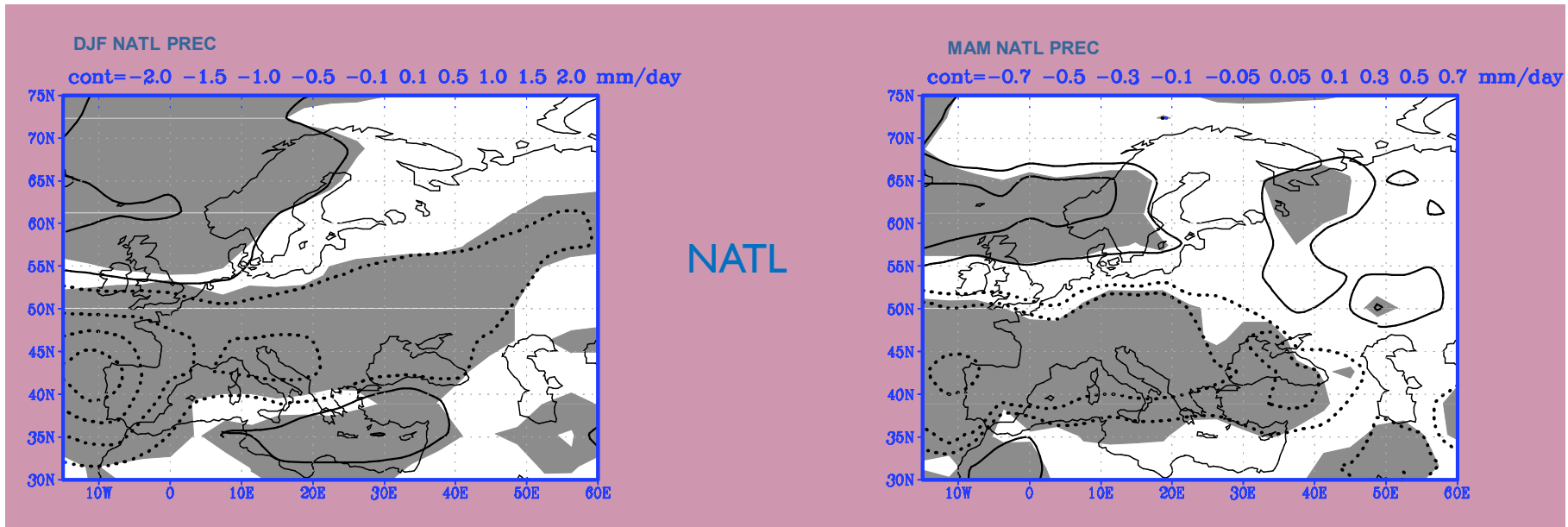
NATL – pasivni oceanski sloj miješanja u sjevernom Atlantiku

Cilj: može li utjecaj zimske NAO pojava perzistirati dulje od jedne sezone?



Međudjelovanje more-atmosfera

NAO



Međudjelovanje tlo-atmosfera

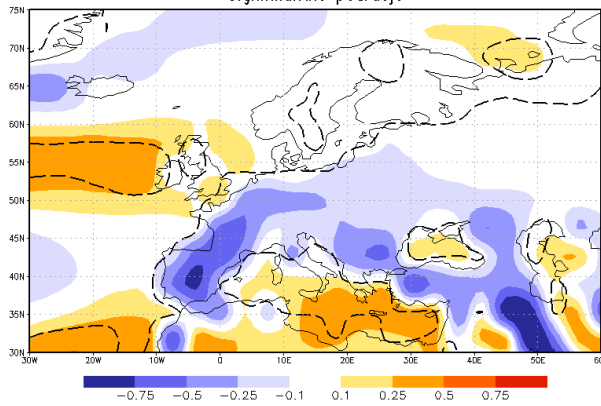
Ružić and Herceg Bulić: Influence of soil moisture and dynamic vegetation coupling on numerical simulations of surface temperature, precipitation and evaporation over the Europe. Geofizika 2014.

- Utjecaj modela vlage u tlu i modela interaktivne vegetacije na rezultate numeričkih simulacija (klimatološke sezonske vrijednosti određenih parametara i međugodišnja varijabilnost)
- Eksperimenti: CTRL = kontrolni eksperiment
SOILM = SPEEDY + model za vlagu u tlu
SOILM_VEG = SPEEDY+ model za vlagu+interaktivni model za vegetaciju

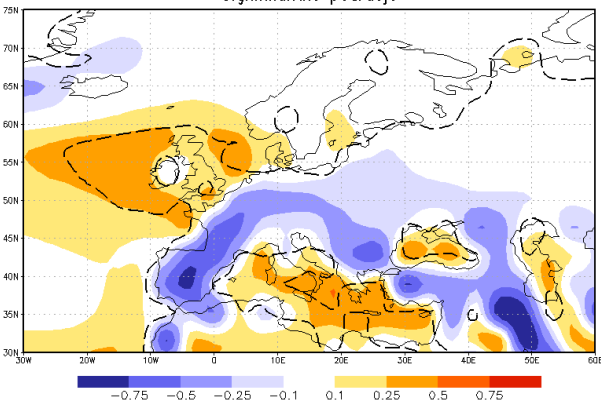


Međudjelovanje tlo-atmosfera

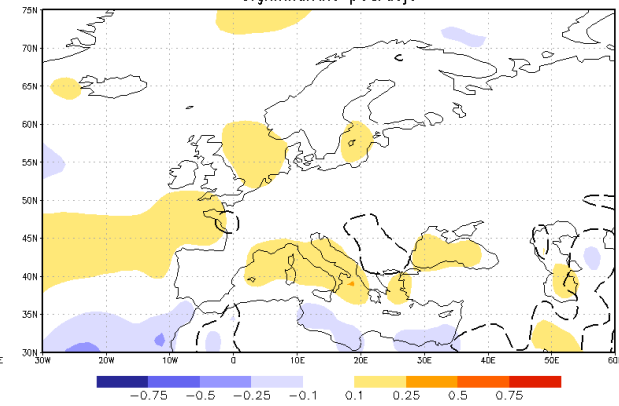
a) Evaporacija [mm/dan]; SOILM-CTRL; JFM
Signifikantno područje



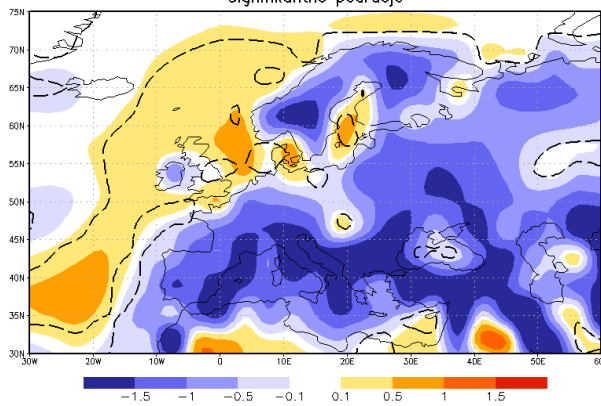
b) Evaporacija [mm/dan]; SOILM_VEG-CTRL; JFM
Signifikantno područje



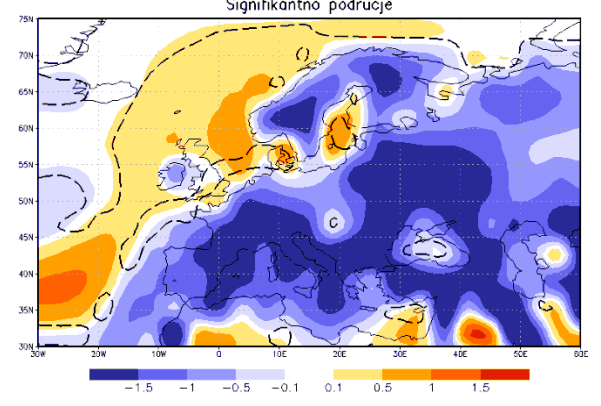
c) Evaporacija [mm/dan]; SOILM_VEG-SOILM; JFM
Signifikantno područje



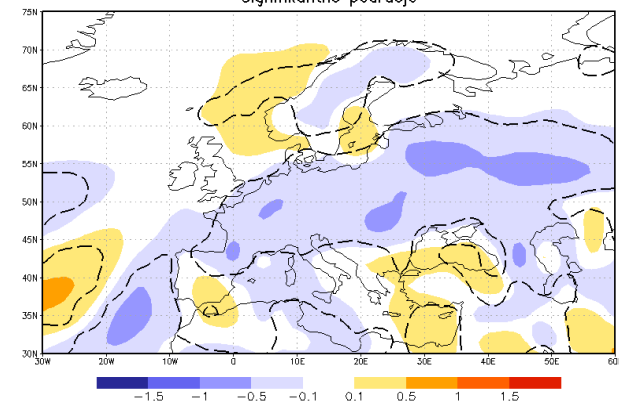
d) Evaporacija [mm/dan]; SOILM-CTRL; JAS
Signifikantno područje



e) Evaporacija [mm/dan]; SOILM_VEG-CTRL; JAS
Signifikantno područje



f) Evaporacija [mm/dan]; SOILM_VEG-SOILM; JAS
Signifikantno područje



- Model SPEEDY učinkovito simulira prirodnu i prinudnu klimatski varijabilnost.
- Zbog svoje jednostavnosti i fleksibilnosti vrlo je koristan alat za edukaciju te za znanstvena istraživanja različitih procesa iz područja dinamičke klimatologije.

