

SVEUČILIŠTE U SPLITU
PRIRODOSLOVNO MATEMATIČKI FAKULTET
Diplomski studij fizike okoliša

Popularizacijsko predavanje

Vrijeme, klima i okoliš

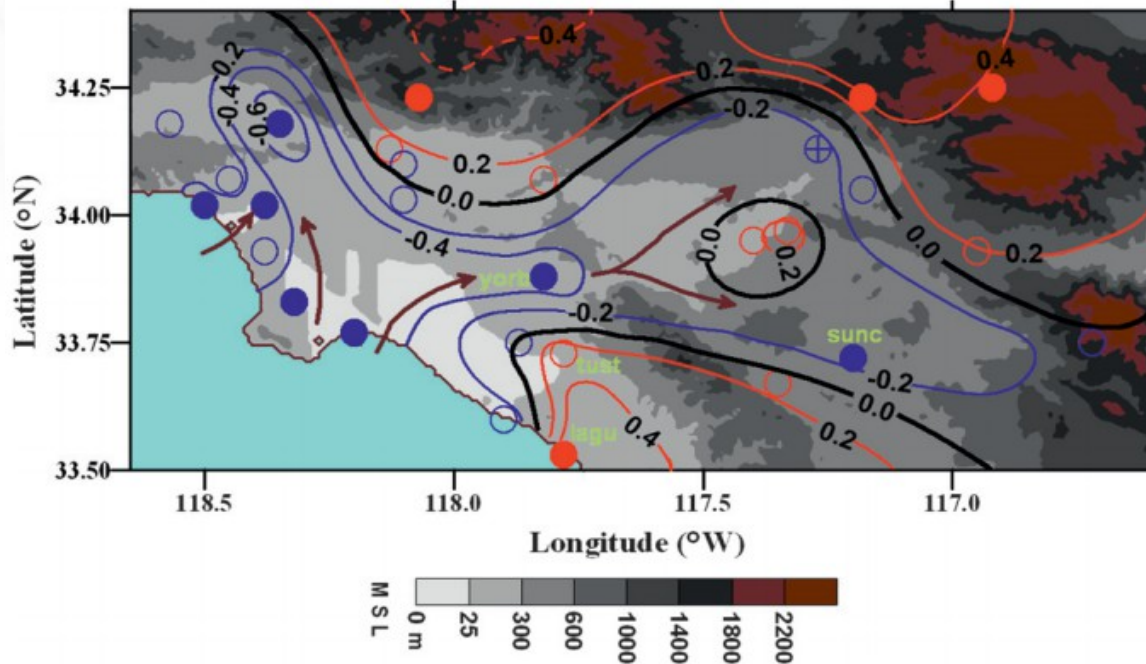
(Istraživanja)

SLAVKO RADILOVIĆ (sradilovi@pmfst.hr)
Prof. dr. sc. DARKO KORAČIN (dkoracin@pmfst.hr)
Prirodoslovno matematički fakultet, Split

Split, 3. svibnja 2017.

Motivacija

- Područje Mediterana se pokazalo kao područje koje je posebno osjetljivo na globalne klimatske promjene, odnosno povećanje temperature mora uzrokovane emisijom stakleničkih plinova, kompleksnom morfologijom te socio-ekonomskim uvjetima stvarajući jedinstveni karakter klime (IPCC, 2007; Giorgi, 2006)
- Određena područja pokazuju asimetrično zagrijavanje (Lebassi, 2009)



Prostorna raspodijela trenda ljetnog temperaturnog maksimuma (T2m, °C/dekadi) za područje Kalifornije za period 1970.-2005.

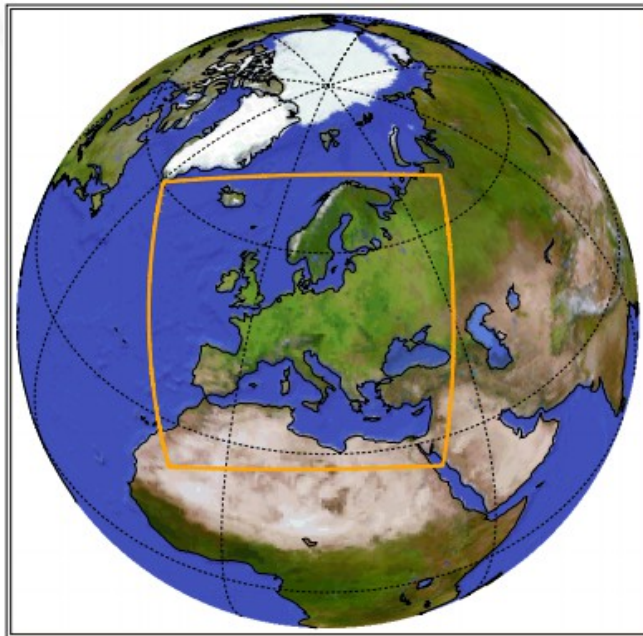
- jači porast temperature u zaleđu sa padom tlaka može uzrokovati porast mezoskalnog gradijenta tlaka. Posljedično, može se očekivati porast zmorca (topliji dio godine)
- Mogu li se takve karakteristike vidjeti/prognozirati na jadranskom području
- U novije vrijeme, pojačavanjem rezolucije klimatskih modela na oko 10 km i bolje, mogu se izučavati svojstva obalne klime

Pregled dosadašnjih istraživanja

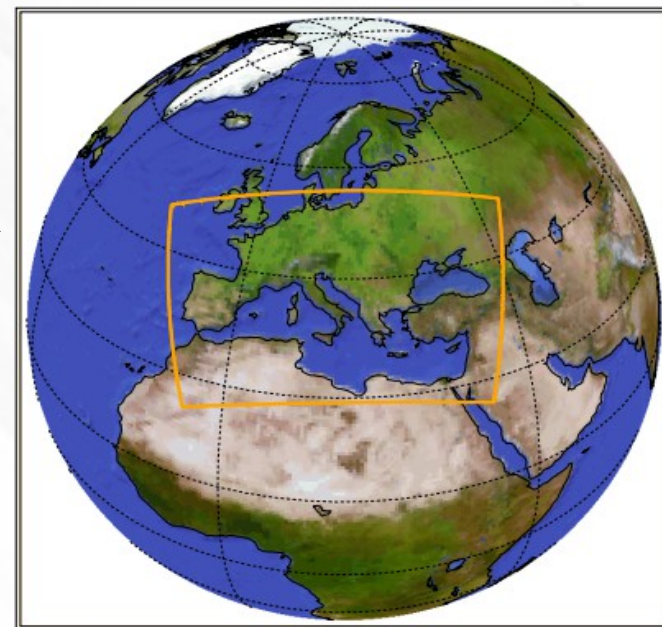
- Istražujući utjecaje globalnih klimatskih promjena na klimu posljednjih nekoliko godina došlo se do zaključka da strategije rješavanja negativnih posljedica tih promjena zahtijevaju informaciju o prirodi takvih promjena na lokalnim i regionalnim razmjerima
- Razvoj i usavršavanje tehnika prilagodbe različitih modela („*downscaling*“) s ciljem prevođenja s domena niskih rezolucija globalnih modela (GCM) na domene visokih rezolucija regionalnih modela (RCM) (Hewitson and Crane, 1996; Wilby and Fowler, 2011)
- Važan dio u razvoju klimatskih modela jest evaluacija i potvrda rezultata modela uspoređujući ih s mjerenjima
- Reanaliza se uzima kao rubni uvjet regionalnog modela (za evaluacijski period)
- Mogu postojati znatne razlike među različitim rezultatima reanalize te kao takve mogu imati utjecaj na rezultate prilagodbe domena niskih rezolucija (GCM) na domene visokih rezolucija (RCM) (Brands et al., 2012)
- Unutar europske domene veliki broj evaluacija RCM je provedeno u sklopu velikih projekata (*PRUDENCE*, *ENSEMBLES*) te su proučavani različiti parametri, uključujući srednje klimatološke raspodjele **temperature i oborina** (Č.Branković, I.Güttler) kao dva glavna čimbenika globalnih klimatskih promjena (Bergant et al., 2007; Jacob et al., 2007; Böhm et al., 2008; Kotlarski et al., 2005, 2014) kao i **temperature trendove** (Lorentz and Jakob, 2010) te **varijabilnosti temperature** (Fischer et al., 2012; Vidale et al., 2007)

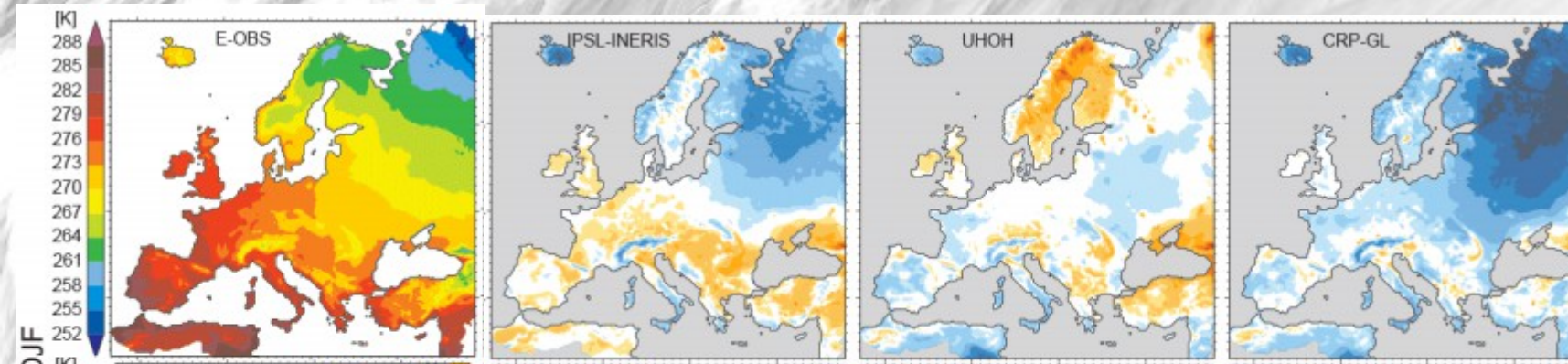
Pregled dosadašnjih istraživanja: CORDEX

- Sljedeća generacija RCM se nalazi unutar inicijative CORDEX (*Coordinated Regional Climate Downscaling Experiment*, Giorgi et al., 2009)
- Europski dio inicijative (EURO-CORDEX, Jacob et al., 2014) pruža projekcije regionalne klime za Europu s rezolucijama 12 i 50 km uključujući i ansamble regionalnih modela koji su pogonjeni različitim projekcijama globalnih modela dok mediteranski dio (MED-CORDEX) uključuje i oceansko-atmosferske modele
- Signali promjene temperature se koriste u mnogim procjenama utjecaja na klimu i mogućnost njihove reprodukcije unutar RCM je poželjna



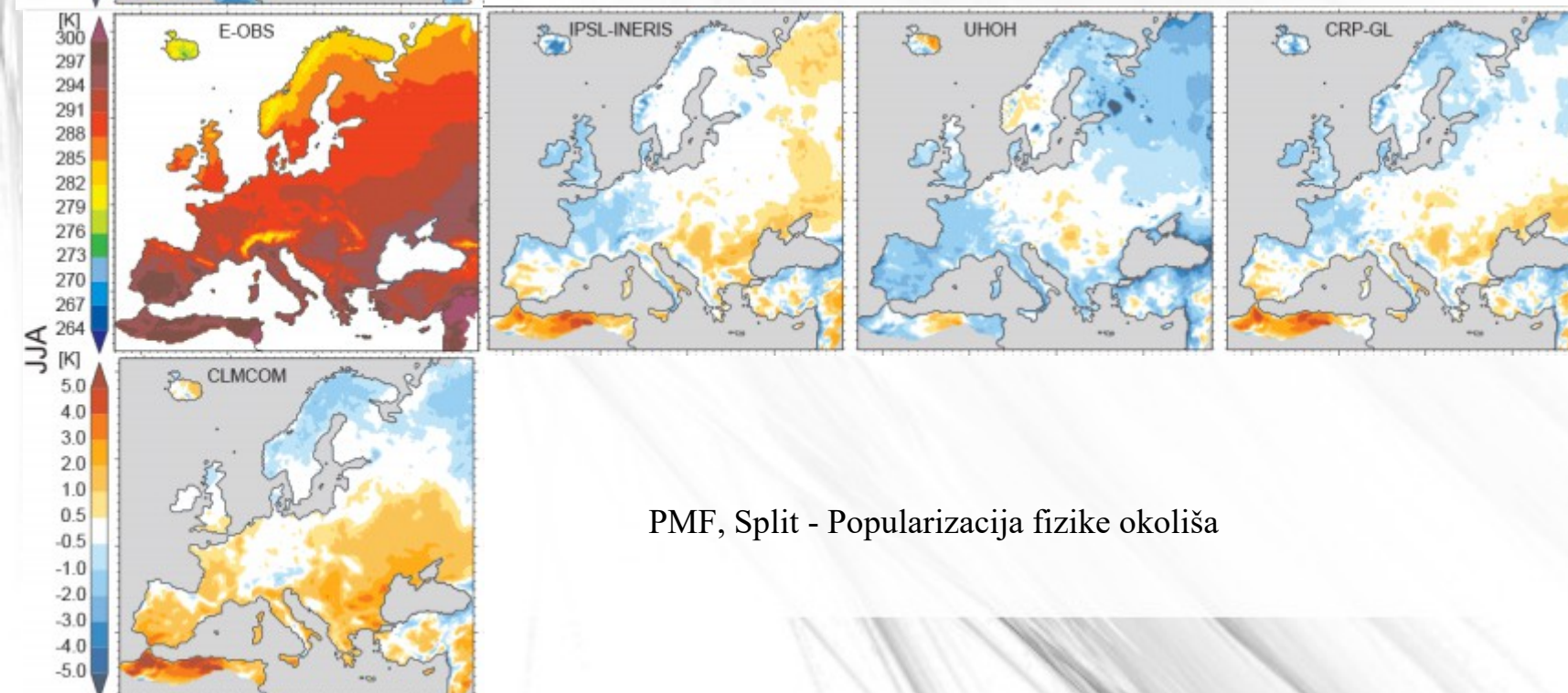
← EURO-CORDEX
domena
MED-CORDEX
domena →

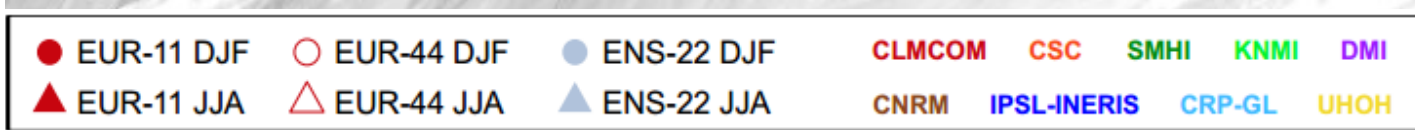
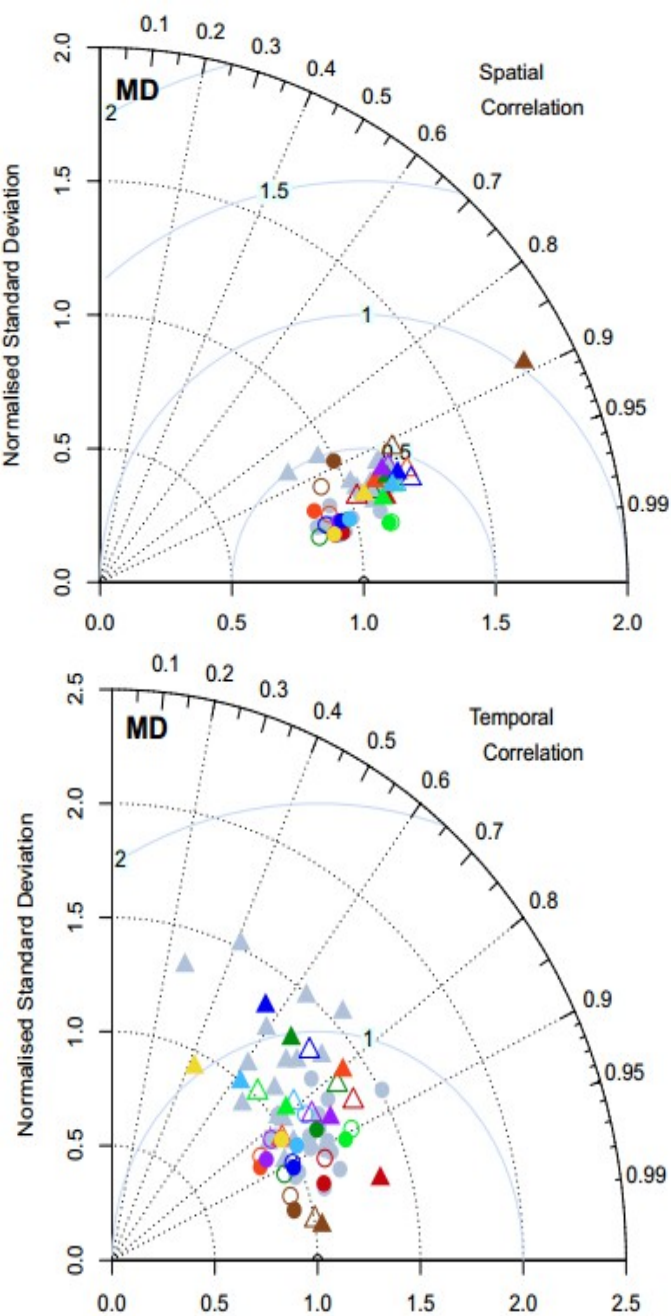




Kotlarski et al., 2014

Srednja pristranost temperature zraka za EUR-11 ansambl
(evaluacijski period 1989.-2008.)

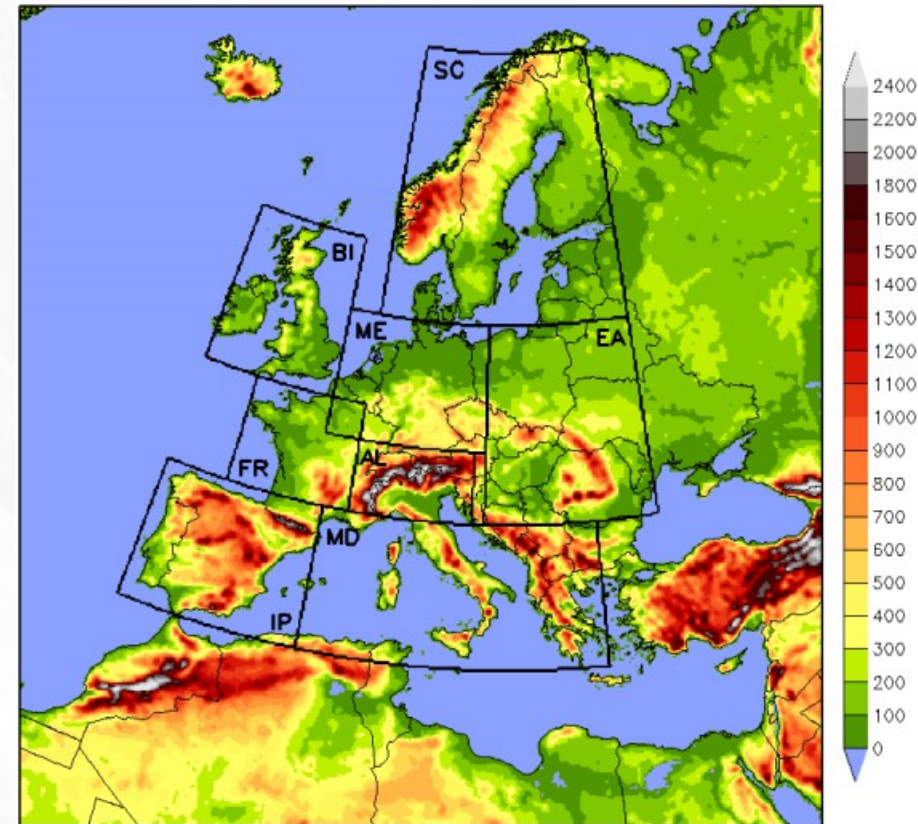




← Prostorna
varijabilnost srednje
zimske (krugovi) i
srednje ljetne (trokuti)
temperature u
mediteranskoj regiji

← Međugodišnja
vremenska
varijabilnost srednje
zimske (krugovi) i
srednje ljetne (trokuti)
temperature u
mediteranskoj regiji

Područja EURO-CORDEX
analize s pripadajućim regijama



3. svibnja 2017.

PMF, Split - Popularizacija fizike okoliša

6

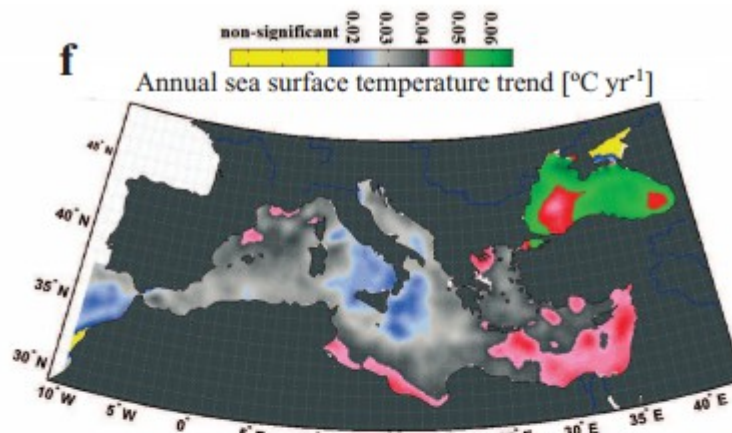
Pregled dosadašnjih istraživanja: Jadran

- Mediteran je područje jako osjetljivo na klimatske promjene (Giorgi, 2006) i Jadran također (Shaltout and Omstedt, 2014)
- Jadransko more sa svojom kompleksnom obalnom topografijom kanalizira regionalne vjetrove kao što su bura, jugo i drugi
- Sa svojih 1200 otoka, Jadran je područje gdje su prisutni jaki kontrasti između kopna i mora te gdje je jaka povezanost između kopna i atmosfere te atmosfere i mora
- Utjecaj 38 većih rijeka predstavlja značajnu komponentu za dinamičke i termodinamičke procese te je jedno od glavnih područja razrjeđivanja za Mediteran (Raicich, 1996)
- Značajne razlike u batimetriji sjevernog (plitkog) i južnog (dubokog) Jadrana te više utjecaja rijeka uzrokuje mnogo značajnih razlika u sezonskim karakteristikama temperatura zraka i mora te utjecaju na ekosustav Jadrana (Zavatarelli et al., 2000; Spillman et al., 2007)
- Interakcija Jadrana i Mediterana (Gačić 2010; Vilibić and Orlić, 2001)

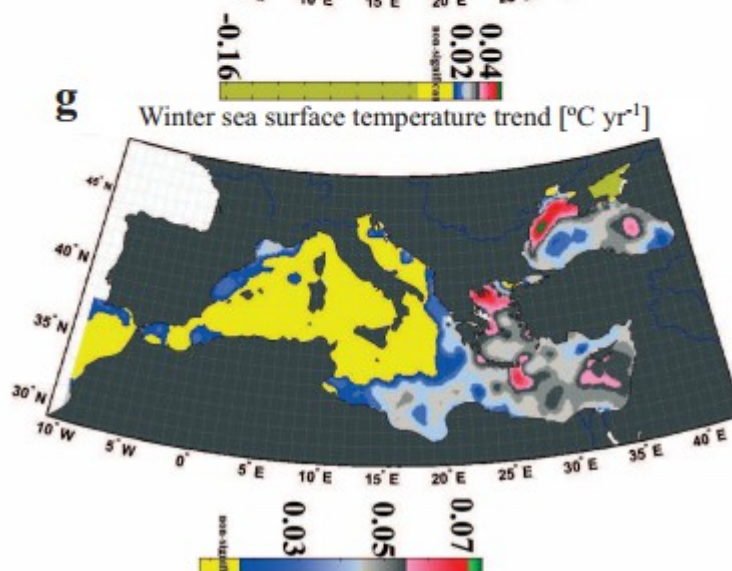
(Shaltout and Omstedt, 2014)
Trendovi u površinskoj temperaturi mora (1982.-2012.) na Mediteranu većinom pozitivni te da trendovi imaju sezonska svojstva

- porast trenda u proljetnim sezonama

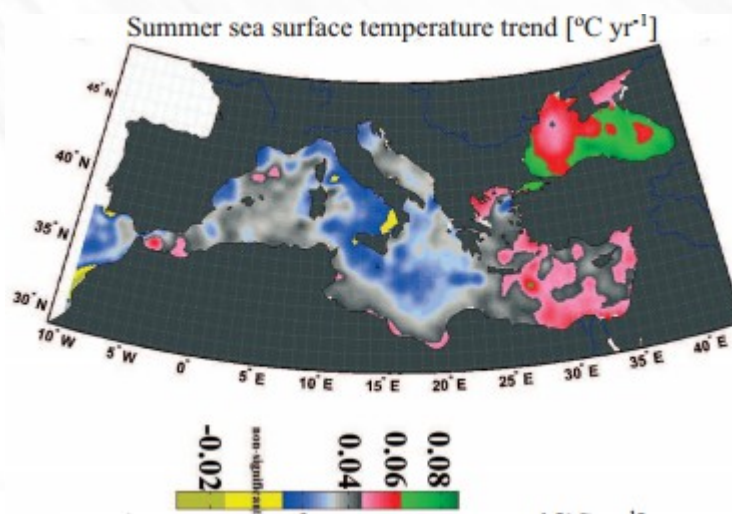
3. svibnja 2017.



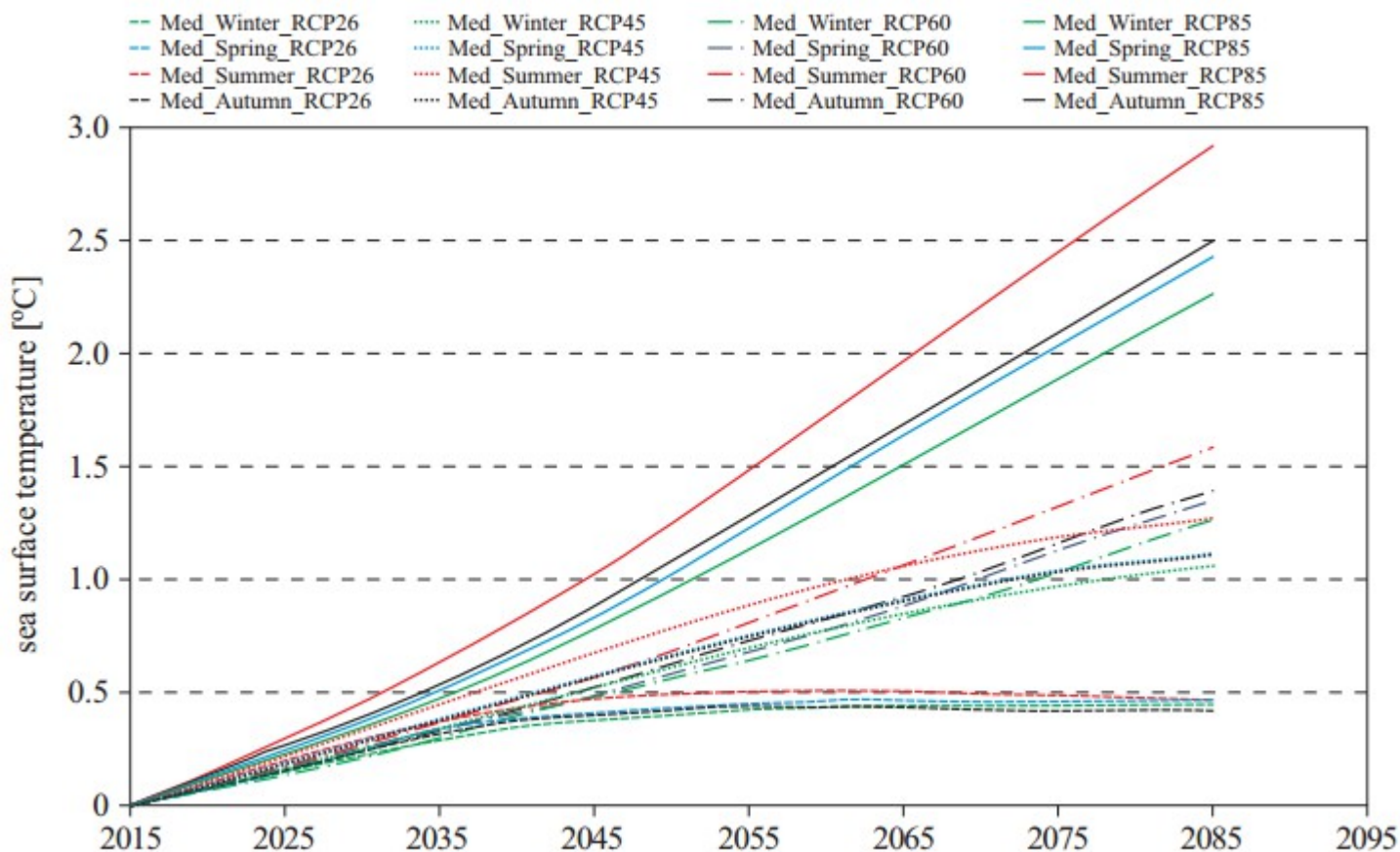
← Godišnji trend površinske temperature mora



← Zimski trend površinske temperature mora



← Ljetni trend površinske temperature mora



(Shaltout and Omstedt, 2014)

Prema rezultatima CMIP5 projekta može se očekivati da efekti emisije stakleničkih plinova imaju značajan utjecaj na razvoj trendova temperature mora

Metodologija istraživanja

- Evaluacija regionalnih klimatskih modela za atmosferu i more te procjena njihove primjenjivosti na klimu Jadrana

- **Klimatski modeli:**

- Atmosferski modeli (ansambli); povijesno (1950.-2005.), evaluacijsko (1989.-2008.) te projekcijsko (2010.-2100.) razdoblje

- EURO-CORDEX res. 0.11°*

- COSMO-CLM: klimatski model, evaluacijsko razdoblje pogonjeno ERAInterim reanalizom te projekcijsko razdoblje uključuje dva scenarija radijacijskog forsiranja (4.5 i 8.5 Wm^{-2})
 - RegCM4: klimatski model, uključuje mikrofizičke algoritme za oblake, konvekciju, atmosferski granični sloj te nehidrostatsku dinamičku jezgru
 - WRF: klimatski model, uključuje mikrofizičke algoritme za oblake, konvekciju, atmosferski granični sloj, dugovalno i kratkovalno zračenje i difuziju

- **Oceanski modeli**

- MED-CORDEX*

- HYCOM (razdoblje 1994.-2016.): dinamički model, res. $1/12^\circ$, 32 vertikalna nivoa, površinsko forsiranje uzrokovano vjetrom, tokom topline te oborinama
 - MEDSEA (razdoblje 1987.-2016.): hidrodinamički model, res. $1/16^\circ$, 72 vertikalna nivoa
 - U planu -> Uključivanje i ostalih dostupnih modela iz ove baze
 - Evaluacija uključuje statističku analizu (pristranost, prostorna korelacija, međugodišnja korelacija, Mann-Kendall test značajnosti, standardna devijacija, srednje kvadratno odstupanje, empirijske ortogonalne funkcije, spektralna analiza)

- Primjena satelitskih podataka različitih rezolucija za evaluaciju simulirane površinske temperature mora i zraka na jadranskom području

- **Satelitski podatci:**

- AVHRR ("*Advance Very High Resolution Radiometer*") res. 0.25°
(razdoblje 1981.-2016.)

Satelitski podatci koriste optimalnu interpolaciju uzimajući podatke observacija temperature mora ekstrapolirajući je iz različitih izvora

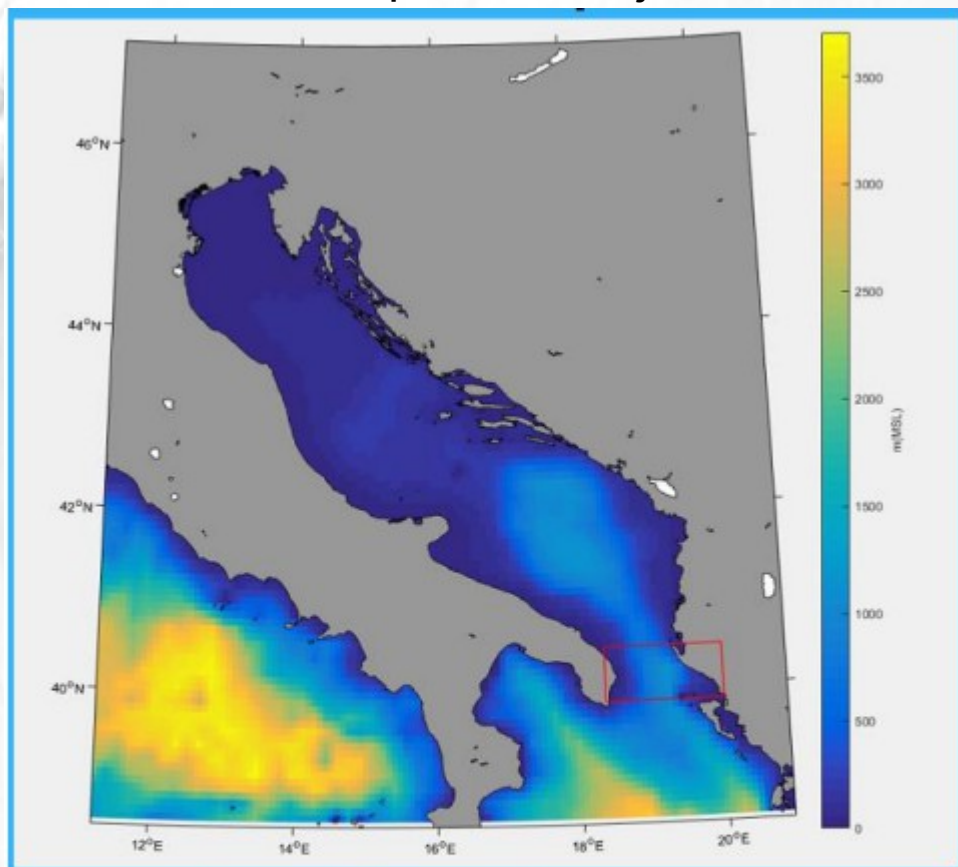
- CMC ("*Canadian Meteorological Center*") res. 0.2°
(razdoblje 1991.-2016.)

Satelitski podatci koriste temperaturu mora (TSR, ERS-1, ERS-2, NOAA, METOP-A, TMI, AMSR-E, WINDSAT) u konjukciji sa *in-situ* mjerenjima plutača i brodova iz ICOADS programa

- JPL ("*JPL Physical Oceanography*") res. 0.01°
(razdoblje 2002.-2016.)

Koristi teoriju valnih paketa kao osnovnu funkciju za optimalnu interpolaciju na globalnu mrežu

- Analiza satelitskih podataka i oceanskih modela s asimilacijom mjerenja da bi se izračunali toplinski i strujni tokovi te transport kroz Otrant



v south-north component of model velocity - MEDSEA model used for satellite data

C_p specific heat ($J \cdot kg^{-1} \cdot ^\circ C^{-1}$) - T temperature ($^\circ C$)

ρ density ($kg \cdot m^{-3}$)

S surface defined by the west-east transect and the depth

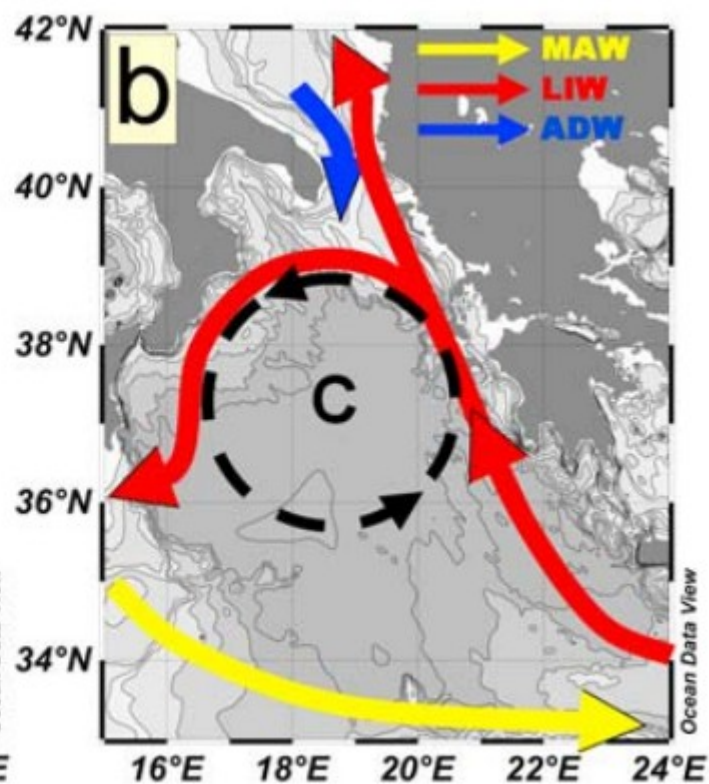
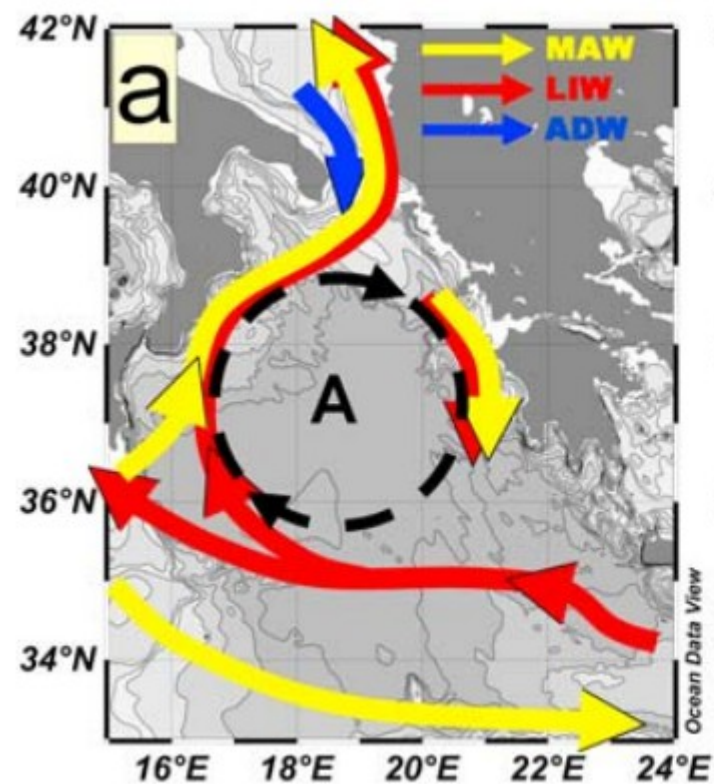
Zbog relativno male rezolucije satelita i modela površinski temperaturni tokovi i transporti će se usrednjiti oko Otranta (crveni kvadrat)

Izračun tokova koji ulaze u Jadran i izlaze iz Jadrana u svakoj točki će se vršiti (a poslije i uprosječiti):

$$F_{heat} = \rho c_p T v \left[\frac{J}{s \cdot m^2} \right]$$

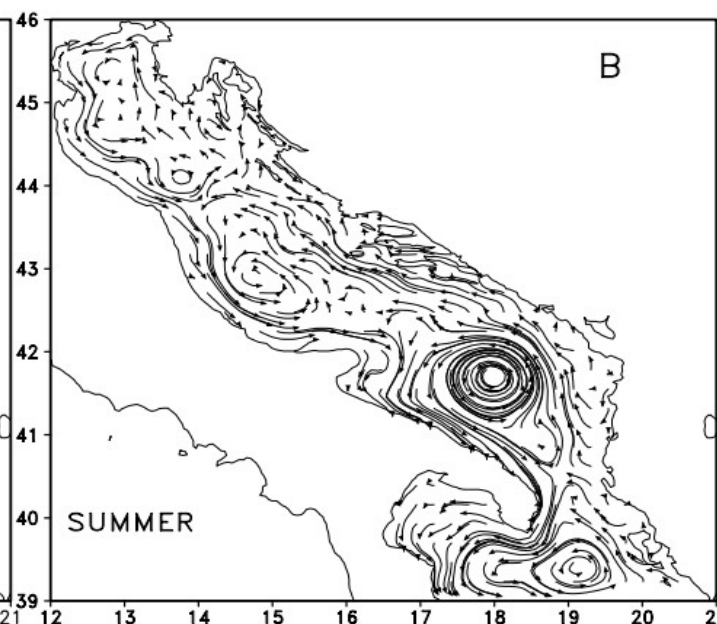
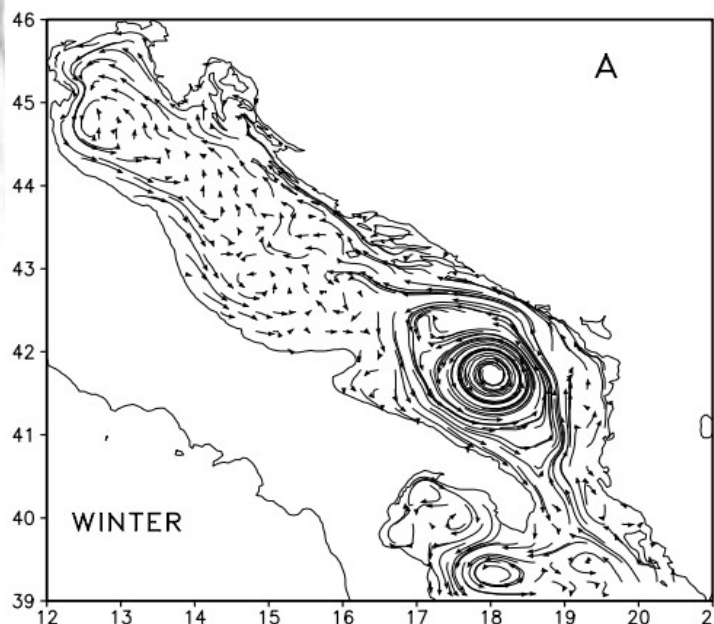
Izračun transporta za podatke modela za svaki presjek zapad-istok će se vršiti (a poslije i uprosječiti):

$$T_{heat} = \int_S \rho c_p T v ds \left[\frac{J}{s} \right]$$



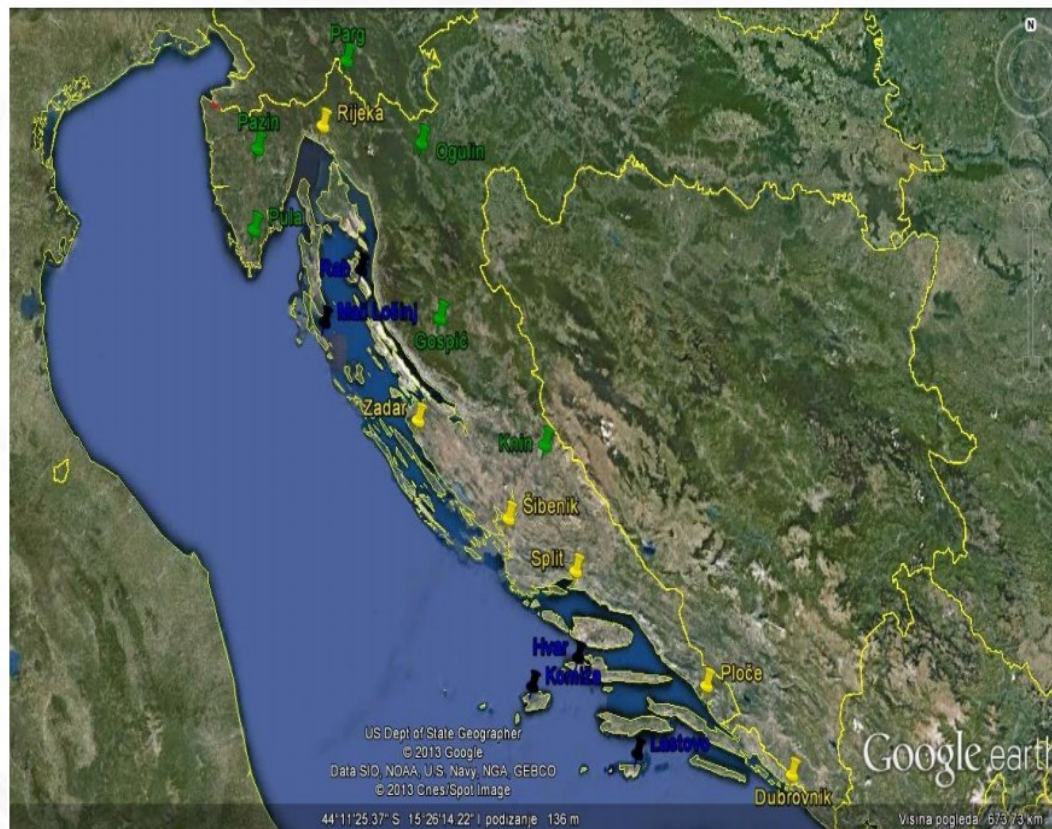
← (Gačić, 2010)
- Bimodalne oscilacije, Jonsko more

MAW - „Modified Atlantic Water“
LIW - „Levantine Intermediate Water“
ADW - „Adriatic Deep Water“



← (Zavatarelli and Pinardi, 2002)
- Sezonska strujanja na dubini od 2 m
- Površinska temperatura mora u skladu sa strujanjima (Zavatarelli and Pinardi, 2002)
- Dekadske oscilacije (Vilibić and Orlić, 2001) → EOF, Spektralna analiza

- Korištenje podataka mjerenja za utvrđivanje trendova temperatura zraka i mora na presjeku okomitom na obalnu liniju te tri pojasa (kopneni, obalni i morski)



- Integracija svih rezultata mjerenja i modeliranja da bi se odredili utjecaji globalnog i regionalnog zatopljenja u odnosu na utjecaj mediteranske vode na trendove temperatura zraka i mora na jadranskom području

Očekivani znanstveni doprinos istraživanja - zaključak

Evaluacija regionalnih klimatskih modela za atmosferu i more te procjena njihove primjenjivosti na klimu jadrana zatim razvoj metoda za analizu obalne klime korištenjem podataka mjerenja i klimatskih modela. Osnovna smjernica je objasniti neočekivano ponašanje trendova temperatura zraka i mora na jadranskom području te razlučiti utjecaj globalnog i regionalnog zatopljenja u odnosu na interakcije Jadrana i mediteranske vode na razvoj trendova temperatura zraka i mora.

Hvala na pažnji!