

KOLIKO NAM SE MENJA KLIMA, KAKVA ĆE BITI NAŠA BUDUĆA KLIMA?

TIHOMIR POPOVIĆ, ELIZABETA RADULOVIĆ, MILENKO JOVANOVIĆ
Ministarstvo nauke i zaštite životne sredine, Agencija za zaštitu životne sredine

Abstract: Rad sadrži kratke opise klimatskog sistema, efekta staklene bašte i pojavu globalnog zagrevanja. Date su glavne odlike klime Srbije. Navode se izvodi iz domaćih istraživanja tendencija osnovnih klimatskih elemenata i nekih posledica. Prezentuju se dopunjeni i novi rezultati. U radu su prikazani rezultati analiza tendencija godišnjih temperatura vazduha i godišnjih količina padavina na području Srbije i SCG u periodu 1951-2000. Tendencije su predstavljene kliznim trendom za Srbiju, a prikazana je teritorijalna raspodela trendova. Rad sadrži i hod normalizovanih odstupanja godišnjih temperatura i padavina za područje Srbije i SCG. Iz procene promene klime na globalnom i regionalnom nivou po scenarijima IPCC SRES A2 i B2, data je procena promene klime na našem području.

Ključne reči: Klima, efekat staklene bašte, globalno zagrevanje, normalizovano odstupanje, trend, procena promene klime

1. UVOD

Za razliku od susednih planeta na planeti Zemlji postoje i opstaju oblici živog sveta. To su dozvolili prirodni uslovi. Osnovni prirodni resurs je klima. Klima je "proizvod" klimatskog sistema. Klimatski sistem je složen dinamički sistem koga čine atmosfera, hidrosfera, biosfera, kriosfera i njihove međusobne interakcije. Klima je bazični prirodni resurs i stoga ima dominantan uticaj na eko sisteme kao i stanje i razvoj društva i ljudske civilizacije uopšte.

Klima se, pojednostavljeno, može posmatrati kao prosek stanja vremena za određeni vremenski period, uključujući verovatnoću raspodele iz tih srednjaka, ekstremne vrednosti i dr. Period 1961-1990. je period poslednje standardne klimatološke normale.

Temperatura i padavine su najvažniji klimatski elementi. Prosečna temperatura planete Zemlje je oko 15 °C. Zasluga za takvu prosečnu temperaturu planete pripada efektu staklene bašte. Efektom staklene bašte se naziva **prirodan proces** vraćanja dela dugotalasnog zračenja Zemlje na njenu površinu. Radi održavanja radijacionog balansa Zemlja emituje dugotalasno zračenje u atmosferu i dalje u vasionu. Pojedini gasovi (vodena para, ugljen dioksid, azotsuboksid, metan) imaju sposobnost da zemljino dugotalasno zračenje apsorbuju i da potom deo emituju u vasionu a deo vrata prema zemljinoj površini. Čovek ne može direktno upravljati procesima u klimatskom sistemu i tako uticati na klimu. Nagli rast atmosferske koncentracije gasova staklene bašte u prethodnom stoleću, uzrokovan ljudskim aktivnostima, doveo je do narušavanja energetskog bilansa atmosfere i njenog zagrevanja u globalnim razmerama.

2. GLAVNE ODLIKE KLIME SRBIJE

Preovlađujući deo Srbije ima umereno kontinentalnu klimu, dok planinski delovi iznad 1000m nadmorske visine imaju kontinentalnu klimu, po Torntvajtovoj klasifikaciji veći deo Srbije ima subhumudnu (malo vlažnu) klimu, a neka područja na jugozapadu i zapadu imaju humidnu (vlažnu) klimu [1].

TEMPERATURA VAZDUHA Prosečna godišnja temperatura vazduha, za teritoriju Republike Srbije, po podacima iz perioda 1961-1990. iznosi 10.1 °C . Po podacima sa Glavnih meteoroloških stanica ona se nalazi u intervalu od 3.0°C; Kopaonik, (1710m), do 11.9 °C, Beograd, (132m.).Najhladniji mesec je januar. Prosečna vrednost za Srbiju je -1.3°C ; od -6.0°C na Kopaoniku do 0.4 °C u Beogradu. Najtopliji mesec je juli, sa prosekom za Srbiju 19.9°C; minimalnu julsku temperaturu u Srbiji ima Kopaonik 11.6 °C, a maksimalnu Prizren 22.2 °C.

Godišnje kolebanje temperature (razlika između najhladijeg i najtoplijeg meseca) u Srbiji 22°C. Ono je veće na severu nego na jugozapadu. Apsolutni ekstremi izmerenih vrednosti temperature vazduha u Srbiji su u intervalu od -38°C (Sjenica) do 44°C (Kraljevo).

PADAVINE Normalna, prosečna, količina godišnjih suma padavina, za teritoriju Republike Srbije, po podacima iz perioda 1961-1990 iznosi 734 mm.

Okolina Kikinde i severoistočni deo Srbije imaju najmanje godišnje sume padavina, od 535 do 550 litara po m². Središnji i severni delovi Vojvodine, delovi Kosova i dolina Jablanice imaju godišnje sume padavina do 600mm. Dolina Velike Morave, Donje Podunavlje, Posavina, kao i veći deo Jugoistočne Srbije, Kosova i oblasti Raške imaju godišnje količine padavina manje do 650 mm. Navedena područja razdvajaju tri oblasti sa većim godišnjim količinama padavina od 650mm. U području Homoljskih planina i Istočnoj Srbiji, kao i na samom jugoistoku Srbije iznos godišnjih količina padavina raste sa povećanjem nadmorske visine. Na širem području Crnog Vrh, između Bora i Žagubice, godišnje sume su između 800 i 850mm. Na jugozapadu Srbije registruju se godišnje sume do 800 mm.

3. PROMENA KLIME U SRBIJI

Klimatski elementi imaju prirodnu varijabilnost o čijem iznosu se zaključuje direktno, iz rezultata meteoroloških merenja, kao i indirektno primenom više metoda. Kada se na prirodnu varijabilnost superponiraju posledice promena sastava atmosfere govorimo o promeni klime. Promene ne nastaju naglo, njihov tok se dobro može predstaviti trendovima osnovnih klimatskih elemenata.

Analizi tendencija osnovnih klimatskih elemenata kod nas veća pažnja se posvećuje tek početkom devedesetih godina prošlog veka. U okviru tih istraživanja urađeno je više analiza osnovnih klimatskih elemenata u periodu 1931-1990. godina. Početna, [2], ukazuju na promene u prostornoj raspodeli normalnih godišnjih količina padavina za period 1961-1990 u odnosu na period 1931-1960. Promene, preciznije smanjenje godišnjih količina padavina, javljaju se u područjima sa godišnjim prosekom ispod 800mm a posebno su izražene u oblastima sa prosečnim padavinama ispod 650mm. U istom periodu, 1961-1990, najveće oscilacije godišnjih količina padavina registruju se u istočnoj Vojvodini, Šumadiji, Pomoravlju, Stigu i Negotinskoj Krajini. Deficit padavina posle 1980 na području SRJ je veoma izražen. Prva procena promene klime na našem području, [3] i kasnije analize ukazuju na opravdanu zabrinutost za našu buduću klimu [4].

2.1. Trend temperature u Srbiji

Trend kao mera tendencije vrednosti, kako po znaku tako i po intenzitetu, može zavistiti od dužine niza podataka, a unutar jednog dužeg niza i od izbora perioda. Da bi se eliminisale eventualne nedoumice zbog navedenih razloga određen je i grafički prezentovan klizni trend. Primenjujući proceduru kao u [5] počev od 1951. godine

određivan je trend vrednosti za podnizove različite dužine. Rezultati su prikazani grafički, Sl. 1.

Prikaz ukazuje da trend vrednosti niza podataka godišnje temperature vazduha za Srbiju, dužine 50 godina, a koji se završava 2000, ima pozitivnu vrednost. Intenzitet mu je između 0.2 i 0.5 °C za 100 godina. Sa skraćivanjem niza podataka, koji se završava 2000. intenzitet trenda raste. Po trendu vrednosti podataka u poslednjih 35 godina, 1966–2000, godišnja temperatura vazduha za područje Srbije se povećavala intenzitetom od 1 °C za 100 godina. Kraći periodi imaju veće pozitivne vrednosti, što praktično znači da se otoplavanje, na godišnjem nivou intenziviralo poslednjih decenija.

Treba primetiti postojanje perioda sa dominantnim negativnim i dominantnim pozitivnim trendom godišnje temperature vazduha u Srbiji. Dominacija negativnog trenda godišnje temperature vazduha u Srbiji prestaje 1981. godine. Od 1982. detektuju se pozitivni trendovi, prvo kraćih nizova a kasnije sve dužih. Isti znak trenda se održava i na kraju raspoloživog niza podataka, 1951–2004.

To praktično znači da je od 1982 započeo rast godišnje temperature u Srbiji koji i dalje traje.

Znak, intenzitet i teritorijalna raspodela trenda godišnjih temperatura vazduha na području Srbije, po podacima iz perioda 1951-2004 i 1991-2004, prikazani su na Sl. 3.

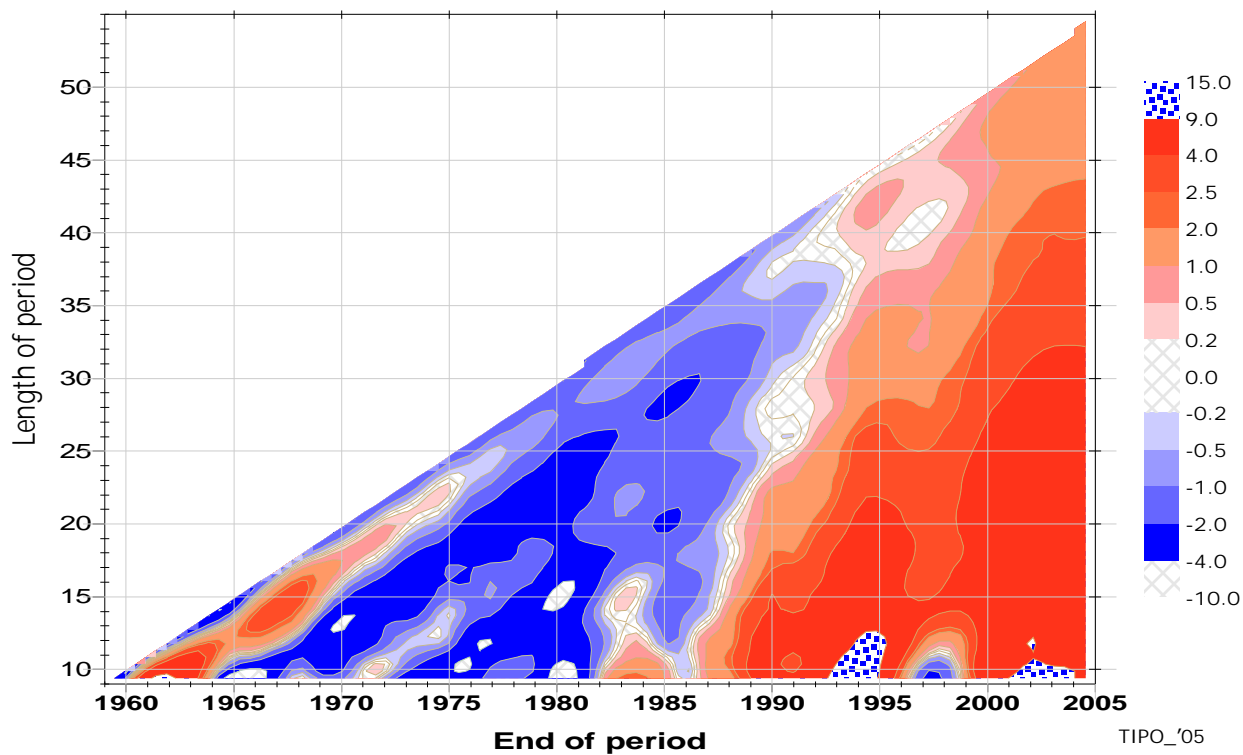
2.2. Trend padavina u Srbiji

Vrednosti kliznog trenda godišnjih suma padavina, osrednjenih (po površini) za područje Srbije, grafički su prikazane na Sl. 2.

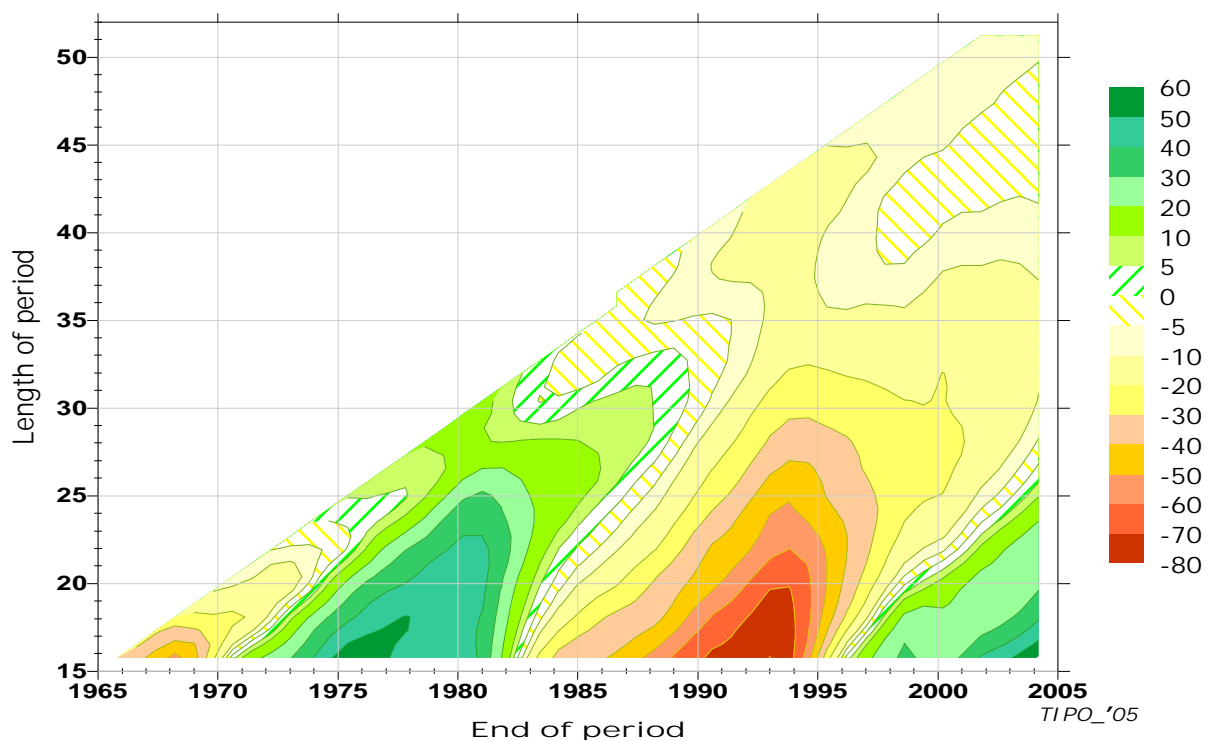
Trend vrednosti celog niza podataka, na apscisi 2004, za vrednost na ordinati 52 godine, pokazuju da su godišnje sume padavina u Srbiji poslednjih 52 godine imale tendenciju opadanja. Intenzitet smanjivanja je 10 % normale za 50 godina. Sa smanjenjem dužine posmatranog niza intenzitet redukcije godišnjih suma padavina raste, dostižući maksimum po podacima iz poslednjih 35 i 30 godina. Nakon toga negativan trend slabi po intenzitetu i nestaje. Kod nizova kraćih od 25 godina imamo pozitivne tendencije vrednosti godišnjih suma padavina. Tumačenja kliznog trenda koji se završava u drugim godinama je analogno. Recimo, trend vrednosti godišnjih suma padavina svih nizova koji se završavaju sa 1990. je negativan i td.

Vredi zapaziti poklapanje perioda preovlađujućih negativnih vrednosti trenda godišnjih padavina sa periodom preovlađujućih pozitivnih vrednosti trenda godišnjih temperatura vazduha. Praktično je, u srednjem, u Srbiji početak perioda rasta temperature vazduha praćen periodom redukcije godišnjih suma padavina.

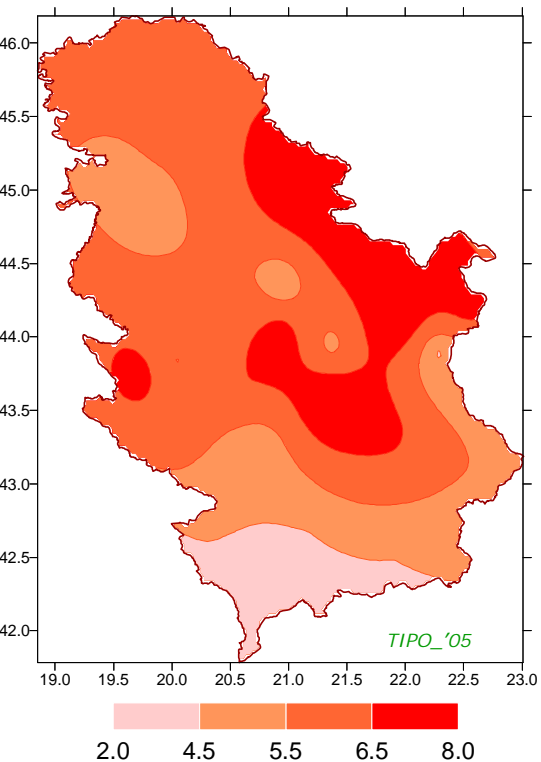
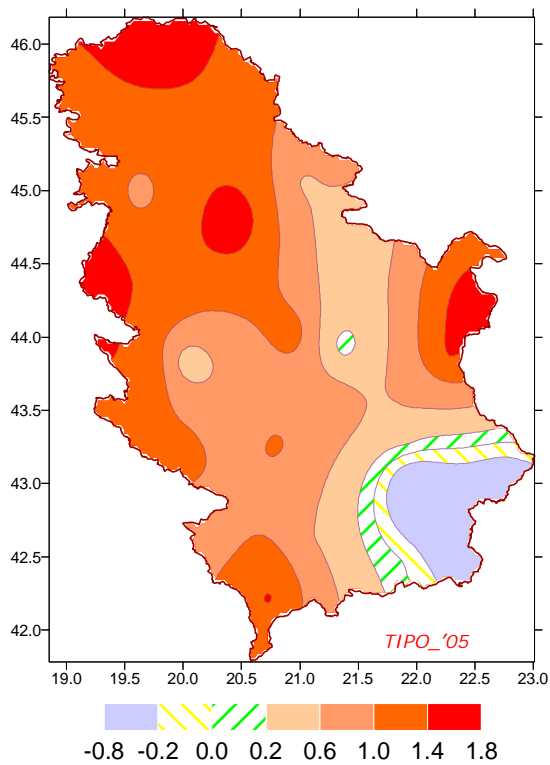
Znak, intenzitet i teritorijalna raspodela trenda godišnjih suma padavina na području Srbije, po podacima iz perioda 1951-2004 i 1991-2004, prikazani su na Sl. 4.



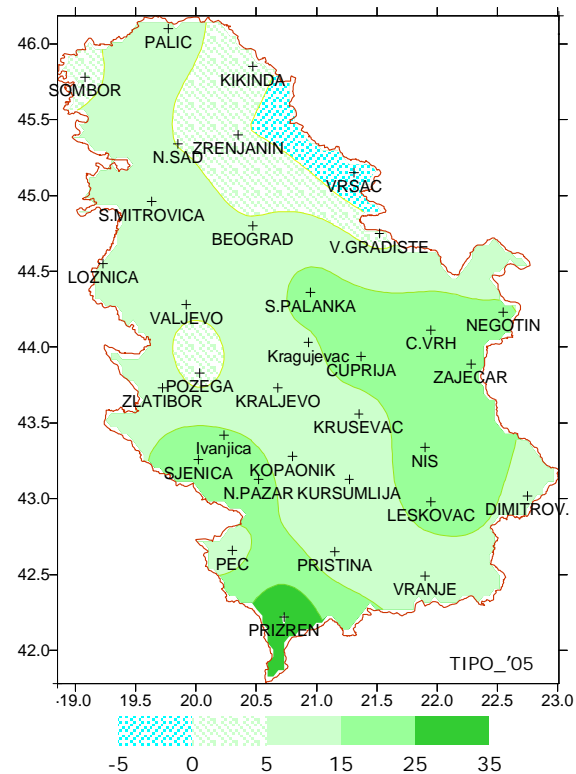
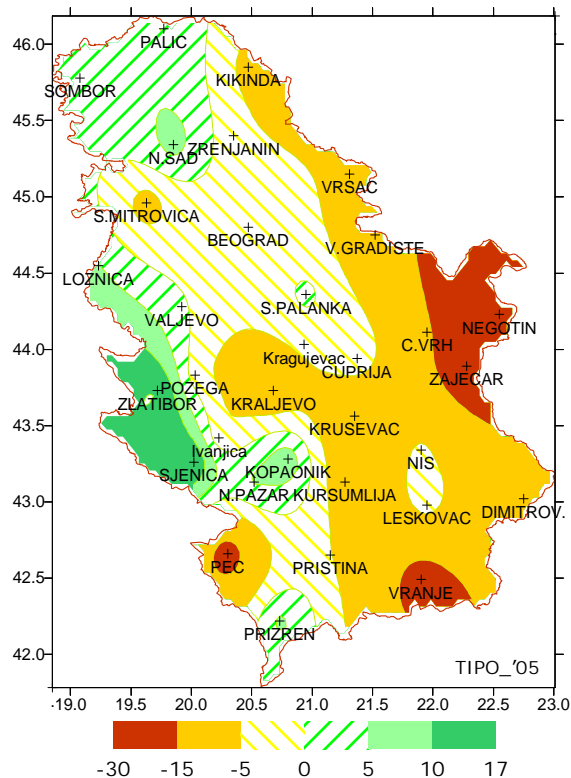
Slika 1. Klizni trend godišnje temperature vazduha, °C /100 godina, za područje Srbije, period 1951–2004.



Slika 2. Klizni trend godišnjih suma padavina, u % normale 1961–1990 za 50 godina, za područje Srbije, period 1951–2004.



Slika 3. Trend godišnje temperature vazduha, °C za 100 godina, na području Srbije;
Gore - period 1951-2004,
Dole - period 1991-2004.

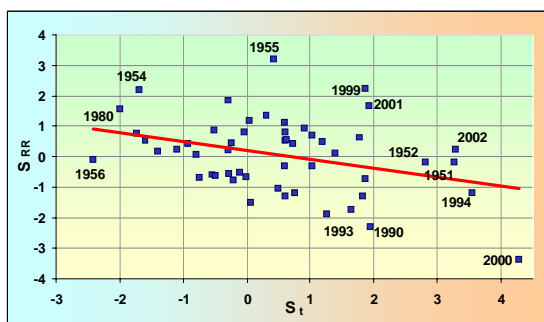


Slika 4. Trend godišnjih padavina u Srbiji;
Gore - 1951-2000, u % N1961-1990 za 50 god.
Dole - 1991-2001, u % N1961-1990 za 10 god.

4. JESMO LI VEĆ UŠLI U KLIMATSKU BUDUĆNOST ?

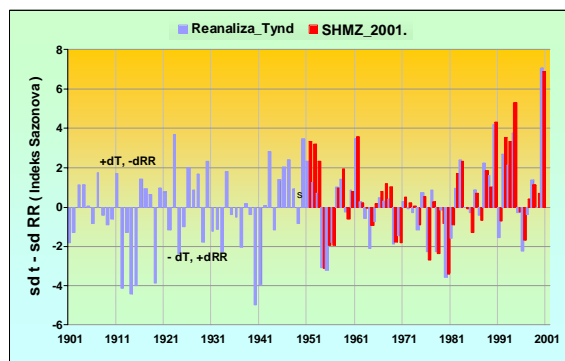
Analize meteoroloških podataka iz perioda 1951-2000., ukazuju da godišnja temperatura poslednjih godina i decenija zadržava kontinuirani rast, a da su kod padavina prisutne oscilacije sa češćom pojavom deficita. Kako izgleda istorijski hod ova dva najvažnija klimatska elementa, posmatrana istovremeno preko svojih normalizovanih odstupanja, [6] , prikazano je na Sl. 5 i Sl. 6.

Na apscisi su normalizovana odstupanja godišnjih temperatura vazduha za područje Srbije, a na ordinati normalizovana odstupanja godišnjih količina padavina. Godine u granicama normale su grupisane u delu polja oivičenog vrednostima -1 i $+1$ po obe ose. Godine koje su znatno izvan ove oblasti su ili kišne, sušne ili hladne, tople. Može se primetiti da je znatan broj godina koje su toplije od normale neka od skorašnjih prethodnih godina. Pri tom one mogu da budu i veoma sušne, karakteristična je 2000, ekstremno topla i ekstremno sušna. Ako se za sve prezentovane vrednosti odredi i označi linearna zavisnost, mada je takva veza daleko složenija, dobija se opadajuća prava. Njeno tumačenje bi se sastojalo u objašnjenju da nam obrađeni podaci govore o porastu godišnje temperature i opadanju vrednosti godišnjih količina padavina. Da li je to pravac ka nekim novim normalnim klimatskim uslovima na našem području ? Značaj poslednjih decenija prošlog veka, u odnosu na ceo protekli vek, se može jasno uvideti iz analize čiji su rezultati prikazani na Sl. 6. Hod vrednosti kombinovanog indeksa [7] koji efektivno razdvaja tople i suve godine od hladnih i vlažnih, ukazuje da su učestale toplije i suve godine u Srbiji.



Slika 5. Tendencije ka novim klimatskim normalama u Srbiji

Na osnovu podataka za ceo protekli vek, dobijenih reanalizom [8], možemo zaključiti da je period na kraju prošlog veka bio ubedljivo najtoliji sa deficitom padavina u odnosu na normalu 1961-1990. Rezultat ovakve analize je u saglasnosti sa zaključkom iz [4]. Po pokazateljima klimatoloških statistika za period 1951-2000, prosečna temperatura za područje Srbije je prevazišla opseg normalnih vrednosti. Imajući i druge činjenice u vidu, naša klimatska budućnost je počela.

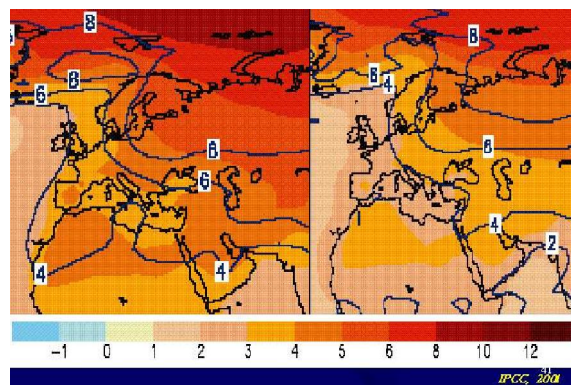


Slika 6. Češće tople i suve godine u Srbiji

5. NAŠA BUDUĆA KLIMA

Iako smo početak klimatske budućnosti iskusili, njene zrele faze procenjujemo na osnovu rezultata numeričkog modeliranja. Tako ćemo raditi dok se ne shvati strateška važnost regionalnog klimatskog modeliranja i baziranja strategija na dobijenim rezultatima..

Procene [9] u blažoj varijanti, scenario SRES B2, za naše područje, do kraja ovog veka, daju povećanje godišnje temperature vazduha od čak 4°C . Zabrinuta Evropa je procenila vrednost "održivog" porasta godišnje temperature na 2°C . I sama se plaši da će ova vrednost biti prevaziđena sredinom veka, [10].



Slika 7. Procena porasta temperature do kraja veka u Evropi, IPCC 2001.

Za razliku od temperature, čiji se rast očekuje u celoj Evropi, promene padavina su složenije. Ipak, postoji izražena saglasnost u procenama da će doći do smanjenja letnjih padavina u području Mediterana, [10], Sl. 8. Po ovakvim procenama neka naša područja će tokom leta imati manje padavina i za 20%. Težinu ovog gubitka možemo sagledati kroz podsećanje da i sada mnoge poljoprivredne kulture puno zavise od raspodele padavina unutar vegetacione sezone. Procene promene temperature i padavina do kraja ovog veka za područje SCG, [8], po neekološkom scenariju SRES A2, ekološkom scenariju SRES B2, izvedene različitim modelima prikazane su na Sl. 9.

