

ЈЕЛЕНА ЛУКОВИЋ\*  
ПРЕДРАГ МАНОЈЛОВИЋ  
САЊА МУСТАФИЋ

### ПРОМЕНЕ ТЕМПЕРАТУРЕ ВАЗДУХА НА ОСНОВУ САТЕЛИТСКИХ ОСМАТРАЊА У СРБИЈИ И СВЕТУ

**Abstract:** In this paper the air temperature changes have been investigated on the base of satellite measurement, in the period from 1979 until 2006. The analysis has shown that there is no temperature amplification with altitude. Data for Serbia have shown negative trend of temperature in the last 20 years of the investigated period. Although it is not statistically significant, the sign is not in accordance with the increasing CO<sub>2</sub> concentration. This may mean that the sign of satellite temperature doesn't support hypothesis about domination of anthropogenic greenhouse effects.

**Key words:** air temperature, satellite measurement, world, Serbia

**Садржај:** У раду је анализирана промена температуре ваздуха у Србији и свету, на основу података сателитских осматрања, у периоду од 1979. до 2006. године. Анализа тренда је показала да нема амплификације тренда пораста температуре са висином. Анализа за Србију показала је у последњих 20 година у посматраном периоду од 1987. до 2006. године негативан, тренд температуре ваздуха. Иако статистички несигнификантан, знак тренда није сагласан са растућом концентрацијом антропогеног CO<sub>2</sub>. То би значило да знак промена сателитских температура ваздуха у посматраном периоду није у складу са очекивањем, у условима доминације антропогеног ефекта стаклене баште.

**Кључне речи:** температура ваздуха, сателитска осматрања, свет, Србија

### Увод

У складу са повећаним интересовањем научне јавности за климатске промене и колебања последњих деценија, све је више радова и студија које имају за циљ да утврде у којој мери она у вези са евентуалним антропогеним утицајима.

Међувладин панел за климатске промене (IPCC) је неколико пута давао своје процене могућег утицаја људских активности, пре свега, емисије CO<sub>2</sub> на температуру ваздуха и друге климатске елементе. Према проценама из 2007. године температура ваздуха до краја овог века, под условом да се настави антропогена емисија CO<sub>2</sub> могла би да порасте између 2°C и 4.5°C (IPCC, 2007).

---

\* мр Јелена Луковић, истраживач приправник, Универзитет у Београду – географски факултет, Студентски трг 3/3, Београд, [jelenalu@yahoo.com](mailto:jelenalu@yahoo.com)

др Предраг Манојловић, редовни професор, Универзитет у Београду – географски факултет, Студентски трг 3/3, Београд, [pca@gef.bg.ac.rs](mailto:pca@gef.bg.ac.rs)

мр Сања Мустафић, асистент, Универзитет у Београду – географски факултет, Студентски трг 3/3, Београд

Рад представља резултате истраживања пројекта 146005 које финансира Министарство науке и технолошког развоја Републике Србије.

То би значило да, ако доминира антропогени утицај у колебањима глобалне температуре, онда је за очекивати и да он има одређене законитости у просторном распореду. Manabe и Stouffer (1980) су први увели термин "поларна амплификација" како би описали интензификацију загревања на половима у поређењу са остатком планете као одговор на раст концентрације "стакленичких" гасова. Упрошћен модел који су користили показивао је грубу симетрију амплификације загревања према половима. Оба пола су показивала већи пораст температуре него умерене и екваторијалне ширине.

Полазећи од свега изнетог, покушали смо да испитамо да ли у периоду сателитских осматрања (1979-2006), за који IPCC износи тврдњу о присутности антропогеног утицаја на температуру ваздуха, географски распоред тренда температуре ваздуха на основу UAHMSU сателитских података, у свету, Европи и Србији, то потврђује.

### База података и методологија истраживања

За анализу промена температуре ваздуха коришћени су подаци сателитских осматрања-UAHMSU<sup>†</sup> за период од 1979. до 2006., за простор између 17.5-22.5°E и 42.5-47.5°N у коме се налази Србија, затим за Европу између -10-45°E и 35-70°N, као и за свет по појасевима од по 10° географске ширине. Сателитски подаци NASA су обрађени на Универзитету Алабама у Хантсвилу, и доступни су на интернету<sup>‡</sup>. Ови подаци се, за разлику од приземних на GHCN<sup>§</sup>, односе на слој тропосфере у првих 8 km висине.

Они просторно покривају готово целу планету и доступни су као "гридови" (сегменти) од по 2.5° географске ширине и географске дужине. Временски су ограничени почетком сателитских осматрања 1979. године (Christy et al., 2000).

У раду су коришћене просечне годишње вредности одступања температуре ваздуха у односу на референтни период од 1979. до 1998. године.

Наиме, и поред релативно кратког периода осматрања, они се односе на целу планету што је од суштинског значаја за ову врсту истраживања, посебно имајући у виду да у том периоду постоји сумња на растући антропогени утицај на глобалну климу.

Ради прецизнијег сагледавања промена температуре ваздуха, извршени су прорачуни линеарног тренда и његове значајности (сигнификантности). За проверу статистичке значајности вредности тренда коришћен је  $F$  тест, који се користи за одређивање статистичке сигнификантности регресионих модела. Уколико је  $F$  вредност коју смо добили прорачуном већа од  $F$  вредности која је дата у табlici онда се једначина линеарне регресије сматра статистички различитом од нуле односно, статистички значајном.

За одређивање статистичког значаја прорачунатих линеарних трендова користили смо и  $t$  тест. На основу укупног броја елемената умањеног за 2 ( $n-2$  степени слободe) и коефицијента детерминације ( $R^2$ ) примењена је следећа формула:

$$t = R \sqrt{\frac{n-2}{1-R^2}}$$

Врло често се због изоловања везе коју испитујемо, односно пречишћавања везе између варијабли од различитих „шумова“ (нпр. нехомогеност података) у

<sup>†</sup> UAHMSU-University of Alabama in Huntsville Microwave Sounding Units

<sup>‡</sup> <http://www.co2science.org/scripts/CO2ScienceB2C/data/temperatures/msu.jsp>

<sup>§</sup> GHCN-Global Historical Climate Network-Глобална мрежа климатолошких станица

климатолошким истраживањима прибегава агрегирању података (просторном и временском). У конкретном случају су на основу одступања температуре ваздуха за простор Србије рачунате њихове пентадне вредности.

Просторну анализу и приказ размештаја тренда температуре ваздуха омогућила је примена програма Global Mapper. Како су сателитски подаци за температуру ваздуха дати за гридове од по 2.5° географске ширине и географске дужине, било је битно сачувати односе површина (поља координатне мреже), те је коришћена Ламбертова еквивалентна азимутна пројекција, у којој је карта и приказана. Тиме је посебно потенциран географски карактер истраживања који је садржан у истовременој анализи временских низова и просторне дистрибуције параметара.

### Резултати истраживања и дискусија

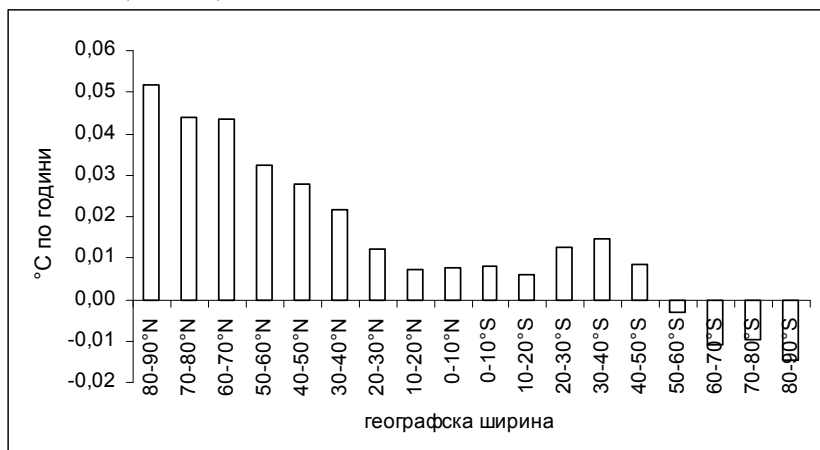
У раду је најпре издвојено 18 појасева од по 10° географске ширине за целу планету, идући од севера ка југу, а такође је дата површина сваког од њих (табела 1). За сваки појас појединачно смо израчунали годишњи линеарни тренд температуре ваздуха за период сателитских осматрања од 1979. до 2006. године.

Важно је напоменути да за наше истраживање, детаљна анализа тренда температуре ваздуха на планети, по гридовима није имала значаја. Пре свега, због тога што је у питању велики простор, као и велика варијабилност евентуалних резултата, а то не доприноси проучавању Србије у контексту глобалних промена климе, што је основна тема рада.

Табела 1. Промене годишњег линеарног тренда температуре ваздуха по појасевима од 1979. до 2006. MSU

Географска ширина	Површина (мл. km <sup>2</sup> )	Тренд температуре год. (°C)
80-90° N	3.9	0.0519
70-80°N	11.6	0.0438
60-70°N	18.9	0.0436
50-60°N	25.6	0.0325
40-50°N	31.5	0.0277
30-40°N	36.3	0.0217
20-30°N	40.2	0.0122
10-20°N	42.8	0.0073
0-10°N	44.1	0.0076
0-10°S	44.1	0.0082
10-20°S	42.6	0.0062
20-30°S	40.2	0.0126
30-40°S	36.4	0.0147
40-50°S	31.5	0.0086
50-60°S	25.6	-0.0031
60-70°S	18.9	-0.0109
70-80°S	11.5	-0.0099
80-90°S	3.9	-0.0148
Планета	509.6	0.0130

У периоду који смо посматрали од 1979. до 2006., на основу поузданих сателитских мерења, оно што је најочљивије на графикону (графикон 1), то је пад температуре на јужној хемисфери јужно од појаса од 50-60°S, све до саме јужне поларне области (80-90°S).



Графикон 1. Промене годишњег линеарног тренда температуре ваздуха по појасевима

Comiso (2000) је анализирао податке температуре ваздуха на Антарктику, прикупљене са 21 метеоролошке станице као и вредности сателитских осматрања, од 1979. Он је нашао да се за цео Антарктик температура снижавала за између 0.08°C и 0.42°C по декади. У студији, коју су дали Thompson и Solomon (2002), такође је запажено снижавање температуре у унутрашњости Антарктика.

Слично су уочили и Doran et al. (2002) који су истраживали трендове температуре ваздуха у McMurdo сувим долинама на Антарктику за период од 1986. до 2000. и регистровали захлађење од 0.7°C по декади. Они истичу да: "драматична стопа негативног тренда одражава дугорочно континентално захлађење на Антарктику у периоду између 1966. и 2000". Аутори даље наводе да се 14-огодишње снижавање температуре јавља у лето и јесен као и 35-огодишње захлађење читавог континента (изузев тзв. сувих долина) које је такође у лето и јесен.

Најновији подаци показују да ни у много дужим периодима на Антарктику није присутна поларна амплификација температуре (Schneider et al., 2006). Наиме, аутори су на основу палеоклиматских метода са високом степеном поузданости реконструисали промене температуре на Антарктику за последњих 200 година. Они тврде да: "су температуре ваздуха на Антарктику почетком XIX века биле једнако високе као 30-их и 40-их година прошлог века, као и крајем 80-их и 90-их година XX века". Укупни пораст температуре, по њима, од краја XIX века износи свега 0.2°C, што је значајно мање од 0.7°C за целу јужну хемисферу, како смо раније навели. Добијени резултати нашег истраживања као и резултати других аутора указују на то да у периоду глобалног отопљавања, поларне амплификације на јужној хемисфери није било.

У том смислу, и неки алармантне варијанте промена масе леда на Антарктику и повишењу нивоа океана не стоје. У извештају IPCC (2001) се каже да: "на основу модела, климатске промене су у току XX века на Антарктику доприносиле промени нивоа океана за између -0.2 mm и 0.0 mm годишње, услед повећања падавина". Са друге стране промене на Гренланду су доприносиле промени нивоа океана од 0.0 mm до 0.1 mm годишње (због промена падавина и протицаја).

Користећи сателитска осматрања у периоду од 1980. до 2004. Van der Berg et al. (2006) креирали су модел који показује да је биланс масе површинског леда Антарктика позитиван и да је растао за  $2.52 \pm 0.3 * 10^{15}$  kg годишње. Тај раст масе је био континуалан и утицао је на снижавање средњег глобалног нивоа океана. До сличних резултата дошао је и Vaughan (2005).

Ни пројекције које даје IPCC до краја XXI века, што се тиче Антарктика нису катастрофичке, јер предвиђају допринос Антарктичког леда нивоу светског океана за - 0.17 m до 0.2 m укупно.

У вези питања поларне амплификације температуре, неопходно би било размотрити и статистички значај (сигнификантност) прорачунатих линеарних трендова температуре за поједине појасеве. У том циљу коришћен је  $t$  теста.

Имајући у виду чињеницу да је на делу планете присутан негативан тренд температуре у сателитском периоду осматрања, хтели смо да проверимо колико процената он заузима. Утврдили смо да је то 11.8 % од укупне површине планете, односно 23.5 % простора јужне хемисфере (табела 2).

Табела 2. Значајност (сигнификантност) трендова температуре на основу  $t$  теста

Географска	Резултат	Вероватноћа ризика			
		0.05	0.025	0.01	0.005
ширина	$t$ теста	Сигнификантност			
80-90°N	3.814	да	да	да	да
70-80°N	4.422	да	да	да	да
60-70°N	5.503	да	да	да	да
50-60°N	5.277	да	да	да	да
40-50°N	3.915	да	да	да	да
30-40°N	3.362	да	да	да	да
20-30°N	2.552	да	да	да	не
10-20°N	1.329	не	не	не	не
0-10°N	1.314	не	не	не	не
0-10°S	1.401	не	не	не	не
10-20°S	1.141	не	не	не	не
20-30°S	2.955	да	да	да	да
30-40°S	3.605	да	да	да	Да
40-50°S	1.879	да	не	не	Не
50-60°S	0.784	не	не	не	Не
60-70°S	1.898	да	не	не	Не
70-80°S	0.906	не	не	не	Не
80-90°S	1.260	не	не	не	Не
Планета	3.414	да	да	да	Да
		Вероватноћа ризика			
		0.05	0.025	0.01	0.005
Сигнификантни пораст (%)		54.18	54.18	48.00	48.00
Несигнификантно (%)		42.11	42.11	52.00	52.00
Сигнификантни пад (%)		3.71	3.71	0.00	0.00

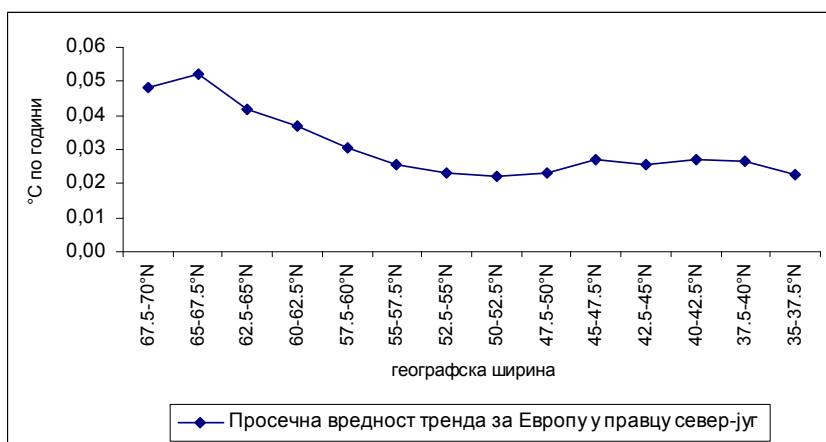
За степен слободе 25 и ниво вероватноће ризика прихватања хипотезе од 0.05 у табlici граничних вредности t теста, теоријска вредност сигнификантности износи 1.714. У том случају је линијски тренд у поларним областима северне хемисфере сигнификантан. На јужној хемисфери тренд је сигнификантан у појасу од 60-70°S, али је негативног знака, односно присутно је сигнификантно захлађење.

Када се посматра Земља у целини, на наведеној, највишој вероватноћи ризика, сигнификантан тренд заузима 54.18 % површине планете по појасевима. Већ на следећем, нижем нивоу вероватноће ризика са граничном вредношћу 2.06, позитивни тренд температуре ваздуха је сигнификантан на 48 % површине планете. На најнижем нивоу вероватноће ризика од 0.005 (гранична вредност од 2.81), "глобално отопљавање" заузима 40.11 % Земљине површине по појасевима.

Дакле, строго математички посматрано, уочени статистички сигнификантан пораст температуре на Земљи у периоду сателитских осматрања (1979-2006) је глобалан само на највишој вероватноћи ризика прихватања те хипотезе. Већ на наредном нивоу статистичке сигнификантности не потврђује се хипотеза о "глобалном отопљавању" јер је сигнификантан пораст присутан на мање од 50 % површине планете по појасевима.

Како бисмо детаљно испитали промене температуре ваздуха на основу сателитских осматрања рачунали смо вредност тренд за сваки грид од 2.5° географске ширине и дужине за Европу, од 35°N до 70°N и 10°W и 45°E. Вредности трендова температуре ваздуха приказане су у табели 3.

Узевши у анализу просечне вредности тренда температуре по географским ширинама од по 2.5° (графикон 2), уочавамо највишу вредност тренда (0.052°C) изнад северне Европе (65-67.5°N), затим вредности тренда постепено опадају до умерених ширина (50-52.5°N), бележећи минималну просечну вредност тренда у правцу север-југ (0.022°C), након чега линија просечног тренда благо флукутира према суптропским областима.



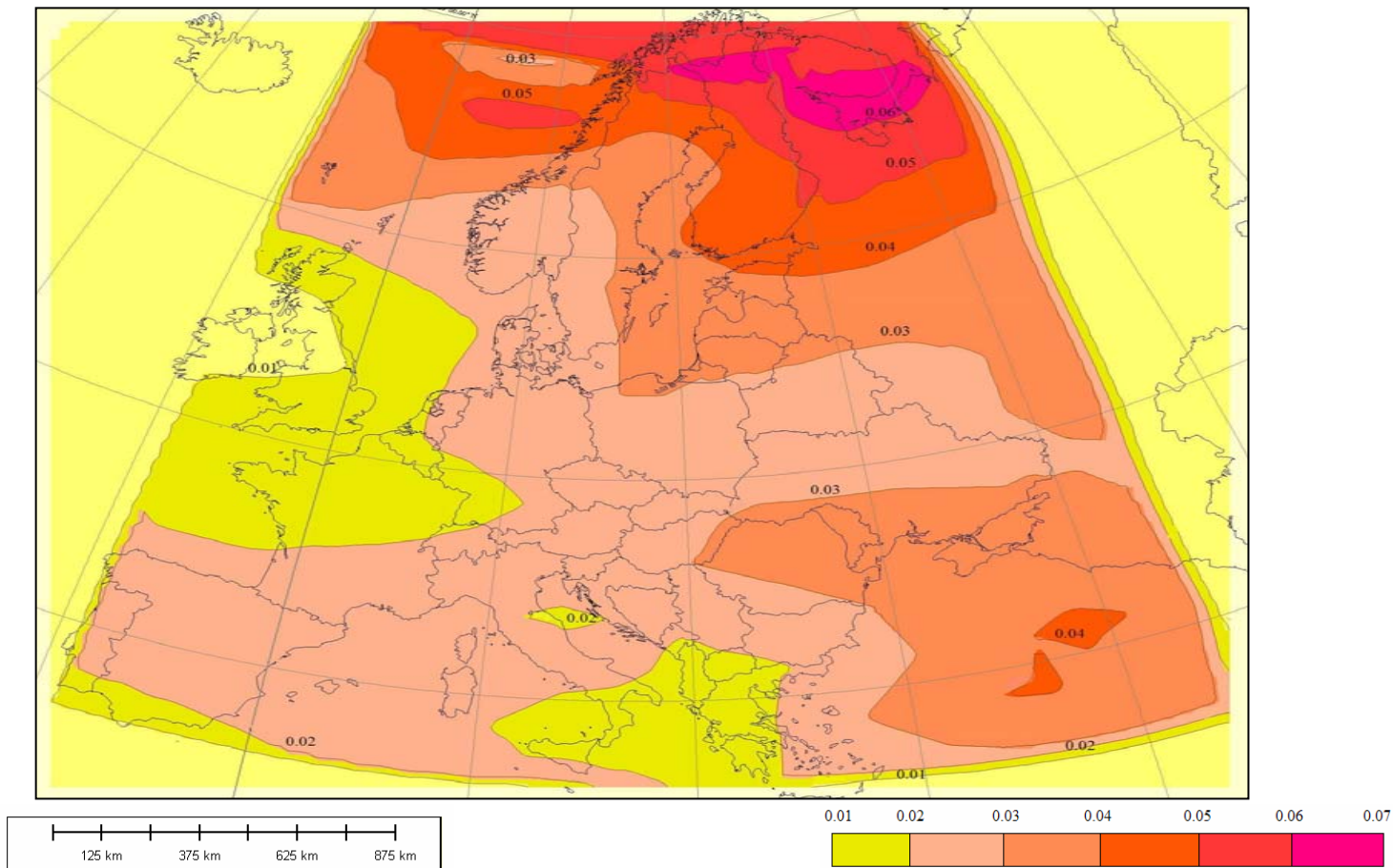
Графикон 2. Просечан попречан профил тренда температуре ваздуха за Европу у смеру север-југ

Просечан попречан профил тренда температуре ваздуха за Европу по географским дужинама (графикон 3) даје нешто другачију слику. Наиме, почев од запада (10-7.5°W), где је забележена минимална вредност (0.023°C), према истоку, примећује се најпре константан пораст просечног тренда температуре до појаса од 35-37.5°E (0.040°C), након чега вредности благо опадају.

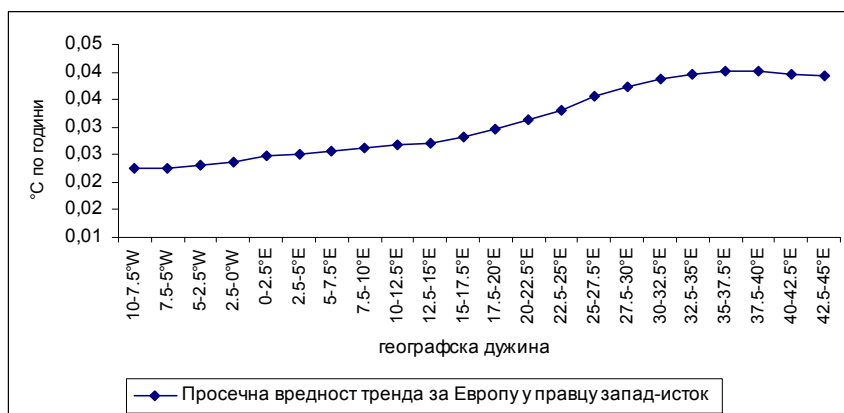
Табела 3. Вредности трендова температуре ваздуха за Европу (35-70°N и -10-45°E) у периоду од 1979. до 2006. године

	10-7.5W	7.5-5W	5-2.5W	2.5-0W	0-2.5E	2.5-5E	5-7.5E	7.5-10E	10-12.5E	12.5-15E	15-17.5E	17.5-20E	20-22.5E	22.5-25E	25-27.5E	27.5-30E	30-32.5E	32.5-35E	35-37.5E	37.5-40E	40-42.5E	42.5-45E
67.5-70N	0.050	0.048	0.043	0.038	0.032	0.027	0.026	0.028	0.033	0.040	0.048	0.057	0.064	0.068	0.068	0.065	0.061	0.057	0.053	0.051	0.051	0.053
65-67.5N	0.035	0.038	0.041	0.046	0.050	0.055	0.056	0.055	0.053	0.048	0.044	0.042	0.043	0.045	0.051	0.056	0.062	0.066	0.068	0.066	0.065	0.061
62.5-65N	0.033	0.036	0.038	0.040	0.041	0.039	0.037	0.034	0.032	0.031	0.031	0.032	0.035	0.039	0.045	0.048	0.051	0.054	0.054	0.055	0.054	0.055
60-62.5N	0.037	0.035	0.033	0.030	0.027	0.023	0.021	0.020	0.022	0.026	0.031	0.036	0.042	0.045	0.049	0.050	0.049	0.049	0.047	0.046	0.045	0.045
57.5-60N	0.019	0.018	0.019	0.021	0.022	0.023	0.023	0.025	0.027	0.029	0.031	0.034	0.036	0.038	0.039	0.040	0.040	0.040	0.039	0.038	0.037	0.037
55-57.5N	0.007	0.008	0.009	0.012	0.013	0.016	0.019	0.022	0.026	0.029	0.030	0.032	0.032	0.033	0.034	0.034	0.033	0.033	0.034	0.034	0.034	0.036
52.5-55N	0.004	0.006	0.007	0.009	0.012	0.016	0.021	0.024	0.027	0.028	0.030	0.030	0.029	0.028	0.027	0.026	0.026	0.026	0.028	0.030	0.033	0.036
50-52.5N	0.012	0.013	0.015	0.016	0.018	0.019	0.021	0.022	0.023	0.022	0.021	0.021	0.021	0.022	0.022	0.023	0.024	0.025	0.028	0.030	0.033	0.035
47.5-50N	0.016	0.016	0.016	0.015	0.015	0.015	0.016	0.018	0.020	0.021	0.024	0.026	0.029	0.030	0.030	0.030	0.030	0.029	0.028	0.029	0.029	0.030
45-47.5N	0.019	0.017	0.017	0.017	0.019	0.020	0.021	0.022	0.023	0.024	0.026	0.029	0.031	0.033	0.036	0.037	0.037	0.038	0.036	0.034	0.032	0.030
42.5-45N	0.023	0.023	0.023	0.024	0.024	0.022	0.021	0.020	0.020	0.019	0.020	0.021	0.023	0.025	0.027	0.030	0.031	0.033	0.035	0.035	0.034	0.033
40-42.5N	0.023	0.022	0.022	0.023	0.024	0.027	0.028	0.028	0.026	0.023	0.022	0.019	0.018	0.019	0.021	0.026	0.031	0.036	0.040	0.042	0.040	0.039
37.5-40N	0.022	0.023	0.025	0.027	0.029	0.028	0.025	0.023	0.019	0.015	0.014	0.014	0.016	0.020	0.027	0.032	0.037	0.040	0.041	0.038	0.035	0.032
35-37.5N	0.015	0.014	0.014	0.016	0.019	0.022	0.024	0.025	0.024	0.024	0.022	0.020	0.019	0.020	0.022	0.023	0.027	0.029	0.031	0.032	0.031	0.030

Карта 1. Распоред тренда температуре ваздуха изнад европе (1979-2006)







Графикон 3. Просечан попречан профил тренда температуре ваздуха за Европу у смеру запад-исток

Поред анализе тренда по гридовима, урађена је и карта просторног размештаја тренда температуре ваздуха изнад Европе (карта 1). Најниже вредности тренда температуре ваздуха (мање од  $0.02^{\circ}\text{C}$  годишње) за период од 1979. до 2006. године уочавају се изнад Британских острва, већег дела Француске, Белгије, југозападне Немачке, јужне Италије и јужног дела Балканског полуострва (Македонија, Грчка, Албанија, део Црне Горе), периферно покривајући и нашу земљу (јужни део Косова и Метохије).

Просечне вредности тренда температуре (између  $0.02^{\circ}\text{C}$  и  $0.04^{\circ}\text{C}$  по години) присутне су изнад већег дела јужне, средње и источне Европе као и делова Скандинавије. У овом појасу налази се и територија Србије. Највише вредности тренда температуре ваздуха (изнад  $0.04^{\circ}\text{C}$  годишње) уочавају се изнад северног дела Скандинавског полуострва, што одговара моделима поларне амплификације, које даје IPCC (2007).

### Промене температуре ваздуха у Србији на основу сателитских осматрања

Промена температуре ваздуха у периоду сателитских осматрања у GRID сегменту  $42.5-47.5^{\circ}\text{N}$  и  $17.5-22.5^{\circ}\text{E}$ , у коме се налази Србија, за период од 1979. до 2006., по линији тренда, износи  $0.26^{\circ}\text{C}$  по декади. То је нешто мања вредност од оне за појас  $42.5-47.5^{\circ}\text{N}$  ( $0.27^{\circ}\text{C}$  по декади), али дупло већа него за Земљу у целини ( $0.13^{\circ}\text{C}$  по декади).

За проверу статистичке значајности вредности тренда користили смо F тест, који се примењује за одређивање статистичке сигнификантности регресионих модела.

Добијена вредност за F, за простор Србије износи 4.37, што задовољава тест значајности на најнижем нивоу вероватноће од 95 %, који захтева вредност од минимално 4.22, али не и на нивоу од 99 %. Вредности линеарног тренда и за појас  $42.5-47.5^{\circ}\text{N}$  као и за планету у целини такође задовољавају F тест на нивоу вероватноће од 99 %, односно статистички су значајне.

Сигнификантне вредности линеарног тренда промена температуре за Србију у поменутом периоду износе  $2.6^{\circ}\text{C}$  по веку, што на први поглед представља велики пораст. То би, можда могло, указивати на појаву антропогеног ефекта стаклене баште по моделима Међувладиног панела за климатске промене (IPCC). Панел је у више

наврата давао своје процене могућег утицаја људских активности, пре свега, емисије CO<sub>2</sub> на температуру ваздуха и друге климатске елементе на Земљи.

Последње процене су из 2007. године и по њима би температура ваздуха до краја овог века, под условом да се настави антропогена емисија CO<sub>2</sub> могла да порасте између 2°C и 4°C (IPCC, 2007).

У документу IPCC (2001) "Summary for Policymakers" стоји да: "се природним факторима може приписати уочено отопљавање у првој половини XX века", као и да "постоје нови и убедљиви докази да се највећи део загревања регистрованога током последњих 50 година може приписати људским активностима". Говорећи о порасту температуре у XX веку, каже се: "осматрања су показала велики степен варијабилности" и да "се већи део отопљавања одвијао у току два периода: 1910-1945. и 1976-2000. године". Из тога следи да је евентуални антропогени ефекат стаклене баште могао да више дође до изражаја тек у последњој четвртини XX века, јер су у првој половини XX века узрок пораста природни фактори, док се у периоду 1946-1975. не запажа битнија промена температуре\*\*.

Као што се види у табели 4, најнижа вредности температуре на простору Србије је забележена 1982. када је одступање од референтног периода износило -1.15°C. Максимално позитивно одступање је забележено 1987. и износило је 0.96°C. У документу IPCC (2001) "Summary for Policymakers", каже се да су деведесете године XX века биле најтоплија декада, а 1998. година најтоплија година у инструменталном периоду, после 1861. године.

**Табела 4. Одступања температуре ваздуха у Србији у односу на референтни период од 1979. до 1998. на основу сателитских осматрања (42.5-47.5°N и 17.5-22.5°E)**

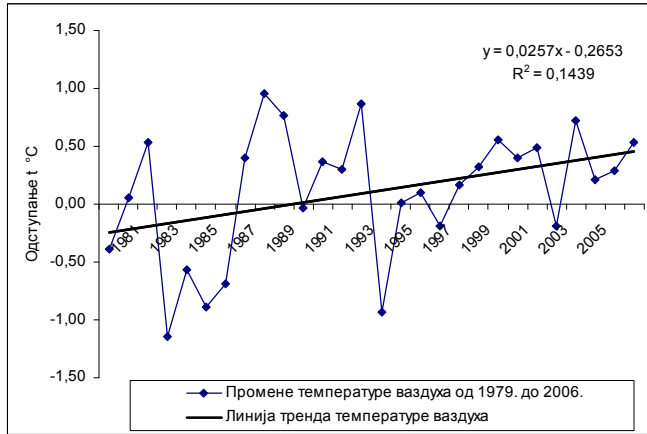
година	одступање температуре	Година	одступање температуре
1979	-0.39	1993	-0.94
1980	0.05	1994	0.01
1981	0.53	1995	0.10
1982	-1.15	1996	-0.19
1983	-0.56	1997	0.16
1984	-0.89	1998	0.32
1985	-0.69	1999	0.56
1986	0.41	2000	0.40
1987	0.96	2001	0.49
1988	0.77	2002	-0.19
1989	-0.04	2003	0.73
1990	0.36	2004	0.21
1991	0.30	2005	0.29
1992	0.87	2006	0.53

Извесна одступања, запажају се и ако се температура посматра по пентадним променама. Наиме, у периоду од 1981. до 2005. најтоплија пентада је била 1986-1990, када је просечно одступање температуре било 0.49°C, а последња пентада 2001-2005 је друга по вредности позитивног одступања (0.30°C). Већ из тога се може закључити

\*\* <http://www.ipcc.ch/pub/spm22-01.pdf>

да присутни пораст температуре на територији Србији у периоду од 1979. до 2006. није једноличан, нити је присутан све време.

Овакве неједноличне промене се јасно запажају на графикону 4, на којем се уочава и да су минималне вредности сконцентрисане у првој четвртини периода, док су максимуми забележени у другој четвртини и средином периода. Такође, запажа се да су негативне вредности груписане у периоду 1982-1985, док се негативне вредности у 1989., 1993., 1996. и 2002. години јављају појединачно.



Графикон 4. Промене температуре ваздуха у гريد-сегменту на територији изнад Србије у периоду од 1979. до 2006.

Последњих 20 година у посматраном периоду од 1987. до 2006. године, запажа се негативан, тренд температуре ваздуха (графикон 5). Иако статистички несигнификантан, знак тренда није сагласан са растућом концентрацијом антропогеног  $\text{CO}_2$  у последњих 20 година. То би значило да знак промена сателитских температура ваздуха у посматраном периоду није у складу са очекиваним, у условима доминације антропогеног ефекта стаклене баште. Математички посматрано висока вредност тренда целог низа од 1979. до 2006. је последица ниских вредности елемената низа на почетку осматраног периода, за које је у досадашњим истраживањима показано да су последица вулканске ерупције Ел Чичон (Ducic et al., 2007).



Графикон 5. Промене температуре ваздуха у гريد-сегменту на територији изнад Србије у периоду од 1987. до 2006.

Дуцић и др. (2006) наводе: "Узимајући у обзир цео период сателитских осматрања температуре ваздуха на територији Републике Српске можемо закључити да је уочени несигнификантан пораст, последица пре свега ниских вредности на почетку периода, које су, како смо утврдили, несумњиво у вези са природним факторима (вулкански аеросол). Од 1995. од када се у низовима температуре не примећује утицај аеросола, па до 2005. линеарни тренд је негативан и износи  $-0.05^{\circ}\text{C}$  по декади" (Дуцић и др., 2006).

Полазећи од тога да се негативне вредности гомилају, а знајући да су забележене у близини година највећих вулканских ерупција у последњих деведесет година, свакако би требало у даљим истраживањима испитати евентуалну везу између вулканске активности и колебања температуре ваздуха на територији Србије.

### Закључак

Циљ истраживања био је промена температуре ваздуха у Србији у склопу глобалних промена климе на основу UAHMSU сателитских осматрања.

Утврђено је да је појава поларне амплификације (пораст температуре ваздуха са географском ширином) присутна на северној хемисфери, што је у складу са моделима антропогеног ефекта стаклене баште. Међутим, резултати других аутора за дуже периоде, као и поједине, регионе око северног пола, не указују на поларну амплификацију, што захтева даља истраживања.

Са друге стране, поларна амплификација на јужној хемисфери не "функционише", односно тренд температуре расте до појаса  $30-40^{\circ}\text{S}$ , а затим опада тако да од  $50-60^{\circ}\text{S}$  па све до пола има негативне вредности.

Имајући у виду добијене резултате нашег истраживања као и резултате других аутора, мишљења смо да су нека тумачења глобалног отопљавања и његових последица прецизнија.

Узевши у анализу просечне вредности тренда температуре по географским ширинама од по  $2.5^{\circ}$  за Европу, уочавамо највишу вредност тренда ( $0.052^{\circ}\text{C}$ ) изнад северне Европе ( $65-67.5^{\circ}\text{N}$ ), затим вредности тренда постепено опадају до умерених ширина ( $50-52.5^{\circ}\text{N}$ ) бележећи минималну просечну вредност тренда у правцу север-југ ( $0.022^{\circ}\text{C}$ ), након чега линија просечног тренда благо флукутира према суптропским областима.

Анализа температуре ваздуха у периоду сателитских осматрања у грид сегменту  $42.5-47.5^{\circ}\text{N}$  и  $17.5-22.5^{\circ}\text{E}$ , у коме се налази Србија, показала је извесна одступања, која се запажају ако се температура посматра по пентадним променама.

Уочава се и да су минималне вредности сконцентрисане у првој четвртини периода, док су максимуми забележени у другој четвртини и средином периода. Периоди минималних вредности температуре јављају се у току или након великих вулканских ерупција.

Последњих 20 година у посматраном периоду од 1987. до 2006. године, запажа се негативан, тренд температуре ваздуха (графикон 5). Иако статистички несигнификантан, знак тренда није сагласан са растућом концентрацијом антропогеног  $\text{CO}_2$  у последњих 20 година. То би значило да знак промена сателитских температура ваздуха у посматраном периоду није у складу са очекиваним, у условима доминације антропогеног ефекта стаклене баште.

Математички посматрано висока вредност тренда целог низа од 1979. до 2006. је последица ниских вредности елементарног низа на почетку осматраног периода, за које је у досадашњим истраживањима показано да би могле бити последица природних фактора (вулканске ерупције Ел Чичон).

## Литература

- Christy J. R., R. W. Spencer, and W. D. Braswell (2000). MSU tropospheric temperatures: Dataset construction and radiosonde comparisons, *Journal of Climatology*, no. 17, pp. 1153–1170.
- Comiso J. C. (2000). Variability and trends in Antarctic surface temperatures from *in situ* and satellite infrared measurements. *Journal of Climate* 13, (10), pp. 1674-1696.
- Doran P. T. et al. (2002). Antarctic climate cooling and terrestrial ecosystem response. Nature advance online publication, *Nature* 415: 517-520. DOI:10.1038/nature710.
- Дуцић В., Трбић Г., Луковић Ј. (2006). Промене температуре ваздуха у Републици српској у периоду сателитских осматрања и могући вулкански утицај. *Гласник Географског друштва Републике Српске*, свеска 11, Бања Лука, стр. 112-124.
- Ducic V., Milovanovic B., Lukovic J. (2007). Temperature changes on the Balkan Peninsula in the period of satellite observation and possible volcanic influence. *Third International Conference- Global changes and regional challenges*, Sofia University “St. Kliment Ohridski”, Faculty of Geology and Geography, 28-29 April 2006, Sofia, Bulgaria, Proceedings, pp. 137-142.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (2001), Climate Change (2001). The Scientific Basis. *Contribution of Working Group 1 to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (2007), Climate Change (2007). The Scientific Basis. *Contribution of Working Group 1 to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge.
- Manabe S., Stouffer R. J. (1980). Sensitivity of a global climate model to an increase of CO<sub>2</sub> concentration in the atmosphere, *Journal of Geophysical Research*, 85, 85 (C10), pp. 5529-5554.
- Schneider D. P. et al. (2006). Antarctic temperatures over the past two centuries from ice cores, *Geophysical Research Letters*, vol. 33, L16707, doi:10.1029/2006GL027057.
- Thompson D. W. J., Solomon S. (2002). Interpretation of recent Southern Hemisphere climate change. *Science* 296, pp. 895-899.
- Van de Berg W. J. et al. (2006). Reassessment of the Antarctic surface mass balance using calibrated output of a regional atmospheric climate model, *Journal of Geophysical Research* 111, 10.1029/2005JD006495.
- Vaughan D. G. (2005): How does the Antarctic ice sheet affect sea level rise? *Science* 308, pp. 1877-1878.

JELENA LUKOVIĆ  
 PREDRAG MANOJLOVIC  
 SANJA MUSTAFIC

## S u m m a r y

### TEMPERATURE CHANGES IN SERBIA AND WORLDWIDE ACCORDING TO SATELLITE DATA

According to growing interest of scientific publicity for climate change and variability in recent decades, there are more and more papers and studies which aim is to find possible relation between variability of climate and anthropogenic influence.

Considering this, we have tried to investigate geographical distribution of temperature trends in period of satellite measurements (1979-2006). IPCC declares that in this period there is a strong anthropogenic influence on the air temperature.

Linear trend temperature changes on Southern hemisphere are not in agreement with models because southern of 50°S there is negative trend with the highest negative value in the area of Antarctic. Ice volume in this area increases and predictions about catastrophic ice-melting are unreal.

Considering zones of 10° latitude, there is significant temperature trend on 54.18% of the Earth surface on the highest probability level. On next lower probability level, positive trend is significant only on 48.00% of the Earth surface and warming is not significantly global.

Data for Serbia have shown negative trend of temperature in the last 20 years of the investigated period. Although it is not statistically significant, the sign is not in accordance with the increasing CO<sub>2</sub> concentration. This may mean that the sign of satellite temperature doesn't support hypothesis about domination of anthropogenic greenhouse effects.