

ПРВО САВЕТОВАЊЕ МЛАДИХ ГЕОГРАФА ЈУГОСЛАВИЈЕ
ЗБОРНИК РАДОВА

ИС ПЕТНИЦА

25-27. 05. 1995.

Зоран Танасијевић¹

СТАТИСТИЧКА АНАЛИЗА УТИЦАЈА СУНЧЕВЕ АКТИВНОСТИ НА
ТЕМПЕРАТУРУ ВАЗДУХА У СРБИЈИ

Увод

Утицај Сунчеве активности на климу планете Земље изазива велики интерес савремене науке. Истраживања су усмерена у два правца:

- а) статистичку анализу везе између појава на Сунцу и климе,
- б) разраду теоријских модела који би објаснили механизам преноса енергија од Сунца на тропосферу.

Проблемом утицаја Сунчеве активности на климу бавило се више домаћих аутора: Гавриловић (1978), Ракићевић (1986), Јовановић (1993), Танасијевић (1994).

У овом раду су приказани резултати статистичке анализе испољавања функционалне везе између Сунчеве активности и температуре ваздуха у Србији, приказана примена статистичких метода које су до сада мало коришћене у овим проучавањима и дати предлози за даље правце истраживања.

Извори информација

Како показатељ Сунчеве активности коришћена је површина Сунчевих пега. Овај индекс се мери свакога дана и изражава у милионитим деловима видљивог Сунчевог диска.

Подаци о површини Сунчевих пега у периоду 1874 - 1976. су узети из публикације Међународног центра за посматрање Сунца у Гриничу (15). Од 1976. године ова посматрачка мрежа престаје са радом, па су за наставак низа коришћени подаци опсерваторије у Пулкову. Имајући у виду да је коефицијент корелације између података о површини пега на Гриничкој и Пулковској опсерваторији висок ($r = +0,995 \pm 0,0016$) подаци у наставку низа нису кориговани (8).

Подаци о годишњим вредностима температуре ваздуха у Београду, Ваљеву, Крагујевцу, Нишу и Неготину су узети из публикација Савезног хидрометеоролошког завода.

Пре почетка статистичке анализе извршена је контрола свих анализираних података. Конзистенција података о површини Сунчевих пега је извршена само за период од 1933. до 1971. године методом двоструке кумуланте. Није уочено нарушавање конзистенције у анализираном периоду. Хомогеност целог низа података о површинама пега је испитана помоћу Вилкоксоновог теста, због асиметричности расподеле емпиријске серије ($\alpha_3 = 0.98$).

Цео поступак је примењен и на податке о температури ваздуха. Поређене су међусобно најближе станице са највећом вредношћу коефицијента корелације. Хомогеност низова о средњим годишњим температурима ваздуха је извршена тестовима Абела и Студента.

¹ Зоран Танасијевић, Друштво младих истраживача, Љиг

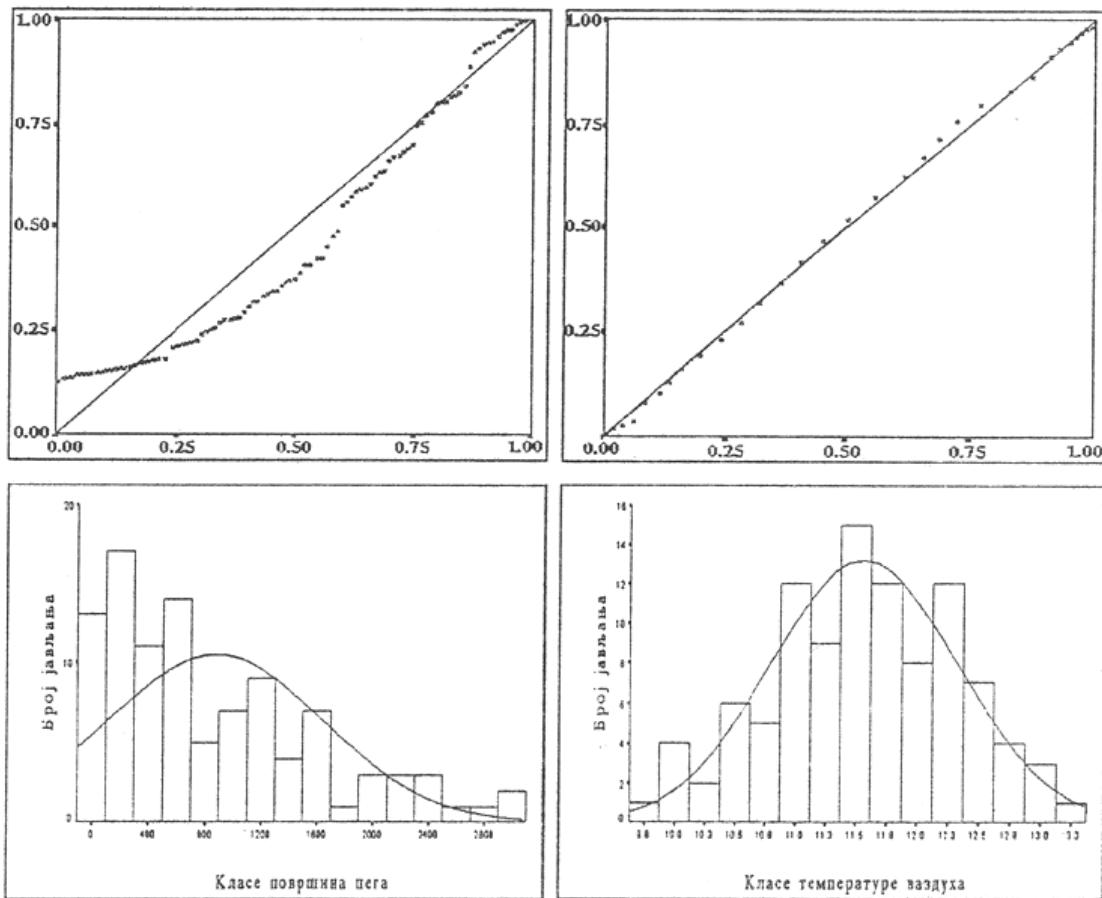
Подаци који недостају су попуњени линеарном регресијом и тако допуњени низови за четири метеоролошке станице: Ваљево, Крагујевац, Ниш и Неготин.

Због лакшег упоређивања серија података о површини пега и температуре ваздуха обе серије података су стандардизоване. Овај поступак је омогућио лакше поређење различитих низова података.

Резултати статистичке анализе

Статистичка анализа серија података о површини Сунчевих пега и температури ваздуха обухватала је утврђивање емпиријске расподеле анализираних серија, издвајање тренд и цикличне компоненте, регресиону анализу и утврђивање коефицијента корелације.

У оваквим истраживањима први (обавезан) поступак је утврђивање емпиријске расподеле серије података. Ова анализа упућује на даље поступке статистичке анализе. На приложеним хистограмима емпиријске расподеле и дијаграма вероватноће се види да емпиријска расподела температуре ваздуха у Београду (исто је и на осталим станицама) прати Гаусову теоријску расподелу, а да је серија података о површини пега асиметрична ($\alpha=0,98$). Због тога је код утврђивања коефицијента корелације поред Пирсоновог применењен и Спирманов метод.

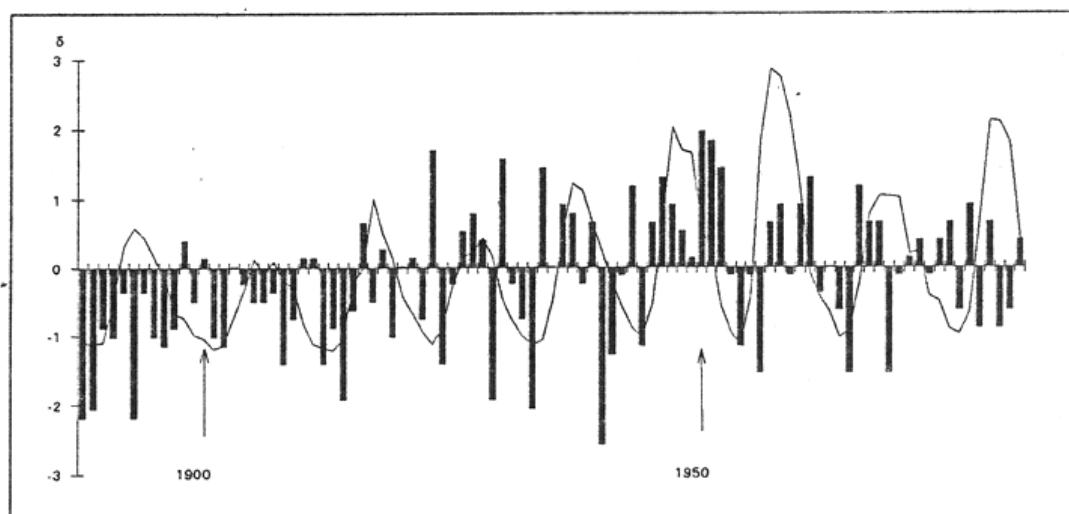


Прилог I. Емпиријска расподела површине Сунчевих пега и температуре ваздуха у Србији у периоду 1888-1988. године.

Код серије података о површини пега није одстрањена тренд компоненте јер то онемогућује кратак низ који обухвата само један циклус велике дужине (вековни циклус). Анализа тренд компоненте код серије о температури ваздуха је имала за циљ да утврди утицај великих градова на температуру ваздуха. Статистички значајан тренд је уочен само у Београду. Вредност тренда износи 0,1 (период 1888-1988. год.), а Фишеровим тестом је утврђена значајност са ризиком од 5% и 1%. Због тренд компоненте Београд је данас топлији за 1°C него крајем прошлог века. Резултати анализе су показали да на упоредним станицама не постоји статистички значајан тренд, што значи да је тренд у Београду изазван утицајем човека (града), а не глобалном променом климе или утицајима са Сунца. У даљој анализи су коришћени и изворни и низ у коме је одстрањена тренд компонента.

Циклична компонента је издвојена методом покретних просека, аутокорелационом методом, развијањем полинома и периодограм анализом.

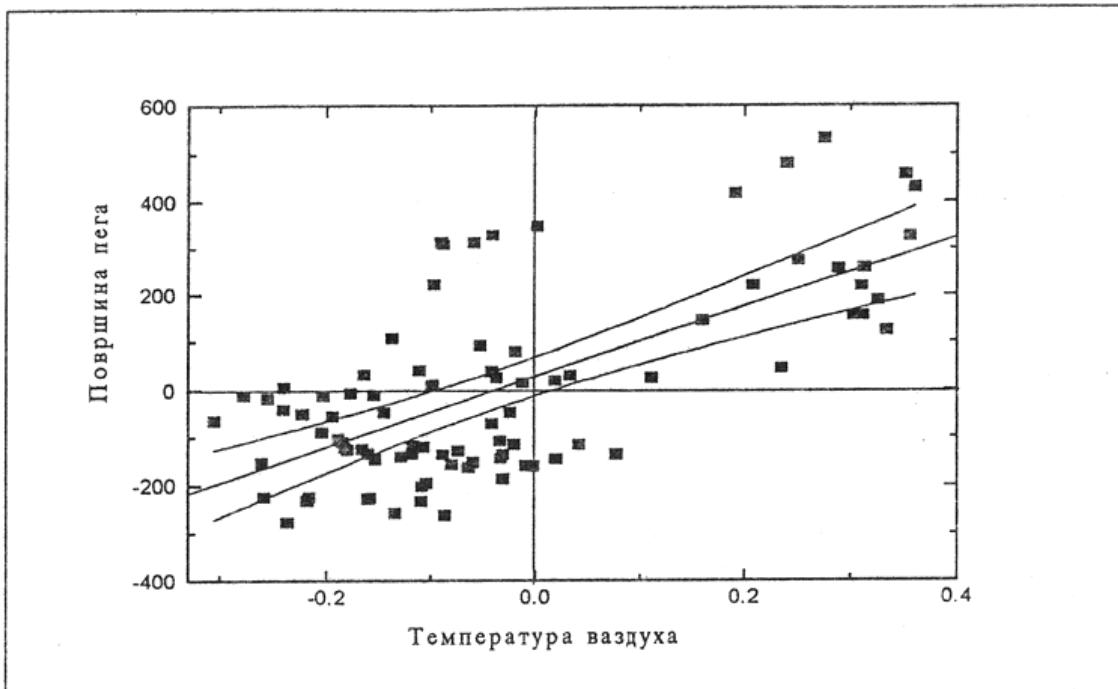
У разматраном периоду површина Сунчевих пега колебала се у 9 циклуса са просечним трајањем око 11 година. У истом периоду је уочен и познати вековни циклус у трајању од 80-90 година. Он је издвојен уклањањем једанаестогодишњег циклуса развијањем полинома до 5-ог члана. У анализораном периоду издвајају се по слабој активности 13, 14, 15, 16 и делимично 20 циклус, а по интензивној активности 17, 18, 19 и 21 циклус.



Цртеж 2. Стандардизоване вредности површине пега и температуре ваздуха у Београду у периоду 1888-1988. године. Температура је приказана стубачно.

Методом покретних просека је уочена циклична компонента серије података о температури ваздуха. Аутокорелациона анализа за станицу Београд даје слаб пик на кораку од 16 година, а периодограм анализа указује на постојање циклуса од 13 година.

Директним упоређивањем изворних серија података (цртеж 2) уочава се појавећање температуре ваздуха у годинама са појачаном активношћу Сунчевих пега, мада има и великих одступања. Пирсонов коефицијент корелације за оригиналне податке износи 0,028, што указује на потпуно одсуство функционалне везе. Ако се подаци за температуру уравнају са покретним просеком од пет чланова (већи покретни просеци елиминишу кратке циклусе), добија се коефицијент корелације од 0,66.



Цртеж 3. Регресиона анализа површине пега и температуре ваздуха у Београду. Први низ је уравнавајући покрећеним просеком од 11 чланова, а други покрећеним низом од 15 чланова. Низ података о температури ваздуха је очишћен од тренд компоненте која за 100 година износи 1°C . Кофицијент линеарне корелације износи 0,66. Инверзал поверенja износи 0,95.

Да би се поменута запажања додатно анализирала примењен је незнатно изменјен метод поређења активности Сунца и температуре ваздуха. Просечна температура је рачуната за 9 циклуса Сунчеве активности и то за периоде од три и пет година у максимуму и минимуму површине пега. Просечне температуре у трогодишњим интервалима износе: минимум ($11,2^{\circ}\text{C}$), максимум ($11,6^{\circ}\text{C}$), а у петогодишњим интервалима: минимум ($11,5^{\circ}\text{C}$) и максимум ($11,7^{\circ}\text{C}$). Оба резултата указују да су за време максимума површине Сунчевих пега у Београду више температуре ваздуха.

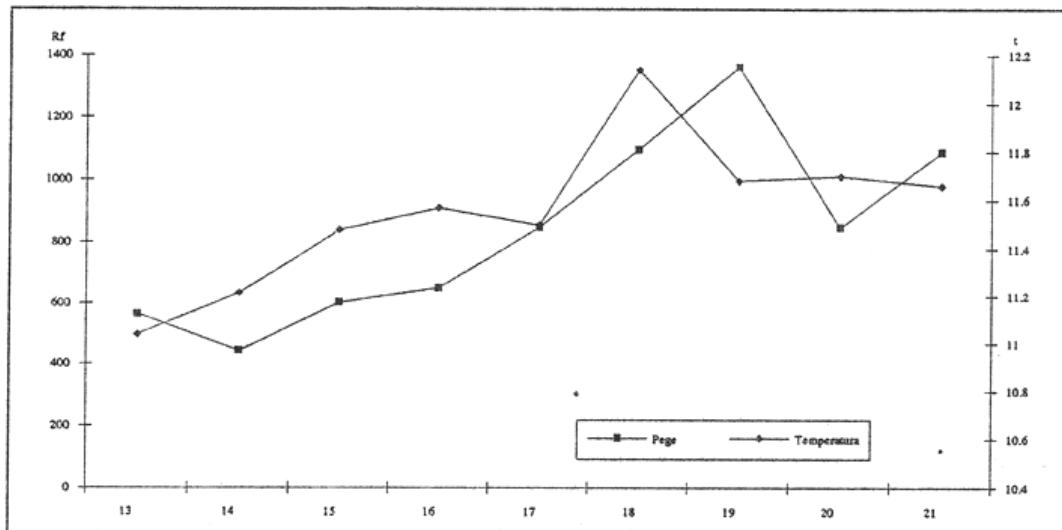
Када се анализирају просечне температуре ваздуха по фазама циклуса површине Сунчевих пега, веће температуре у некој фази могу бити резултат утицаја мањег броја година (чак и једне!) са екстремно високом или ниском температуром. Да би се овај недостатак отклонио - анализиране су вероватноће појаве температуре у минимуму и максимуму активности. Анализом је обухваћено по 27 година (релативно кратак период!). Резултати су приказани у табели 1.

Табела 1. Температуре ваздуха у минимуму и максимуму Сунчевих пега

Фаза Сунчеве активности	\bar{X}	x_{\min}	x_{\max}	α_3	Мод
Минимум	$11,20^{\circ}\text{C}$	$10,0^{\circ}\text{C}$	$10,0^{\circ}\text{C}$	$0,51^{\circ}$	$11,1^{\circ}\text{C}$
Максимум	$11,61^{\circ}\text{C}$	$12,7^{\circ}\text{C}$	$13,0^{\circ}\text{C}$	$-0,67^{\circ}$	$11,6^{\circ}\text{C}$

Подаци из табеле указују на разлике у расподели годишњих температура ваздуха. У време минимума Сунчевих пега, преовлађујућа температура ваздуха (мод²) је $11,1^{\circ}\text{C}$, што јасно указује на чињеницу да је у тим интервалима низа температура резултат већег броја година са низом температуром, а не утицаја појединачних екстрема. У време максимума јавља се обрнута ситуација. На то указује и асиметричност дистрибуције обележја (α_3).

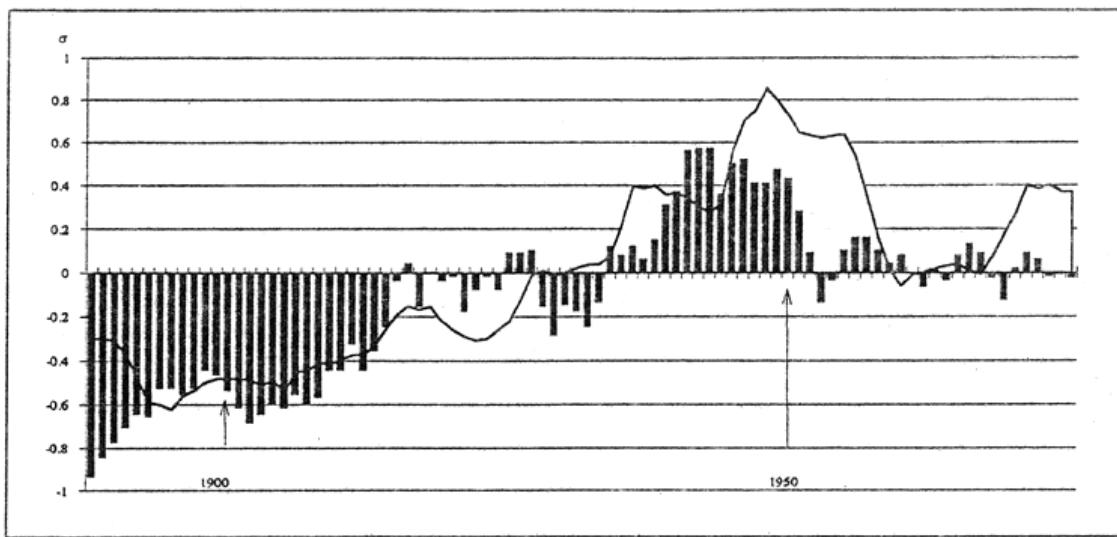
Посебно је анализирана просечна температура ваздуха по циклусима Сунчевих пега. Израчуната је и просечна температура у 4 циклуса Сунчеве активности са малом површином пега (13-16 циклус) и 4 циклуса са великим површином пега (17-20 циклус). У прва четири циклуса температура ваздуха у Београду је у просеку била низа за $0,6^{\circ}\text{C}$, него у другој групи. То значи да је у циклусима са већом површином пега виша температура ваздуха у Београду.



Цртеж 4. Просечне вредности површине пега и температуре ваздуха у Београду. На x-оси су нанећи циклуси Сунчеве активности.

Методом покретних просека је уочен и издвојен вековни циклус температуре ваздуха у Београду и другим станицама. Сличан циклус је давно уочен на Сунцу (цртеж 5). Овако издвојен циклус температуре ваздуха у Београду показује висок коефицијент корелације (0,81) са вековним циклусом површине Сунчевих пега. Уколико се вековни циклуси анализираних појава издвоје методом развијања полинома до 5-ог члана, коефицијент корелације износи 0,85.

² Код оваквих истраживања, мод (као преовлађујућа вредност у серији) је погоднији показатељ мере централне тенденције од средње вредности, због асиметричности дистрибуције фреквенција обележја. (висина падавина) и већег практичног значаја вредности која се најчешће јавља у односу на средњу вредност.



Пратеж 5. Вековни циклус површине Сунчевих пега и одговарајући циклус температуре ваздуха у Београду. Вредности температуре ваздуха су представљене стубачно.

Дискусија

Корелациони анализа извирних серија података о површини пега и температуре ваздуха указује на одсуство функционалне везе. Енергија коју Сунце емитује у циклусима, не утиче директно на климу планете Земље због утицаја бројних физичко-географских фактора који ту енергију трансформишу. И поред чињенице да је површина Сунчевих пега један од бољих показатеља активности, доношење закључака само на основу овог индекса било би методолошки неисправно. Приликом истраживања утицаја Сунчеве активности на климу морају се узети у обзир и други индекси активности, али и бројни фактори који могу да модификују утицај наше матичне звезде као што су: промена елемената Земљине путање, повећање концентрације CO_2 , вулканска активност, утицај савремене цивилизације... Ова опрезност је неопходна код тумачења резултата добијених статистичком анализом.

Добијени резултати су засновани на проучавању релативно кратких серија података, што је условљено расположивим подацима. Овај недостатак је посебно наглашен при тумачењу реалности вековног циклуса (80-90 година). Да би се са већом сигурношћу могло говорити о реалности овог циклуса (учен је само један), неопходно је низ о температури ваздуха продужити уназад за 100-200 година.

Веће температуре ваздуха у време максимума Сунчеве активности указују на могућност утицаја Сунчеве енергије на колебање температуре (9). Добро слагање вековних циклуса површине пега и температуре ваздуха упућују на исти механизам. Слабо слагање извирних серија података је условљено утицајем низа модifikатора климе чије је деловање познато.

Даља истраживања треба усмерити ка испитивању утицаја активних дужина на Сунцу на температуру ваздуха и покушај прибављања чвршћих доказа о постојању дугих (вековних) циклуса температуре ваздуха, што би вероватно омогућило прогнозу температуре ваздуха.

ЛИТЕРАТУРА

1. Астрономски календар (стални део), *Инструкција за фотографска посматрања Сунца*; Наука, Москва 1982.
2. Астрономски календар (променљиви део), Наука, Москва.
3. Будико, М.: *Клима у прошлости и будућности*, Гидрометеоиздат, Ленинград, 1980.
4. Гавриловић, Љ.: *Поплаве у Србији у XX веку*, Посебна издања, СГД, књ. 52, Београд, 1981.
5. Кобицева, Н.: *Климатологија*, Гидрометеоиздат, Лењинград 1980.
6. Његић Р., Жижић М., Ловрић М., Павличић Д.: *Основи статистичке анализе*, Савремена администрација, Београд 1989.
7. Гневишев, М., др.: *Курс астрофизике и звездане астрономије*, Наука, Москва 1964.
8. Гневишава, Р.: *О Пулковском каталогу Сунчеве активности*, Астрономски календар (стални део), Наука, Москва 1979.
9. Ракићевић, Т.: *Секуларне промене климе Београда*, Гласник СГД, св. LXIII/2, Београд 1983.
10. Ракићевић, Т.: *Сунчева активност и колебање климе на примеру Београду*, Крагујевац 1986.
11. Рубашев Б.: *Проблеми Сунчеве активности*, Наука, Москва 1964.
12. Смит Е., *Сунчеве ерупције*, Мир, Москва 1966.
13. Сердар, В., Шошић, И.: *Увод у статистику*, Школска књига, Загреб 1988.
14. Ступар, М.: *Тајне Сунца*, Академско астрономско друштво, Сарајево 1977.
15. *Sunspot and Geomagnetic-storm data (1974-1976)*, Royal Greenwich Observatory, London, 1955.
16. Танасијевић, З.: *Анализа површине Сунчевих лежа у периоду 1874-1991. године са освртом на висину падавина у Србији*, Зборник радова, Географски факултет, Београд 1994.
17. Танасијевић, З.: *Како посматрати Сунце*, Петничке свеске бр. 35, Ваљево, 1995.
18. Витински Ј.: *Морфологија Сунчеве активности*, Наука, Москва 1966.
19. Витински Ј.: *Сунчева активност*, Наука 1983.

Zoran Tanasijević

Summary

Program was used for statistic analysis affect of Sun activity on temperature of air in Serbia. The results show that in years of strengthen Sun activity, temperature was increased.