

(1952. 11. 11.)
551.521. M
KLIMA - STANJE S VREMENOM - BEOGRAD

PRAA

SUNČEVA AKTIVNOST I KOLEBANJE KLIME, NA PRIMERU BEOGRADA

UVOD

Mnogi složeni procesi odigravaju se u pojedinim sferama Sunca. Pri njima se broj i veličina sunčevih pega, intenzitet protuberanci i sunčevog vetra, širina magnetnog polja i korone, smenjuju u ciklusima koji u proseku dostižu svoju kulminaciju svake jedanaeste godine. Sveukupnost ovih pojava čini tzv. sunčevu aktivnost. Kako je promena broja pega na fotosferi najočiglednija manifestacija sunčevih ciklusa, to kada se govori o aktivnosti Sunca uvek se i pre svega ima u vidu broj pega na njemu.

Zahvaljujući naporima astronoma širom sveta danas imamo podatke o broju sunčevih pega (u neprekidnom nizu), počev od 1749. godine. Veliki doprinos u izučavanju sunčevih pega dali su astronomi iz Ciriha. Jedan od njih (Rudolf Wolf), predložio je da se nivo sunčeve aktivnosti određuje brojem pega, koji je kasnije nazvan broj Volfa (1,106).

Iz praktičnih razloga ciklusi sunčeve aktivnosti su numerisani. Prvim se smatra onaj koji je započeo 1755. U toku je 21. ciklus, koji je počeo 1977, maksimum je imao 1979/80, a završio se 1986. godine. U vremenu od kada se u Beogradu vrše sistematska osmatranja i merenja temperature vazduha i padavina (13. avgust 1887), smenilo se devet ovakvih ciklusa.

Da li se smenjivanje sunčeve aktivnosti u ciklusima odražava na promenu vremena i kolebanje klime na Zemlji? Moramo odmah reći da priličan broj klimatologa sumnja u neposredne helioklimatske veze. Uglavnom iz razloga što se intenzitet sunčevog zračenja u različitim periodima sunčeve aktivnosti neznatno menja, samo za 1%. Pri ovome se uglavnom menja intenzitet kratkotalsnog sunčevog zračenja koje pripada ultraljubičastom delu spektra i koje spoljašnji slojevi atmosfere (egzosfera i jonosfera) u celini apsorbuju. Odnosno, promene u intenzitetu sunčevog zračenja su takvog reda da ne mogu, s obzirom na „inertnost“ atmosfere i energiju kojom ona raspolaže, izazivati promene ili kolebanja klimata. Uostalom, vremenske prilike i klima na Zemlji nemaju jedanaestogodišnje cikluse, koji su karakteristični za sunčevu aktivnost. Smatra se da i ako postoji neka veza sunčeve aktivnosti i klimata ona je „zemaljskim uzrocima jako prikriivena“ i njeno utvrđivanje predstavlja samo „apstraktno umovanje“ (2, 55).

Međutim, najnovija proučavanja nekih modela klimata pokazuju da smanjenje intenziteta sunčevog zračenja za 1% može dovesti do globalnog snižavanja temperature na Zemlji za 1,0°C, a ovo je već dovoljno za početak „malog ledenog doba“, kakvo je postojalo u drugoj polovini XVII veka. Odnosno, od 1645. do 1715. godine sunčeva aktivnost je bila gotovo sasvim prestala (3, 103). Ovaj interval bez sunčevih pega, dužine sedamdeset godina, nazvan minimumom Maundera, predstavljao je najhladniji period tzv. malog ledenog doba, koje je trajalo približno od 1500. do 1800. godine. Tada su zime u Evropi za 1,5°C do 2,0°C bile hladnije nego danas, dok su u Japanu zimske temperature za oko 6,0°C, a letnje za oko 4,0°C bile niže od sadašnjih (4, 62).

Sovjetski okeanolog V. I. Maksimov utvrdio je da pri pojačanoj sunčevoj aktivnosti slabi intenzitet zonalne atmosferske cirkulacije na severnoj

polulopti i suprotno, pri slabljenju sunčeve aktivnosti, ova se cirkulacija pojačava (2, 87). Pojačana zonalna cirkulacija (zapad-istok) znači povećan broj prolazaka ciklona i veću količinu padavina. U Beogradu zaista ima više padavina u godinama sa minimumom sunčevih pega nego u godinama sa njihovim najvećim brojem.

Jedna od značajnijih karakteristika klimata je dužina trajanja vegetacionog perioda, odnosno perioda u godini u kojem je srednja dnevna temperatura vazduha viša od 5,0°C. Engleski klimatolog Dž. King je utvrdio da povećana sunčeva aktivnost produžava vegetacioni period na severnoj polulopti (2, 88). U Beogradu, godine sa maksimumom pega imaju u proseku nešto više temperature vazduha, pa verovatno i duže vegetacione periode nego godine sa minimumom sunčeve aktivnosti. Lj. Gavrilović je ustanovila da su se poplave na rekama u Srbiji, u drugoj polovini XIX i u XX veku, najčešće javljale za vreme minimuma sunčevih pega (5, 12), dakle, u godinama sa obilnijim padavinama i nestabilnijim vremenom.

Sve ovo, i drugi primeri, kao širina godova na presecima stabala stoletnog drveća (1, 322), podstaklo nas je da potražimo vezu sunčeve aktivnosti i kolebanja klimata u našem glavnom gradu da bi ova proučavanja doprinela pouzdanijim dugoročnim prognozama. Dakle, priklonili smo se onoj grupi klimatologa koji uzroke klimatskim kolebanjima na Zemlji traže i u sunčevoj aktivnosti. Moramo reći da je u savremenim proučavanjima klimatskih promena i kolebanja klimata na Zemlji i pored toga što svi prihvatamo Kopernikov heliocentrični sistem, veoma prisutan geocentrični aspekt. Naime, vremenske prilike i klima objašnjavaju se gotovo isključivo pojavama i procesima u atmosferi i na površini naše planete. Čak su „kaprici vremena“ 1980. više objašnjavani erupcijama vulkana Sent Helens, koja je dogodila 18. maja 1980. nego izvanredno snažnim i burnim procesima na Suncu tokom 1979/80. godine.

SUNČEVA AKTIVNOST — TEMPERATURE I PADAVINE U BEOGRADU

Nismo ulazili u probleme kako, na koji način i zbog čega sunčeva aktivnost utiče na temperaturu viših slojeva atmosfere, vazdušni pritisak u njima, cirkulaciju atmosfere, oblačnost (satelitski snimci pokazuju da posle svake eksplozije na Suncu već sledećeg dana dolazi do povećane oblačnosti) i kako se sve to odražava ili bi se moglo odraziti na vremenske prilike i klimatska kolebanja na površini Zemlje. Koristeći se statističkim metodama tražili smo i ustanovili korelaciju između pojava na Suncu, konkretno broja Volfa, sa vremenskim i klimatskim prilikama i kolebanjima u Beogradu. Pri ovome smo analizirali podatke o temperaturama vazduha i količini padavina (po godinama, godišnjim dobima i za vegetacioni period), gotovo za jedno čitavo stoleće (od 1888. do 1983) i upoređivali ih sa brojem sunčevih pega.

Interesantno je da godine sa minimumom pega, gotovo po pravilu imaju niže srednje godišnje temperature a veću količinu padavina od godina koje im neposredno prethode i dolaze odmah iza njih. Tako 1889. godina, u kojoj je minimum sunčevih pega, ima nisku srednju godišnju temperaturu (10,1°C), jednu od najhladnijih zima u Beogradu i veliku količinu padavina

(823,4 mm). Slične njoj, u pogledu prosečnih temperatura vazduha i sume padavina su 1901. i 1913, s tim što je leto 1913. bilo jedno od najsvježijih (18,5°C) u Beogradu. Godine koje prethode 1901. i 1913, tj. 1900. i 1912. (koje su takođe s malim brojem Volfa) spadaju u red najkišovitijih u Beogradu, sa ne tako toplim letima i obilnim padavinama u vegetacionom periodu. Vegetacioni period 1900. (sa 586 mm padavina), bio je najkišovitiji u Beogradu tokom čitavog perioda osmatranja meteoroloških elemenata u njemu (1888-1985).

Dakle, u vreme minimuma sunčevih pega, pri pretežno zonalnoj cirkulaciji atmosfere, leta nisu tako topla a vegetacioni periodi raspolažu značajnom količinom padavina.

Sa 1923. godinom počinje četvrti ciklus sunčeve aktivnosti, računato od vremena kada se vrše meteorološka merenja u Beogradu. Međutim, 1923. godina se ponaša sasvim „neuobičajeno” u odnosu na ostale godine sa minimumom pega, odnosno, ima visoku prosečnu temperaturu (13,0°C), izrazito malu količinu padavina (422,5 mm) i veoma sušni vegetacioni period (147 mm). U maju 1923. izlučilo se samo 9,9 mm padavina. Naredna godina sa minimumom pega je 1933. Ona se ponaša „uobičajeno”: ima nisku prosečnu temperaturu (10,1°C), znatno nižu nego 1932. (11,1°C), koja joj prethodi i 1934. (12,8°C), koja za njom neposredno dolazi. Količina padavina 1933. godine (748,7 mm), znatno je veća nego 1932. (705 mm), a pogotovo u odnosu na 1934. (621,4 mm). Dve uzastopne zime (1932/33. i 1933/34) izrazito su hladne. Leto 1933. je sveže i sa dovoljno padavina u vegetacionom periodu. Gotovo istih karakteristika je i 1944. U njoj je znatno niža srednja godišnja temperatura (10,8°C), nego u godinama ispred (12,6°C) i iza nje (12,2°C), a suma padavina je znatno veća (729,3 mm) u odnosu na 1943. — 542,4 mm i 1945. — 602,2 mm.

Sledeći minimum pega bio je 1954. Prosečna temperatura u ovoj godini opet je relativno niska (10,8°C), a godišnja suma padavina izrazito visoka (926,3 mm). Za vegetacioni period 1954. može se reći da je čak i vlažan, pogotovo maj (161,7 mm), jun (130,3 mm), pa i avgust (94,9 mm). Zima 1953/54. jedna je od najhladnijih (-3,2°C) u Beogradu. U 1964. godini s maksimumom pega, srednja temperatura je neznatno ispod proseka, dok je suma padavina iznad prosečne. Zima 1963/64. jedna je od hladnijih: prosečna temperatura decembra 1963. iznosila je -1,8°C, a januara 1964. čak -5,5°C. Zima koja joj je prethodila (1962/63) takođe je bila jedna od hladnih (-2,6°C) u Beogradu.

Međutim, 1976. se donekle razlikuje od ostalih godina u kojima se javlja minimum sunčeve aktivnosti. Istina, temperatura u njoj je znatno niža (11,2°C) nego u godini koja joj prethodi i godini koja dolazi neposredno iza nje, odnosno, prosečna temperatura 1975. iznosi 12,2°C a 1977. godine 12,4°C. Ali, količina padavina 1976. je upadljivo manja (613 mm) u odnosu na 1975. (743 mm) i 1977. (790 mm). Leto 1976. je dosta sveže (prosečna temperatura juna, jula i avgusta iznosi 19,5°C), a vegetacioni period i pored male godišnje sume padavina je relativno vlažan. U njemu se izlučilo 371 mm padavina, tj. čak nešto preko 60% ukupne godišnje količine. Dakle, u godinama sa minimumom pega i kada je relativno mala godišnja suma padavina, vegetacioni period je dovoljno vlažan, tj. u njima se ne javlja suša kao elementarna nepogoda.

Prema tome, u idućoj, 1986. godini koja će biti sa minimumom pega, možemo očekivati više padavina nego što je bilo 1985, zatim svežije leto i

vlažniji vegetacioni period, odnosno, neće nas pogoditi suša kao 1985. Ali, zima može biti i hladnija od zime 1984/85. godine. Prosečna temperatura januara 1985. iznosila je -3,4°C, a zimskih meseci -1,7°C. Inače, prosečna temperatura zimskih meseci (decembar prethodne, januar i februar tekuće godine) u Beogradu, za period 1887-1984, iznosi plus 1,2°C (7).

Godine sa maksimumom pega imaju gotovo po pravilu relativno visoke prosečne godišnje temperature a malu sumu padavina. Na primer, 1917. izlučilo se 455,9 mm, 1928. godine 424,0 mm, a 1907, koja po broju pega tek neznatno zaostaje za 1905, sa samo 325,5 mm predstavlja padavinama najsiromašniju godinu u Beogradu. Količina padavina u njima obično je manja nego u godinama koje su neposredno ispred ili iza njih, a vegetacioni periodi su im po pravilu sušni.

Razlika u broju pega između 1968. i 1969, isto kao između 1979. i 1980. veoma je mala, tako da se može govoriti o maksimumima sunčeve aktivnosti 1968/69. i 1979/80. Ali, između 1968. i 1969. kao i između 1979. i 1980. postoje značajne razlike u prosečnoj temperaturi i godišnjoj sumi padavina. Ovo navodi na zaključak da godine „nemirnog” ili „aktivnog sunca” u istom ciklusu, u pogledu vremenskih prilika mogu biti veoma različite. Međutim, interesantno je da su se vremenske prilike u godinama sa maksimumom pega (1968/69), gotovo ponovile u sledećem ciklusu (1979/80).

Ali, i među godinama sa najvećim brojem Volfa ima onih koje se „neuobičajeno” ponašaju. Tako 1937. ima visoku srednju temperaturu (12,3°C), ali i veoma veliku količinu padavina (984,4 mm), maksimalnu godišnju sumu za čitav period osmatranja, dok je 1893. imala relativno malu količinu padavina (636,5 mm), ali izvanredno nisku srednju godišnju temperaturu (10,0°C); sa 1888. i 1940. najnižu u čitavom gotovo stogodišnjem periodu osmatranja i merenja temperatura u Beogradu.

Ipak, statistika pokazuje da godine sa minimumom pega imaju niže prosečne temperature vazduha a veću količinu padavina u odnosu na godine sa maksimumom pega. Tako srednja temperatura vazduha godina sa najmanjim brojem Volfa u jednom ciklusu (1889, 1901, 1913. itd. sve do 1976) iznosi 11,0°C, a prosečna suma padavina 716 mm. Ako iz ovog niza izostavimo 1923, koja se „neuobičajeno” ponašala u odnosu na ostale godine sa minimumom pega, tj. imala je visoku prosečnu temperaturu (13,0°C) a malu količinu padavina (425,5 mm), onda je prosečna temperatura vazduha godina sa minimumom pega 10,8°C a godišnja suma padavina 750,2 mm. Na drugoj strani prosečna temperatura vazduha godina sa maksimumom pega (1893, 1905, 1917. itd. sve do 1980) iznosi 11,6°C a prosečna suma padavina 635 mm. Ako iz navedenog niza izostavimo padavine 1937. i temperaturu 1893, tj. dva klimatska elementa koja su se u pomenutim godinama „neuobičajeno” ponašala u odnosu na ostale godine sa maksimumom pega, onda prosečna temperatura vazduha godina sa najvećim brojem Volfa iznosi 12,0°C a suma padavina samo 591,5 mm. Inače, prosečna višegodišnja temperatura vazduha u Beogradu (period 1888—1980) iznosi 11,5°C a suma padavina 670 mm (6, 74).

ZAKLJUČAK

Svakako da se rešavanje jednog izvanredno složenog problema kao što je dugoročna prognoza vremena ne može zasnivati samo na promeni sunčeve

PRILOG 1 — Broj sunčevih pega (W), prosečna godišnja temperatura (T°C) i godišnja suma padavina (X mm) u Beogradu, period 1888—1983.

God.	W	T°C	X mm	God.	W	T°C	X mm
1888.	6,8	10,0	581,1	1936.	79,7	12,4	656,9
1889.	6,3	10,1	823,4	1937.	114,4	12,3	984,4
1890.	7,1	11,0	701,3	1938.	109,6	11,5	678,2
1891.	35,6	10,9	596,0	1939.	88,8	12,2	783,0
1892.	73,0	11,4	701,1	1940.	67,8	9,7	818,7
1893.	84,9	10,0	636,5	1941.	47,5	10,7	857,8
1894.	78,0	11,4	474,7	1942.	30,6	11,6	723,4
1895.	64,0	10,9	713,6	1943.	16,3	12,6	542,4
1896.	41,8	10,8	717,4	1944.	9,6	10,8	729,3
1897.	26,2	11,0	753,7	1945.	33,1	12,2	602,2
1898.	26,7	12,0	471,7	1946.	92,5	12,7	637,8
1899.	12,1	11,3	610,2	1947.	151,5	12,4	569,1
1900.	9,5	11,8	853,9	1948.	136,2	12,1	679,6
1901.	2,7	10,9	727,6	1949.	134,7	11,8	799,8
1902.	5,0	10,8	579,8	1950.	83,9	13,2	493,2
1903.	24,4	11,7	595,9	1951.	69,4	13,1	707,2
1904.	42,0	11,5	493,6	1952.	31,5	12,8	754,6
1905.	63,5	11,3	677,0	1953.	13,9	11,6	696,3
1906.	53,8	11,3	572,3	1954.	4,4	10,8	926,3
1907.	62,0	11,4	325,5	1955.	38,0	11,6	859,8
1908.	48,5	10,6	494,1	1956.	141,7	10,5	737,5
1909.	43,9	11,1	642,1	1957.	190,2	12,2	604,0
1910.	18,6	11,8	816,5	1958.	184,6	12,4	585,1
1911.	5,7	11,8	436,0	1959.	159,0	11,6	599,7
1912.	3,6	10,6	859,0	1960.	112,3	12,4	594,0
1913.	1,4	11,0	721,4	1961.	53,9	12,7	465,0
1914.	9,6	10,2	701,2	1962.	37,5	11,4	573,0
1915.	47,4	11,2	849,6	1963.	27,9	11,7	538,0
1916.	57,1	12,2	582,3	1964.	10,2	11,2	712,0
1917.	103,9	11,3	455,9	1965.	15,1	10,5	666,0
1918.	80,6	11,9	506,3	1966.	47,0	12,6	693,0
1919.	63,6	10,9	905,1	1967.	93,8	12,2	723,0
1920.	37,6	11,7	469,7	1968.	105,9	12,2	678,0
1921.	26,1	11,8	653,3	1969.	105,5	10,5	802,0
1922.	14,2	11,1	645,1	1970.	104,5	11,6	810,0
1923.	5,8	13,0	422,5	1971.	66,6	11,8	695,0
1924.	16,7	10,6	777,6	1972.	68,9	12,0	721,0
1925.	44,3	11,5	757,9	1973.	38,0	11,6	546,0
1926.	63,9	12,1	701,1	1974.	34,5	12,0	910,0
1927.	69,0	12,3	695,0	1975.	15,5	12,2	743,0
1928.	77,8	12,0	424,0	1976.	12,6	11,2	613,0
1929.	65,0	10,2	624,7	1977.	27,5	12,4	790,0
1930.	35,7	12,9	516,1	1978.	92,5	11,0	797,0
1931.	21,2	11,5	716,9	1979.	155,4	12,2	687,5
1932.	11,1	11,1	705,2	1980.	154,6	11,0	916,0
1933.	5,6	10,1	748,7	1981.	140,5	11,2	861,0
1934.	8,7	12,8	621,4	1982.	115,9	12,0	695,0
1935.	36,0	11,7	543,2	1983.	66,6	12,3	511,8

aktivnosti. Ali, ne treba zaboraviti da su procesi u atmosferi koji određuju vremenske prilike, pa i klimu na Zemlji, na nekoj „granici postojanosti” i da njihov dalji razvoj, na potpuno nov način i sasvim u drugom pravcu, mogu usmeriti naizgled veoma beznačajni spoljni podsticaji ili impulsi. Zato se prognoze vremena često ne ostvaruju, i to jednodnevne, da ne govorimo o dugoročnim prognozama. Dakle, uticaj sunčeve aktivnosti može biti jedan od značajnih uzroka ili povoda kolebanjima klimata, što se i na primeru klime Beograda pokazuje. Zato izučavanju uzročno-posledičnih veza sunčeva aktivnost — kolebanje klimata treba posvetiti dužnu pažnju jer, po svemu sudeći, ona mogu značajno doprineti pouzdanim dugoročnim prognozama.

Koliko je predviđanje vremena, a posebno dugoročna prognoza, važan problem ne treba suviše dokazivati. Dovoljno je podsetiti da su proizvodnja hrane, vodosnabdevanje i energetika u velikoj zavisnosti od vremenskih prilika i klime. Nije teško zamisliti kolika bi korist bila kada bismo pouzdano znali da li će naredno leto biti kišovito ili sušno, koliko će trajati vegetacioni period, da li će sledeća zima biti oštra, sa mnogo snega ili blaga. Pogotovo u današnjim prilikama kada brzorastuće čovečanstvo raspolaže relativno malim rezervama hrane i energije. Međutim, prognoza je i izuzetno složen problem. A, upravo ta složenost dovodi do neizbežnih grešaka u predviđanju vremena. Dok sa preciznošću, ne od jednog dana ili sata, već minuta i sekunde, tačno proračunavamo kada će doći do pomračenja Sunca ili Meseca, dotle često nismo u stanju da i pored ogromnog broja meteoroloških stanica, aerisondi, meteoroloških satelita, radara, kompjutera itd. predvidimo kakvo će vreme biti sledećeg dana, da ne govorimo sledećeg meseca ili godine. Ali, to ne treba da nas obeshrabri. Uostalom, svakako da je o izgledima vremena, kolebanjima i promenama klimata u narednim godinama bolje znati bilo šta nego apsolutno ništa.

LITERATURA I IZVORI

1. Donald H. Menzel: *Our Sun*, Revised edition, Cambridge — Massachusetts 1959.
2. Л. И. Миросниченко: *Солнечная активность и земля*, „Наука“, Москва 1981.
3. А. В. Бялко: *Наша планета земля*, „Наука“, Москва 1983.
4. *Реферативный журнал, география*, № 8, Москва 1985.
5. Gavrilović, Lj.: *Poplave u SR Srbiji u XX veku*, Posebna izdanja, SGD, knj. 52, Beograd 1981.
6. Rakićević, T.: *Sekularne promene klime Beograda*, Glasnik SGD, sv. LXIII/2, Beograd 1983.
7. Podaci sa Meteorološke opservatorije u Beogradu.
8. Podaci sa Astronomске opservatorije u Beogradu.

ACTIVITY OF THE SUN AND CLIMATE VARIATION ON THE EXAMPLE OF BELGRADE

Ever since the beginning of systematic observations and measurements of the air temperature and precipitation in Belgrade (August 13, 1887), there have been 9 changes of the Sun's activity (see graph 1). A significant correlation has been established between the number of sunspots, air temperature and amount of precipitation. Furthermore, the years with a minimum number of spots had lower average temperatures and a greater amount of precipitation regarding years with the greatest number of Volfs. Besides, in the years with the maximum number of sunspots, the vegetation periods were almost regularly with very little precipitation, i.e. the agricultural crops grown at that time were exposed to droughts.