

Klimu Zemlje (na primjeru Hrvatske) prvenstveno određuje zračenje koje dobija od Sunca.

Sunce (astronomski simbol: ☉) je zvijezda u centru našeg Sunčevog sustava. Ona je bijelo usijana, gotovo savršena kugla (razlika između ekvatora i pola je samo 10 km) i sastoji se od plazme isprepletene s magnetskim poljima. Promjer mu je oko 1 392 000 km, što je za 109 puta više od Zemlje i ima masu oko $2 \cdot 10^{30}$ kilograma, što je za 330 000 puta više od Zemlje, a to je 99,86 % mase cijelog Sunčevog sustava.^[3] Sunčev je obujam 1,3 milijuna puta veći od Zemljina. Prosječne je gustoće $1\,411\text{ kg/m}^3$ (oko 1/4 gustoće Zemlje). Većina poznatih kemijskih elemenata otkrivena je i na Suncu. Po kemijskom sastavu $\frac{3}{4}$ mase Sunca čini vodik, dok je ostatak uglavnom helij, a manje od 2 % čine teži elementi kao što su kisik, ugljik, neon, željezo i drugi. U središtu Sunca, gdje se nalazi izvor energije i gdje temperatura doseže 15 milijuna stupnjeva kelvina, vodika je manje od helija.

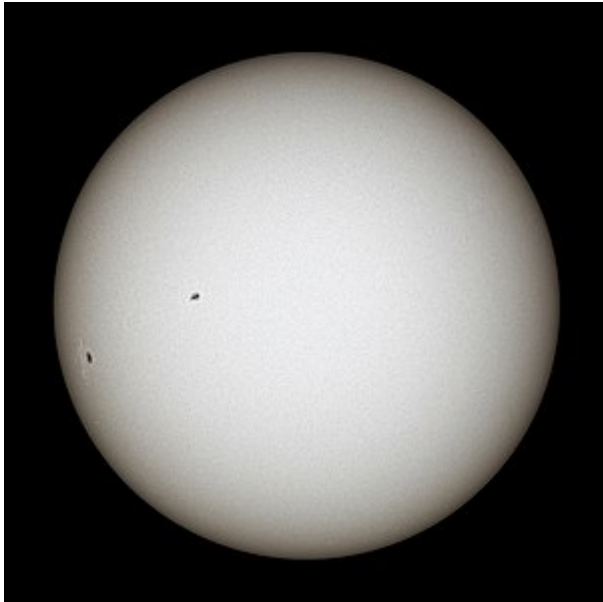
Prema spektralnoj klasi, Sunce spada u klasu G2V, te se još naziva *žuti patuljak*, zato što najviše zrači u žutozelenom dijelu spektra. Boja Sunčeve svjetlosti je bijela, ali kada je na nebu nisko nad obzorom, ovisno o količini prašine u atmosferi i zbog raspršenja svjetlosti, izgleda žuto, narančasto ili crveno. Spektralna oznaka G2 pokazuje površinsku temperaturu, koja iznosi 5 778 K (5 505 °C), dok oznaka V pokazuje da je Sunce, kao i većina drugih zvijezda, u glavnom nizu (Hertzsprung-Russellov dijagram-niže dole) i da stvara energiju nuklearnom fuzijom, pretvarajući vodik u helij.

U jezgri Sunca, svake sekunde u helij fuzionira 4 300 000 000 kg vodika. Iako su nekoć astronomi smatrali da je Sunce mala i beznačajna zvijezda, ispostavilo se da je Sunce svjetlije od 85 % zvijezda u Mliječnom putu, a većina zvijezda spada u crvene patuljke. Apsolutna magnituda mu je +4,83, ali budući da nam je Sunce puno bliže od ostalih zvijezda, vidimo ga kao najsjajnije nebesko tijelo s prividnom magnitudom -26,74. Vanjski dio Sunčeve atmosfere (korona) stalno ispušta dio plazme u svemir u obliku Sunčevog vjetra, kao struju električno nabijenih čestica koja se širi do otprilike 100 astronomskih jedinica. Balon međuzvjezdane tvari koju stvara Sunčev vjetar naziva se heliosfera: to je najveća neprekidna struktura u Sunčevom sustavu. Osim Zemlje i drugih planeta, oko Sunca kruže i patuljasti planeti, asteroidi, kometi, meteoroidi, trans-neptunski objekti u Kuiperovom pojasu i čestice prašine.

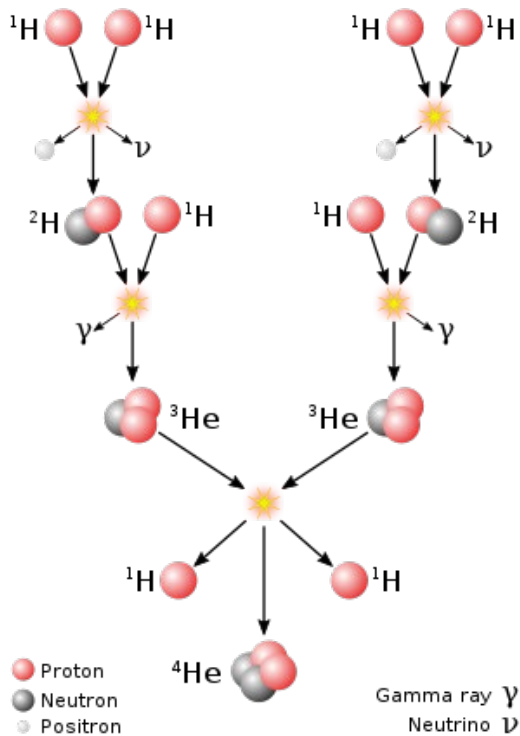
Kako se cijeli svemir širi, tako se i Zemlja kreće s našom galaktikom ili Mliječnim putem, prema sazviježđu Vodena zmija i to brzinom od 550 km/s. Najbliža nam je zvijezda alfa Kentaur, koja je udaljena 4,2 godine svjetlosti. Sunčev sustav se okreće oko centra Mliječnog puta, koji je udaljen od 24 000 do

26 000 godina svjetlosti i jedan puni krug napravi za 230 milijuna godina. Ako se u obzir uzme kretanje naše galaktike i naše orbitiranje oko njenog centra, onda je rezultanta kretanja Sunca 370 km/s u smjeru sazviježđa Lava i Pehara.

JOŠ MALO ASTRONOMIJE



Slika 1. Sunce u prirodnoj boji, sjaja smanjenog jakim neutralnim filterom

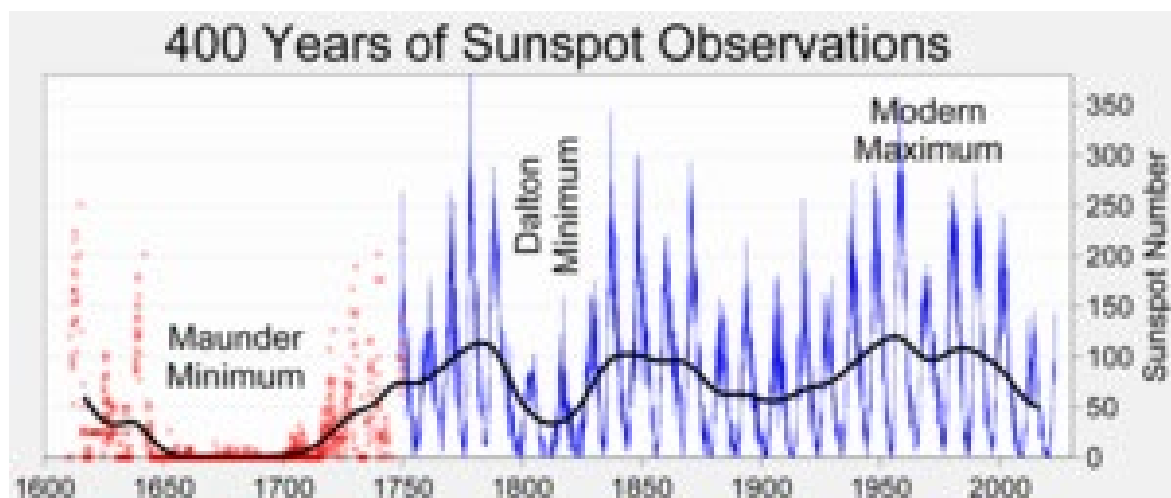


Slika 2. Sunce stvara energiju nuklearnom fuzijom, pretvarajući vodik u helij. Niz proton-proton dominira u zvijezdama veličine Sunca ili manjim.

Srednja udaljenost između Sunca i Zemlje je 149 600 000 km ili jedna astronomska jedinica (AJ), što svjetlost prijeđe za 8 minuta i 19 sekundi. Energija koju prenosi Sunčeva svjetlost (Sunčeva konstanta) daje gotovo sav život na Zemlji, zahvaljujući fotosintezi, a ujedno pokreće vrijeme i klimu na Zemlji. ✓

Fizičke karakteristike

Sunčeve pjege, baklje i protuberance su posljedice Sunčeve aktivnosti.



Slika 3. Sunčeve pjege u zadnjih 400 godina.

Sunce je zvijezda glavnog niza (pogledati Hertzsprung-Russellov dijagram), spektralnog tipa G2, što znači da je nešto veća i toplija od prosječne zvijezde, no nedovoljno velika da bi pripadala takozvanim "divovima". Životni vijek zvijezda tog spektralnog tipa je oko 10 milijardi godina, a jer je Sunce staro oko 5 milijardi godina, nalazi se u sredini svog životnog ciklusa.

U središtu Sunca u termonuklearnim reakcijama (nuklearna fuzija) vodik se pretvara u helij. Svake sekunde u nuklearnim reakcijama sudjeluje $3,8 \cdot 10^{38}$ protona (vodikovih jezgri). Oslobođena energija biva izračena sa Sunčeve površine u obliku elektromagnetskog zračenja i neutrina, te manjim dijelom kao kinetička i toplinska energija čestica Sunčevog vjetra i energija Sunčevog magnetskog polja.

Zbog ekstremno visokih temperatura, tvar je u obliku plazme. Posljedica toga je da Sunce ne rotira kao čvrsto tijelo. Brzina rotacije je veća na ekvatoru, nego u blizini polova, zbog čega dolazi do iskrivljenja silnica magnetskog polja,

erupcija plinova sa Sunčeve površine i stvaranja Sunčevih pjega i prominencija (protuberanci). Ove pojave nazivamo Sunčevom aktivnošću.

Budući da se Sunce sastoji od plazme, ekvator se okreće brže od polova. Ta se pojava naziva **diferencijalna rotacija** i na ekvatoru ona iznosi 25,6 dana, a na polovima 33,5 dana. Budući da se i Zemlja okreće oko Sunca, nama se čini da se ekvator Sunca okrene za otprilike 28 dana (sinodički period vrtnje). U tom periodu Sunčeva aktivnost iskazuje promjene utjecaja na Zemlju. Os vrtnje nagnuta je prema okomici na ekliptiku za $7,2^\circ$. Zbog toga nagiba Sunčeva se kugla ne vidi sa Zemlje stalno u istoj projekciji. Sjeverni joj je pol prema Zemlji najviše nagnut u rujnu.

S obzirom na ostale zvijezde, Sunce se nalazi u populaciji I, što znači da je bogato teškim elementima (zlatom i uranijem), za što je vjerojatno zaslužna eksplozija neke bliske supernove.

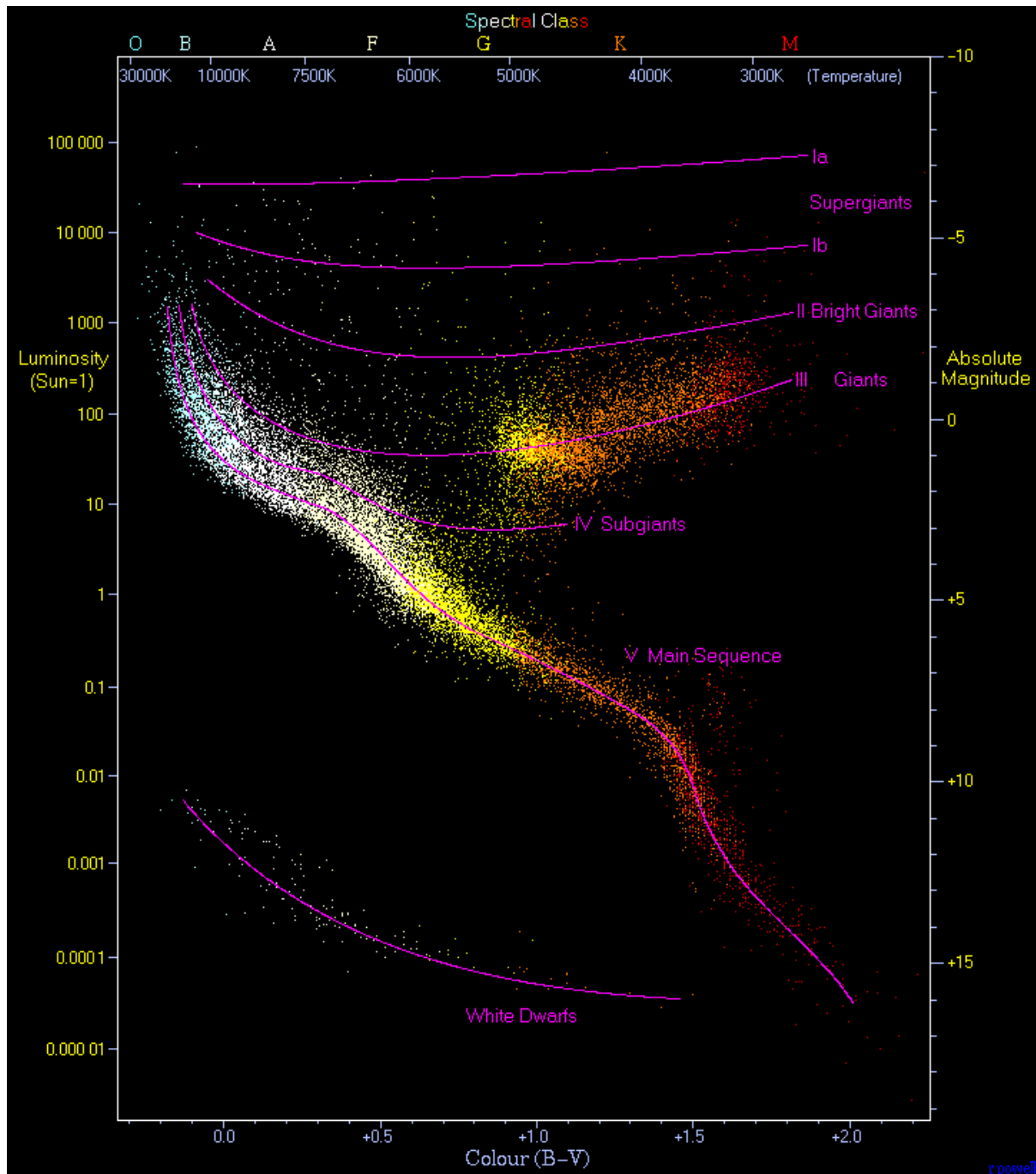
Hertzsprung-Russellov dijagram (poznat pod kraticama **HRD** ili **HR dijagram**) je dijagram koji pokazuje odnose između apsolutnog sjaja, boje i temperature zvijezda. Dijagram su prvi kreirali Ejnar Hertzsprung i Henry Norris Russell oko 1910. godine. Otkriće dijagrama dovelo je do velikog napretka u razumijevanje evolucije zvijezda.

Na ovom dijagramu ucrtano je 22,000 zvijezda iz Hipparchos kataloga i oko 1000 zvijezda iz kataloga obližnjih zvijezdi Gliese. Najuočljivija pojava na dijagramu je takozvana **Vodoravna pruga** na kojoj se nalaze zvijezde glavnog niza. U donjem lijevom dijelu nalaze se bijeli patuljci, a u gornjem desnom dijelu zvijezde divovi i superdivovi. Sunce se nalazi na glavnom nizu sa sjajem 1 i temperaturom od 5780 K.

HR dijagram služi za definiranje različitih tipova zvijezda i teoretsko predviđanje evolucije zvijezda pomoću računala i promatranja dotičnih zvijezdi.

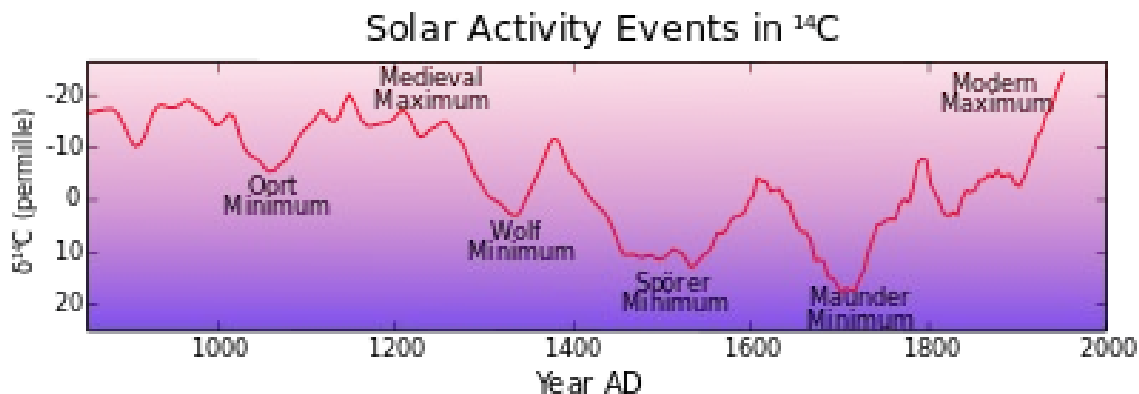
HR dijagram znanstvenici koriste da bi odredili udaljenost skupova zvijezda. To se može učiniti uspoređivanjem prividnog sjaja i apsolutnog sjaja referentnih zvijezda čija je udaljenost i sjajnost dovoljno precizno određena. Razlika između prividnog i stvarnog sjaja daje modul udaljenosti iz kojeg se može izračunati udaljenost.

Slika 4. Hertzsprung-Russellov dijagram



Izradom HR dijagrama za neki skup zvijezda moguće je odrediti njegovu starost. Ako se većina zvijezda nekog skupa nalazi na glavnom nizu onda je skup mlad. Ako postoje zvijezde u gornjem desnom kutu, među divovima, onda je skup umjerenje starosti, jer sadrži zvijezde u naprednijem evolucijskom stadiju. U slučaju da se znatan broj zvijezda skupa nalazi među bijelim patuljcima onda je skup veoma star, jer su neke zvijezde proživjele cijeli evolucijski ciklus.

Sunčev ciklus izmjena minimalne i maksimalne aktivnosti



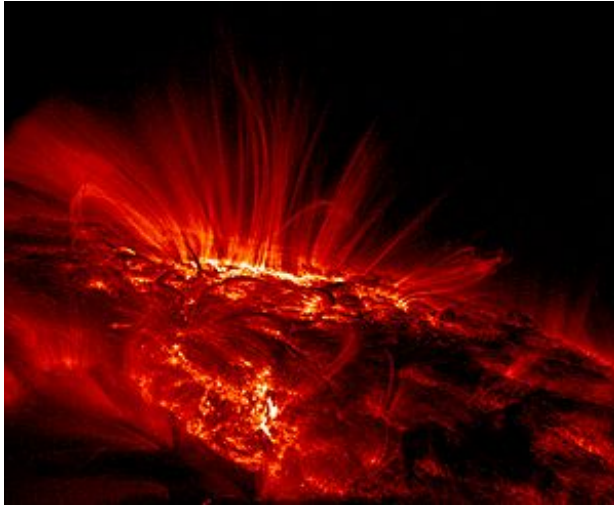
Slika 5. Prikaz Sunčevih aktivnosti u zadnjih 11 400 godina (datiranje ugljikom-14).

Očito je vidljiv **Maunderov minimum**, razdoblje u drugoj polovici 17. stoljeća tijekom kojega je broj Sunčevih pjega bio izuzetno malen. Zbio se istovremeno s razdobljem hladnih godina, nazvanog Malo ledeno doba.

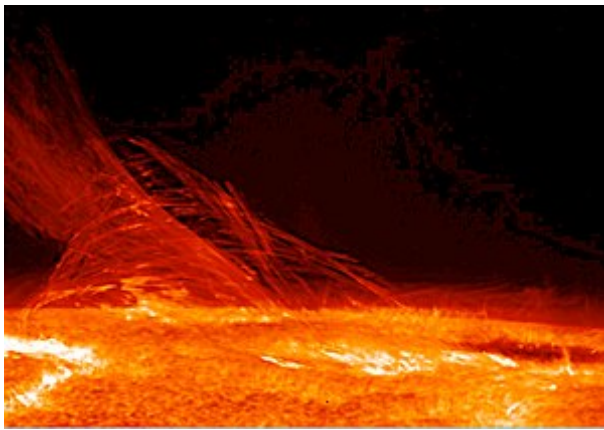
Promjene koje se opažaju na Suncu i zovu se Sunčevom aktivnošću odvijaju se periodično u ciklusima prosječne duljine 11 (10-12) godina. Ciklusi ponekad variraju u duljini, između 8 i 15 godina. Te promjene obuhvaćaju:

- količinu izračene energije (Sunčeva konstanta)
- brojnost i raspored Sunčevih pjega
- brojnost Sunčevih baklji
- brojnost protuberanci
- oblik i veličinu sunčeve korone

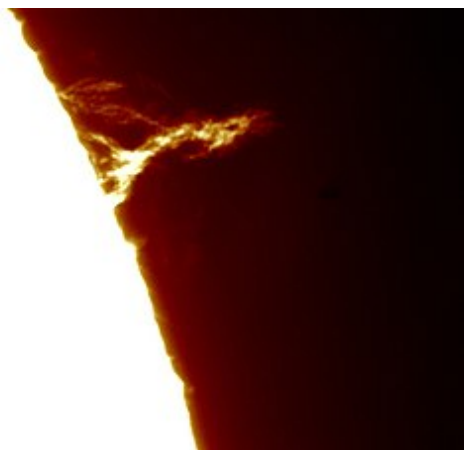
Vremenski period najveće aktivnosti naziva se **Sunčev maksimum**. Može trajati nekoliko godina, ovisno o aktivnosti pjega i baklji. Postoje i dulja periodička razdoblja Sunčeve aktivnosti. U povijesti je poznat **Maunderov minimum** (Edward Walter Maunder), razdoblje u drugoj polovici 17. stoljeća tijekom kojega je broj Sunčevih pjega bio izuzetno malen (pjege imaju manju temperaturu od okolnog područja). Zbio se istovremeno s razdobljem hladnih godina, nazvanog Malo ledeno doba. Nije sasvim jasno jesu li klimatske promjene bile uzrokovane ekstremno niskom Sunčevom aktivnošću.



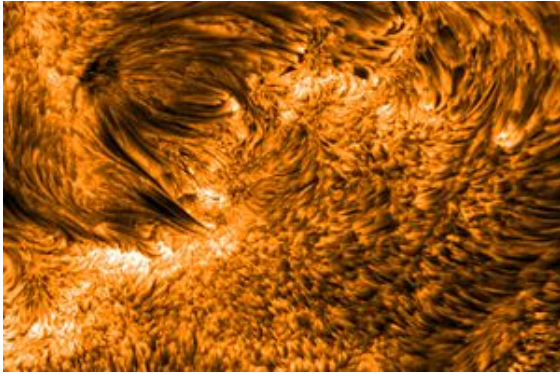
Slika 6. Sunčeva pjega u ultraljubičastom zračenju, svemirska letjelica *TRACE*



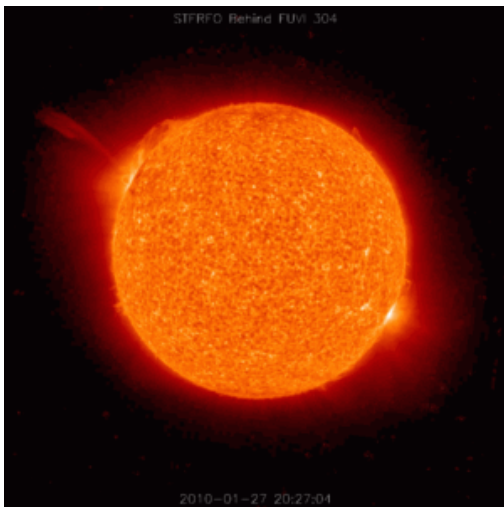
Slika 7. Protuberanca u Sunčevoj kromosferi. Snimka u ekstremnom ultraljubičastom zračenju, lažno obojana žuto-narančasto.



Slika 8. Sunčeva baklja u Sunčevoj kromosferi. Snimka u H-alfa području, lažno obojana u narančasto.



Slika 9. Spikule, vidljive kao tamne cijevi. Snimio Švedski solarni teleskop 16. lipnja 2003. u H-alfa području. Lažno obojano narančasto.



Slika 10. Lukovi koronalnog izbacivanja mase se dižu iznad aktivnih područja na Suncu. Snimka sonde STEREO B u ekstremnom ultraljubičastom zračenju, lažno obojana u narančasto.



Slika 11. Potpuna pomrčina Sunca 11. kolovoza 1999.

Sunce se u dubinu dijeli na veći broj slojeva prema uvjetima koji u njima vladaju. Granice među njima nisu jasno ocrtane i postoje prijelazna područja. Sunce nema čvrstu površinu pa se kao granicu na kojoj počinje atmosfera uzima najviši sloj koji je još uvijek optički neproziran. Također, Sunce se ne možemo točno ograničiti, jer njegov gušći dio prelazi u rjeđu atmosferu, a iza nje se daleko prostire područje u kojem djeluje Sunčev vjetar.

Sastav Sunca

Jezgra

Do četvrtine polumjera Sunca prostire se jezgra, područje visoke temperature, oko 15,6 milijuna K i tlaka 10^{16} Pa. U takvim uvjetima odvija se nuklearna fuzija vodika u helij. Spajanjem 4 protona (jezgre atoma vodika) nastaje jedna jezgra atoma helija (2 protona i 2 neutrona), pri čemu se oslobađaju subatomske čestice (kao neutrino) i energija u obliku gama zračenja.

Oko $3,6 \cdot 10^{38}$ protona (jezgre vodika) se svake sekunde pretvara u jezgre helija, oslobađajući masu i energiju (ekvivalencija mase i energije) od 4 300 000 000 kg u sekundi ili $3,8 \cdot 10^{26}$ W.

Izračunata gustoća snage fuzije u Sunčevoj jezgri iznosi 276.5 W/m. Ipak, Sunce je toliko veliko i sporo provodi toplinu da ona uspijeva ostati dovoljno nagomilana i održavati visoku temperaturu potrebnu za nastavak nuklearne fuzije. Sunčeva jezgra stvara gotovu svu toplinu koja se stvori nuklearnom fuzijom, ostalih 1 % se stvori izvan jezgre. Energija koja se stvori u jezgri (osim neutrina) mora putovati veliki broj puta kroz razne slojeve, dok ne dođe do fotosfere i izađe u svemir kao Sunčeva svjetlost ili kinetička energija čestica.

Na udaljenosti 19 % od Sunčevog polumjera, temperatura padne na 10 000 000 K, a gustoća snage je $6,9$ W/m³. U tim uvjetima se oslobađa 91 % Sunčeve energije. Na udaljenosti 30 % Sunčevog polumjera, nuklearna fuzija gotovo nestane.

Zona zračenja

Iznad jezgre se nalazi zona zračenja, otprilike od 25 % do 70 % Sunčevog polumjera od centra. U toj zoni nije dovoljna temperatura da se stvori nuklearna fuzija, pa se toplina prenosi zračenjem prema vanjskim slojevima. U toj zoni nema konvekcije ili miješanja plazme, a temperature se kreću od 7 000 000 do 2 000 000 K na vanjskom dijelu. Energija se prenosi zračenjem iona vodika i helija, koji emitiraju fotone koji vrlo brzo prijeđu tu udaljenost do vanjskog dijela zone zračenja, gdje fotone preuzmu drugi ioni u zoni konvekcije. Gustoća se mijenja od 20 g/cm³ do samo 0,2 g/cm³ na vrhu tog sloja.

Zona konvekcije

Iznad zone zračenja se nalazi zona konvekcije, od oko 70 % Sunčevog polumjera do fotosfere, što je otprilike 200 000 km. U tom sloju plazma nije dovoljno topla i gusta za prijenos energije zračenjem. Zato se pojavljuju **toplinski stupovi**, koji prenose vruću plazmu od zone zračenja do fotosfere: kad se plazma ohladi, spušta se natrag i tako stvara zatvoreni krug. Temperatura padne s 2 000 000 K na 5 778 K, a gustoća je oko 0,2 g/cm³. Toplinski stupovi se na površini Sunca vide kao *granule* i supergranule. Turbulentno kretanje plazme kroz zonu konvekcije stvara na površini svakog toplinskog stupa magnetsko polje, koje se zatvara iznad površine Sunca.

Fotosfera

Prividnu površinu Sunca nazivamo još i **fotosferom**. Ovdje se temperature kreću oko 5 777 K, što za posljedicu ima površinu koja je bijelo usijana. Vrući plin izvire iz unutrašnjosti na površinu, zbog čega nam se čini da površina ima granulastu (zrnatu) strukturu. Granule su promjera oko 1 000 km, u stalnom su pokretu (poput vrenja vode), a vrijeme trajanja im je nekoliko minuta. Ponekad nastaju takozvane supergranule promjera 30 000 km koje traju i do 24 sata. U spektru Sunca prevladavaju infracrveno i vidljivo zračenje koje je nepromjenjive jakosti. Ultraljubičasto i rendgensko zračenje se stvara prolaznim procesima u višim slojevima atmosfere i promjenjive je jakosti.

U fotosferi se nalaze Sunčeve pjege (makule), Sunčeve baklje (fakule), granule i supergranule. Sunčeve pjege su područja i do 1500 K niže temperature koja na fotografijama smanjenog intenziteta svjetla izgledaju kao crne mrlje okružene sivim pojasom. U stvarnosti su manje blještave, narančasto usijane, ali na fotografijama koje su ispravno eksponirane da se vide detalji fotosfere, bivaju podeksponirane i stoga crne. Pjege su posljedica su kvaziperiodične evolucije Sunčeva magnetskog polja.

Kromosfera

Kromosfera je niži sloj Sunčeve atmosfere: proteže se iznad fotosfere do visine oko 2 000 km. Dno kromosfere je temperature 4400 K, a vrh 25000 K. Zbog znatno više temperature i ionizacije, te nižeg tlaka, ne zrači kao crno tijelo, već zrači emisijske linije vodika i zato je crveno-ružičaste boje, ali puno slabijeg sjaja od fotosfere, te se zbog toga može vidjeti samo za vrijeme potpune pomrčine Sunca na rubu Sunčevog diska, ili korištenjem posebnih filtera koji propuštaju samo svjetlost u H-alfa području. Znatno je rjeđa od fotosfere i nepravilnog je oblika. Porastom visine gustoća atmosfere opada, ali se povećava temperatura. Ove promjene gustoće i temperature izražene su u prijelaznom području između kromosfere i korone. U kromosferi se događaju izboji plina

stvarajući učinke koje nazivamo prominencije i Sunčeve baklje. Prominencije (protuberance) su oblaci ili mlazovi usijanog plina izbačenog u vis. Mogu se uzdići do visine 150 000 km iznad fotosfere, kroz kromosferu i koronu. Gušće su od okolne tvari i dostižu temperaturu oko 20 000 K. Njihov ionizirani plin podržavan je silom magnetskog polja. Mirne prominencije preživljavaju i više mjeseci. Na sličan način dolazi do pojave baklji, mlazova plina koji se brzo podižu unutar kromosfere i padaju nazad. Vrijeme trajanja jedne baklje je oko 10 minuta. Iz nje se podižu i bodlje (spikule), mali izbačaji plina koji se dižu do visine od 7 000 do 9 000 km. Spikule nisu razmještene po cijelom Suncu, već su stiješnjene na rubovima supergranula.

Korona

U višim slojevima Sunčeve atmosfere, **koroni**, temperatura nastavlja rasti do 1 000 000 K, no gustoća joj je samo 0.1-0.6 Pa što je izrazito jak vakuum, pa stoga sadrži puno manju količinu topline.

Pravi mehanizam kako dolazi do tolikoga grijanja korone još nije sasvim poznat, ali smatra se da je to najvjerojatnije posljedica induktivnog djelovanja Sunčevog magnetskog polja na plazmu u koroni (vidi: Lorentzova sila). Prije se smatralo da to nastaje zbog tlaka zvučnih valova iz unutrašnjosti Sunca, ali se otkrilo da i mlade zvijezde imaju koronu s jakim magnetskim poljem, pa se od te hipoteze sve češće odustaje. Vanjski dijelovi korone stalno odlaze sa Sunca duž otvorenih magnetskih linija u obliku Sunčevog vjetra.

Sunčev vjetar

Sunčev vjetar ili **solarni vjetar** je struja čestica izbačenih velikom brzinom iz gornjih slojeva Sunčeve atmosfere, uglavnom elektrona i protona. Iako je ovaj gubitak mase Sunca gotovo beznačajan i gustoća Sunčevog vjetra mala, čestice se kreću velikim brzinama izazivajući vidljive učinke na tijelima u Sunčevom sustavu. Poznatiji učinci Sunčevog vjetra su polarna svjetlost i usmjeravanje plinskog repa kometa suprotno od Sunca.

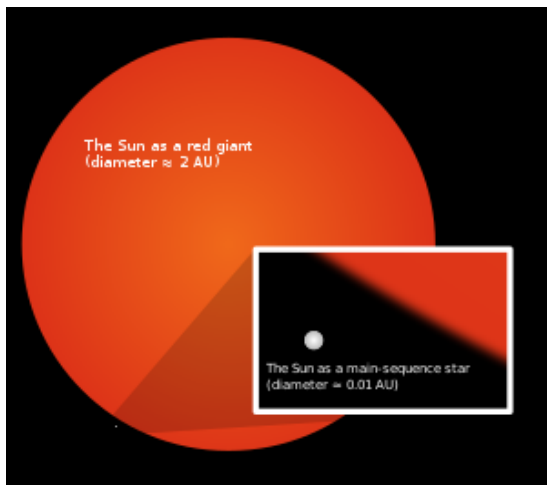
U blizini Zemlje, Zemljino magnetsko polje zarobljava čestice Sunčevog vjetra i usmjerava ih prema magnetskim polovima. Budući da se čestice Sunčevog vjetra kreću brzinama od više stotina kilometara u sekundi, pri sudaru s česticama u Zemljinoj atmosferi dolazi do ioniziranja plina i pojave svjetlosti. Ova se pojava uočava u polarnim područjima, zbog čega je dobila ime polarna svjetlost ili *Aurora Borealis* (*Aurora Australis* na južnoj Zemljinoj polutci). Kod dovoljno snažne aktivnosti Sunčev vjetar može dovesti do pojave polarne svjetlosti i na manjim zemljopisnim širinama. U takvim uvjetima postoji mogućnost ometanja ili čak oštećenja radio-komunikacijskih uređaja na Zemlji i umjetnim satelitima (geomagnetska oluja).

Magnetsko polje

Sunce je magnetski aktivna zvijezda. Ona održava jako i promjenjivo magnetsko polje, koje se mijenja u 11 godišnjem Sunčevom ciklusu. Sunčevo magnetsko polje izaziva mnoge pojave, koje se jednim imenom nazivaju Sunčeve aktivnosti, u koje ubrajamo Sunčeve pjege na fotosferi, Sunčeve baklje, kao i Sunčev vjetar, koji odnosi dio plazme kroz Sunčev sustav. Utjecaj Sunčevog magnetskog polja na Zemlji može biti u vidu polarne svjetlosti, te ometati radio-komunikacije i električne mreže.

Sunčevo magnetsko polje izlazi iz samog prostora Sunca jer magnetizirani Sunčev vjetar nosi dio Sunčevog magnetskog polja u Sunčev sustav, stvarajući tako međuplanetarno magnetsko polje. Dok je jačina magnetskog polja na Sunčevoj fotosferi oko 50 – 400 μT , u blizini Zemlje ono iznosi oko 0,1 nT.

Životni ciklus



Slika 12. Veličina Sunca (žuta kuglica) u usporedbi s crvenim divom kakav će otprilike biti za 5 milijarda godina.

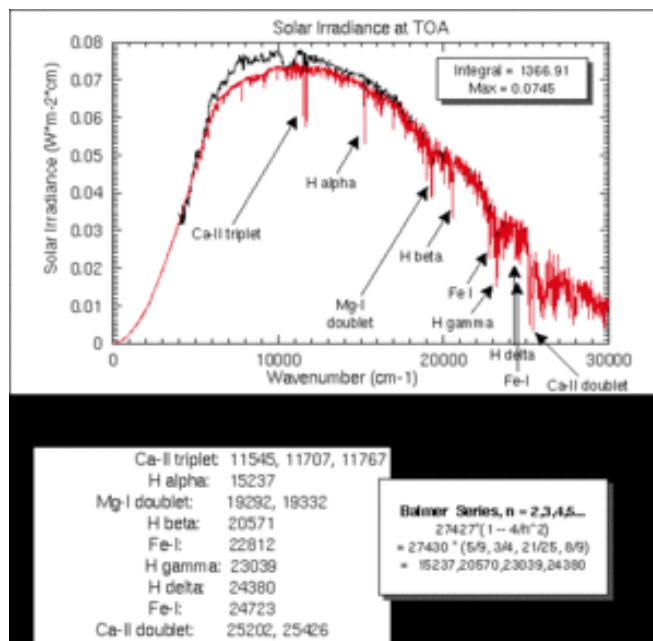
Sunce je nastalo prije otprilike 4,57 milijarde godina, što odgovara položaju u glavnom nizu (Hertzsprung-Russellov dijagram), a i dokaz su pronađene najstarije stijene iz Sunčevog sustava, za koje je nakon datiranja radioaktivnim materijalom utvrđeno da su stare 4,567 milijardi godina. Sunce je nastalo kao treća zvjezdana generacija, skupljanjem međuzvjezdane tvari, kojoj se gustoća počela povećavati potpomognuta vjerojatno udarnim valom bliske supernove. O njoj svjedoči prisutnost složenih atomskih jezgara u Suncu i planetima, koje ne bi mogle nastati nuklearnim procesima zbog relativno male mase Sunca. Na osnovu materijala kojim raspolaže za nuklearnu fuziju, Sunce je na pola puta prema glavnom nizu, što znači da mu je potrebno još oko 5 milijarda godina da potroši sav vodik. Sunce nema dovoljno materijala da završi kao supernova, nego će nakon 5 milijarda godina postati crveni div. Danas Sunce zrači za

trećinu više nego što je zračilo u početku, a porast se nastavlja, pa se smatra da će Zemlja postati nenastanjiva za manje od milijardu godina.

Sunčeva svjetlost

Sunčeva svjetlost je prvenstveni izvor energije za Zemlju. Sunčeva konstanta ili solarna konstanta je količina energije dozračene od Sunca na gornjoj granici Zemljine atmosfere u jedinici vremena okomito na jediničnu površinu, pri srednjoj udaljenosti Zemlje od Sunca (AJ). Iznosi $1367,7 \text{ W/m}^2 \pm 6 \text{ W/m}^2$. Od početka pouzdanih mjerenja Sunčeve konstante umjetnim satelitima 1978. utvrđeno je da se njezina vrijednost mijenja nekoliko desetinki postotka, obično ovisno o prolazu Sunčevih pjega preko Sunčeva diska

Sunčeva konstanta



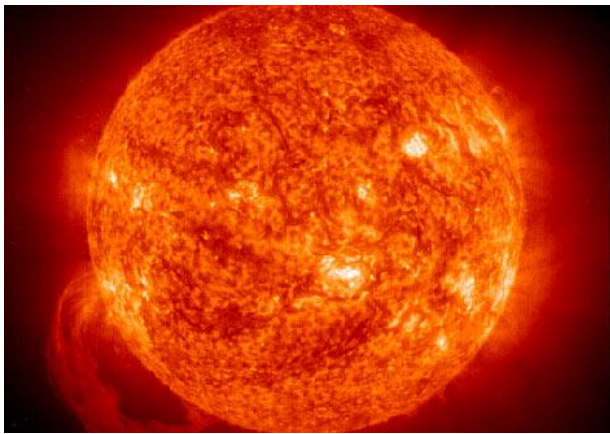
Slika 13. Spektar Sunčevog zračenja na vrhu atmosfere (na vodoravnoj horizontalnoj osi je valni broj).



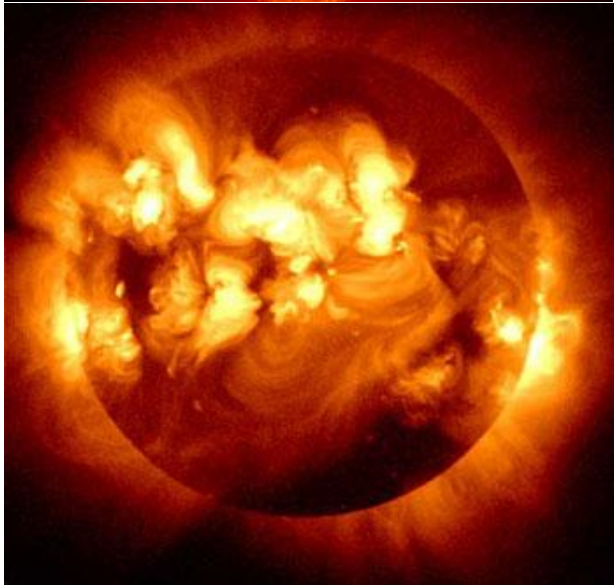
Slika 14. Piranometar je mjerni instrument koji mjeri ukupno Sunčevo zračenje (sa svim valnim duljinama), koje pada na neku vodoravnu plohu.

Sunčeva konstanta je mjera dakle gustoće svjetlosnog toka, dolazećeg Sunčevog elektromagnetskog zračenja, po jedinici površine, okomito na ulazne zrake, na udaljenosti od Sunca do Zemlje (1 astronomska jedinica). Sunčeva konstanta uključuje sve vrste elektromagnetskog zračenja, ne samo vidljivu svjetlost. Prosječna vrijednost je $1,368 \text{ kW/m}^2$ (mjereno sa satelita), i neznatno se mijenja sa Sunčevim ciklusima

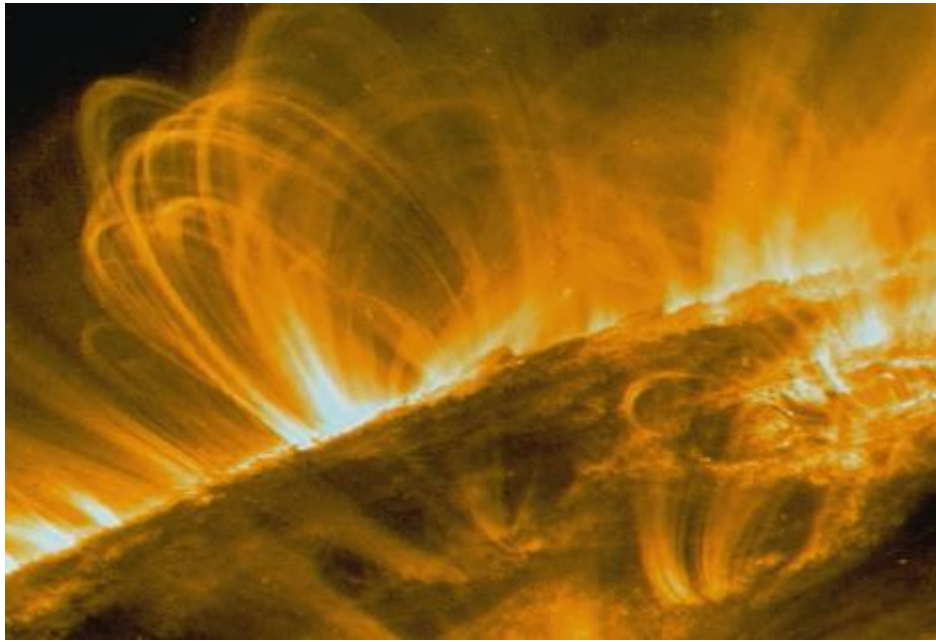
Stvarna vrijednost Sunčeve konstante, na vrhu atmosfere (termopauza), mijenja se u toku godine 6,9 %, u početku siječnja iznosi $1,412 \text{ kW/m}^2$, dok u početku lipnja je $1,321 \text{ kW/m}^2$, jer se mijenja udaljenost Zemlje od Sunca. Tako, za cijelu Zemlju, koja ima presjek od $127\,400\,000 \text{ km}^2$, ukupna primljena snaga sa Sunca iznosi $1,74 \cdot 10^{17} \text{ W} \pm 3,5 \%$. Sunčeva konstanta se u toku Sunčevog ciklusa neznatno mijenja za 0,1 %. Kutni promjer Zemlje, kako bi se vidjela sa Sunca, je oko $1/11\,700$ radijana (oko 18 kutnih sekundi). Na osnovu toga i Sunčeve konstante, može se izračunati da ukupno zračenje Sunca iznosi $3,8 \cdot 10^{26} \text{ W}$.



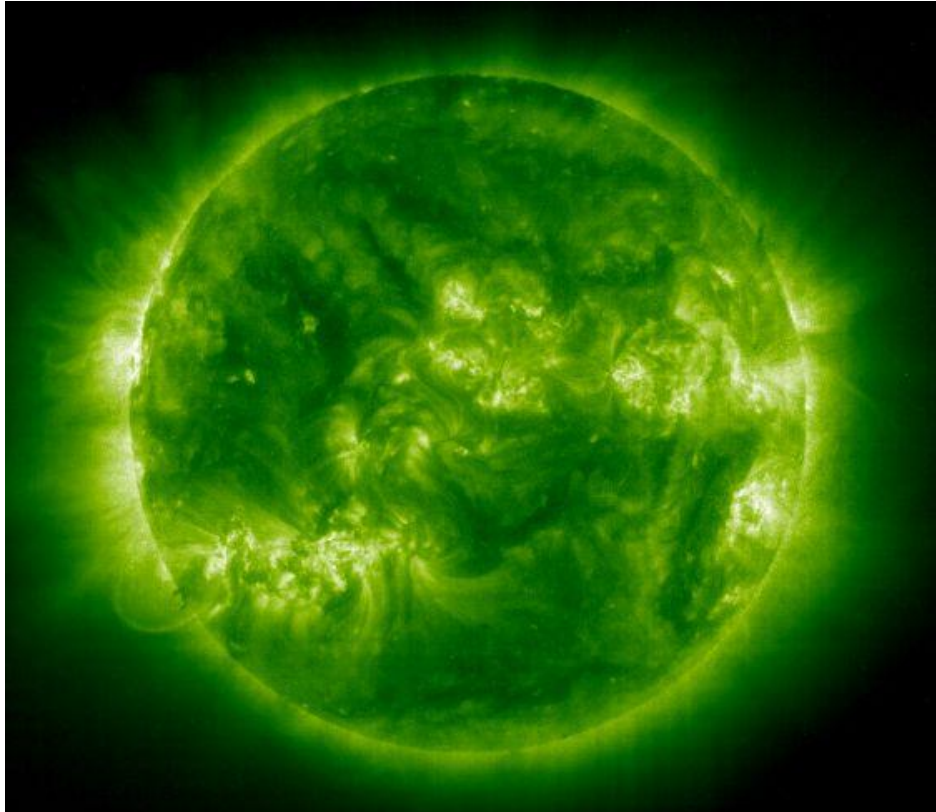
Slika 15. Energija Sunca IC kamera
(termonuklearna fuzija)



Slika 16.. Energija Sunca



Slika 17. Termonuklearna fuzija
(solarna baklja)



Slika 18. Sunce snimano UV kamerom

Smatra se da ljudi aktivno koriste sunčevu energiju od 7. stoljeća prije nove ere, kada su koristili za potpalu vatre. Današnje tehnologije uporabe sunčeve energije uključuju najrazličitije primjene, od solarne vrtnje rasvjete do automobila na solarni pogon. Suvremeno društvo prepoznalo je brojne prednosti

uporabe sunčeve energije: smanjenje ovisnosti o fosilnim gorivima, poboljšanje kakvoće zraka i smanjenje emisija stakleničkih plinova, dok proizvodnja i ugradnja solarnih sustava potiče otvaranje novih radnih mjesta i razvoj gospodarstva.

Energija sunčevog zračenja koje dopire do vanjskog ruba Zemlje ovisi o udaljenosti Zemlje od Sunca te iznosi 1307-1399 W/m² na plohu koja je okomita na smjer zračenja.

Prosječna mjesečna ili godišnja energija Sunčeva zračenja u nekom mjesecu dobiva se kao aritmetička sredina dnevnih energija za sve dane u promatranom mjesecu/godini.

Prolaskom kroz atmosferu dolazi do gubitka energije izravnog Sunčevog zračenja koje ovisi o:

- atmosferskim prilikama (oblačno, poluoblačno, vedro)
- zagađenosti atmosfere i nadmorskoj visini
- godišnjim dobima (kraće i duže obdanice)
- dobi dnevnog dijela dana (nije isto u vrijeme izlaska i zalaska sunca, te u podne, jer se mijenja kut upadanja sunčevog zračenja na površinu Zemlje)
- zemljopisnoj širini

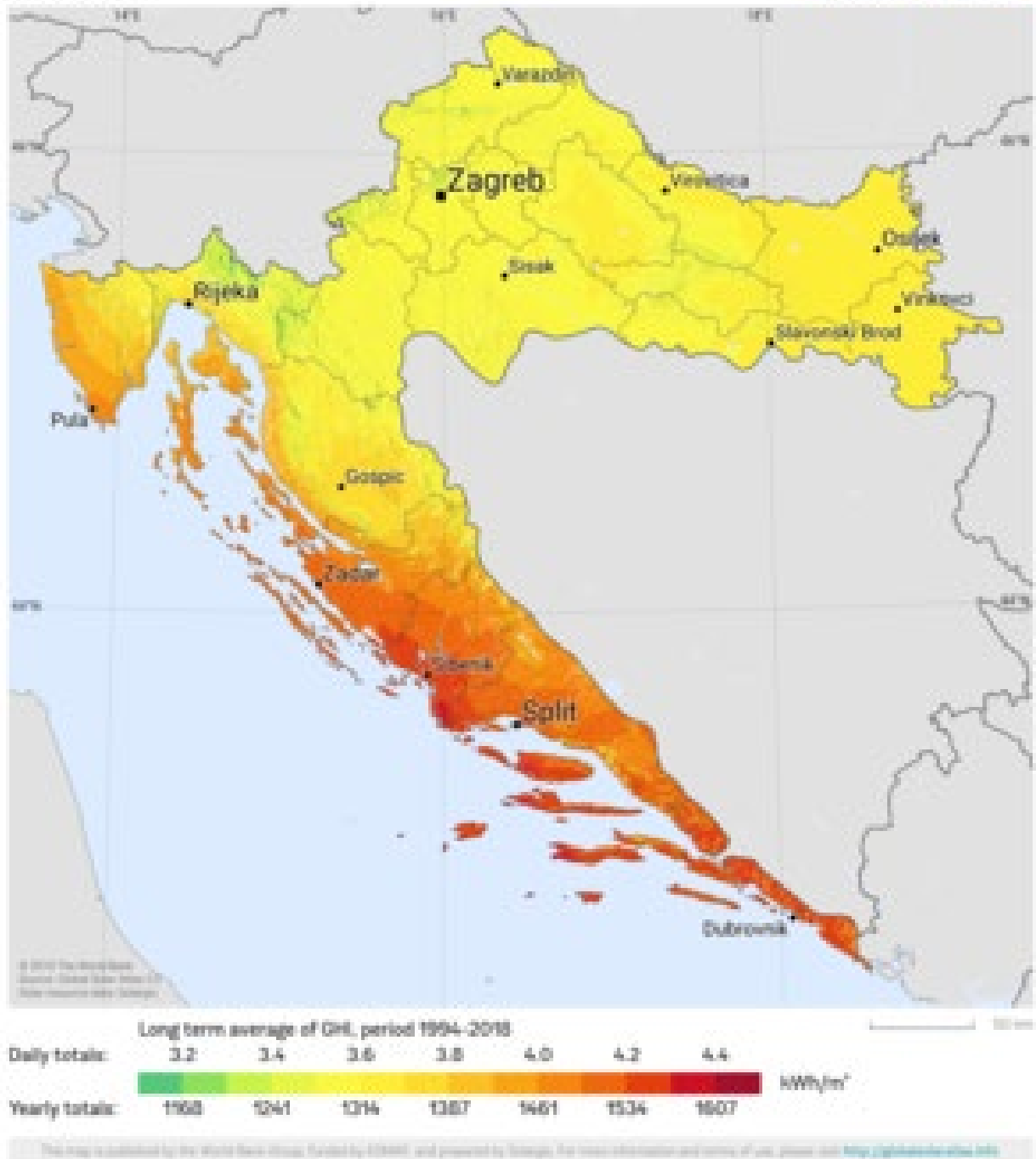
Maksimalni dotok energije koja dopire do Zemljine površine iznosi u prosjeku dnevno 920W/m² na plohu okomitu na smjer zračenja. Energija sunčevog zračenja zbog rotacije Zemlje raspoređuje se po površini, pa svega 230 W/m² dolazi do same površine. To nam daje oko 5.52 kWh/m² energije ovisno o trajanju insolacije (zemljopisna širina, godišnje doba), te naoblaci i zagađenosti atmosfere. Površina Zemlje iznosi 510.1*10⁶ km² što daje godišnju energiju sunčevog zračenja od oko 10⁹ TWh/godišnje!

U Hrvatskoj prosječna vrijednost dnevne insolacije na horizontalnu plohu iznosi 3-4,5 kWh/m². Na karti koja prikazuje insolacijski nivo vidi se da kontinent RH prima manje insolacije od priobalja i otoka.

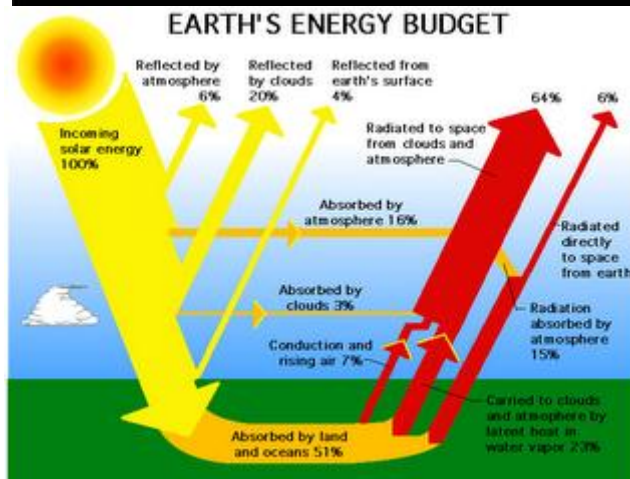
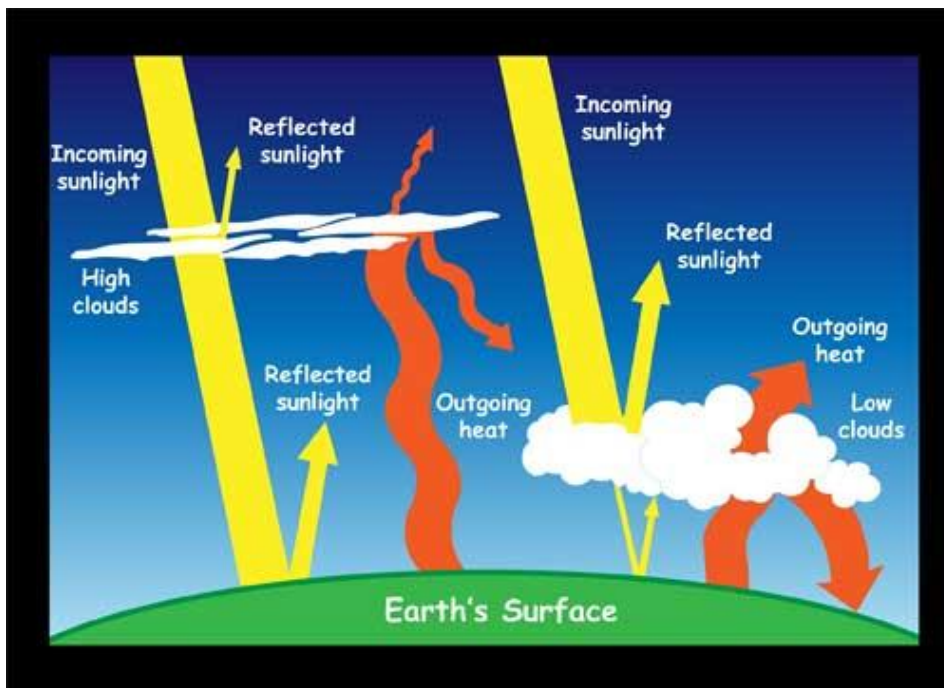
Bez obzira na pogodna područja za eksploataciju sunčeve energije, unatoč tome u Europi je direktno iskorištavanje sunčeve energije u velikom porastu.

Većinom je to rezultat politike pojedinih država koje subvencioniraju instaliranje elemenata za pretvorbu sunčeve energije u iskoristivi oblik energije. Osnovni problemi iskorištavanja su mala gustoća energetskega toka, velike oscilacije intenziteta zračenja i veliki investicijski troškovi, te iskoristivost solarnih panela (oko 33 %).

GLOBAL HORIZONTAL IRRADIATION CROATIA



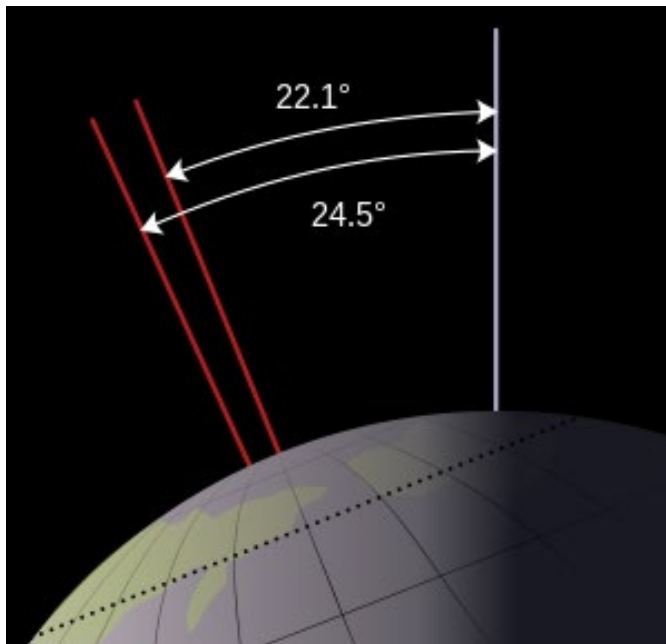
Slika 19. Krivulje osunčavanja ili insolacije za Hrvatsku.



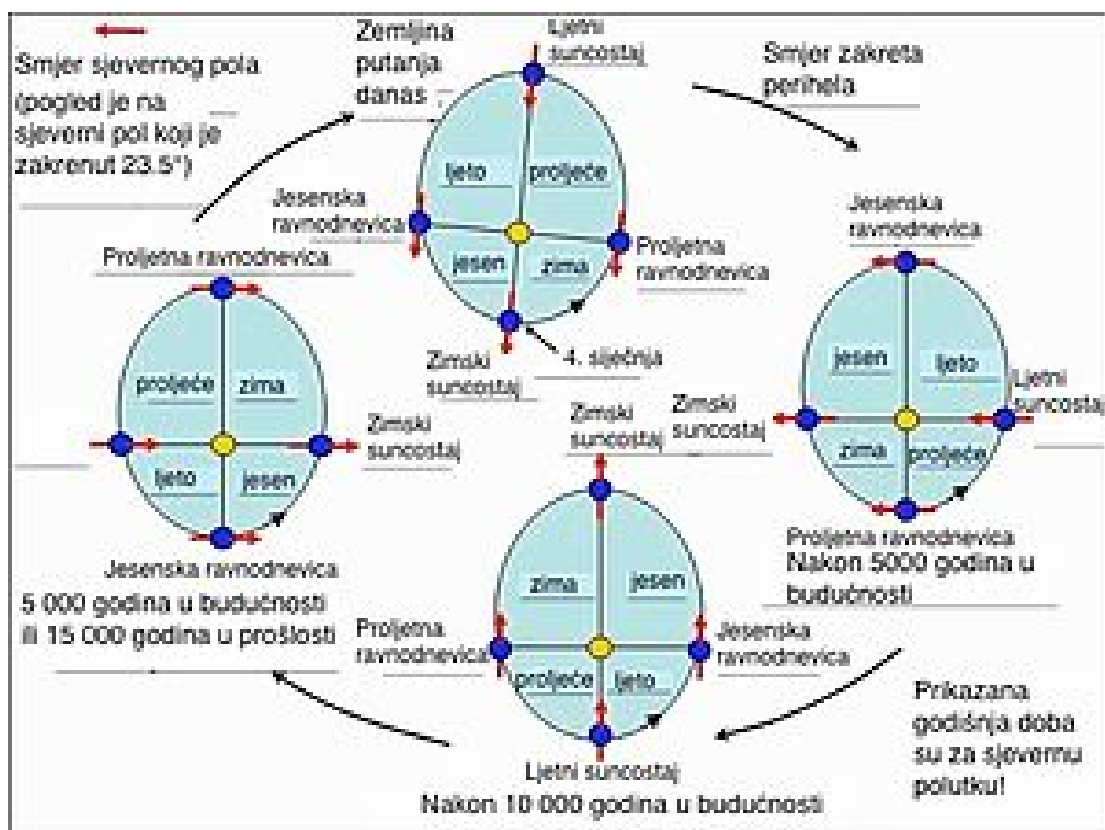
Slika 20. Sunčevo zračenja na Zemlju(proces)

Slika 21. Intenzitet Sunčeva zračenja na Zemlju

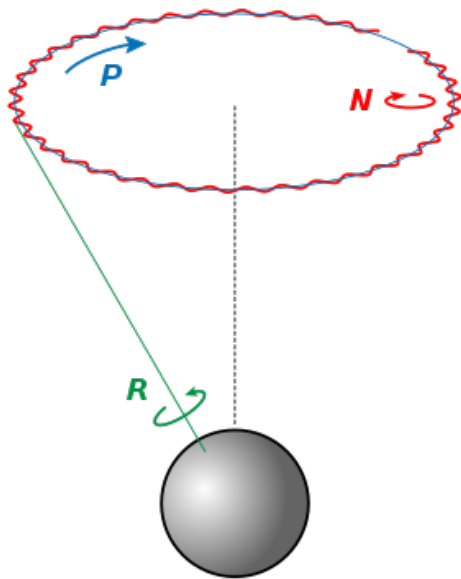
Milutin Milanković (Dalj, 28. svibnja 1879. – Beograd, 12. prosinca 1958.), srpski geofizičar, astronom i građevinski inženjer otkrio je da su periodične promjene ekscentriciteta Zemljine putanje i nagiba Zemljine osi uzrok dugoročnih klimatskih promjena, to jest nastanka i nestanka ledenih doba (Milankovićevi ciklusi). Ustanovio je osnovni period od približno 100.000 godina i sekundarne periode od približno 400.000 i 125.000 godina, u kojima zbog promjene ekscentriciteta Zemljine putanje nastaju značajne promjene primljene količine Sunčeva zračenja (insolacija) ili Sunčeve konstante. Osim toga našao je i period promjene nagiba Zemljine osi od približno 41.000 godina (Zemljina precesija), koji dovodi do smanjenja Sunčeva zračenja u višim zemljopisnim (geografskim) širinama. Po njemu su nazvani krateri na Mjesecu i Marsu (Milankovic) i planetoid (1605 Milankovitch).



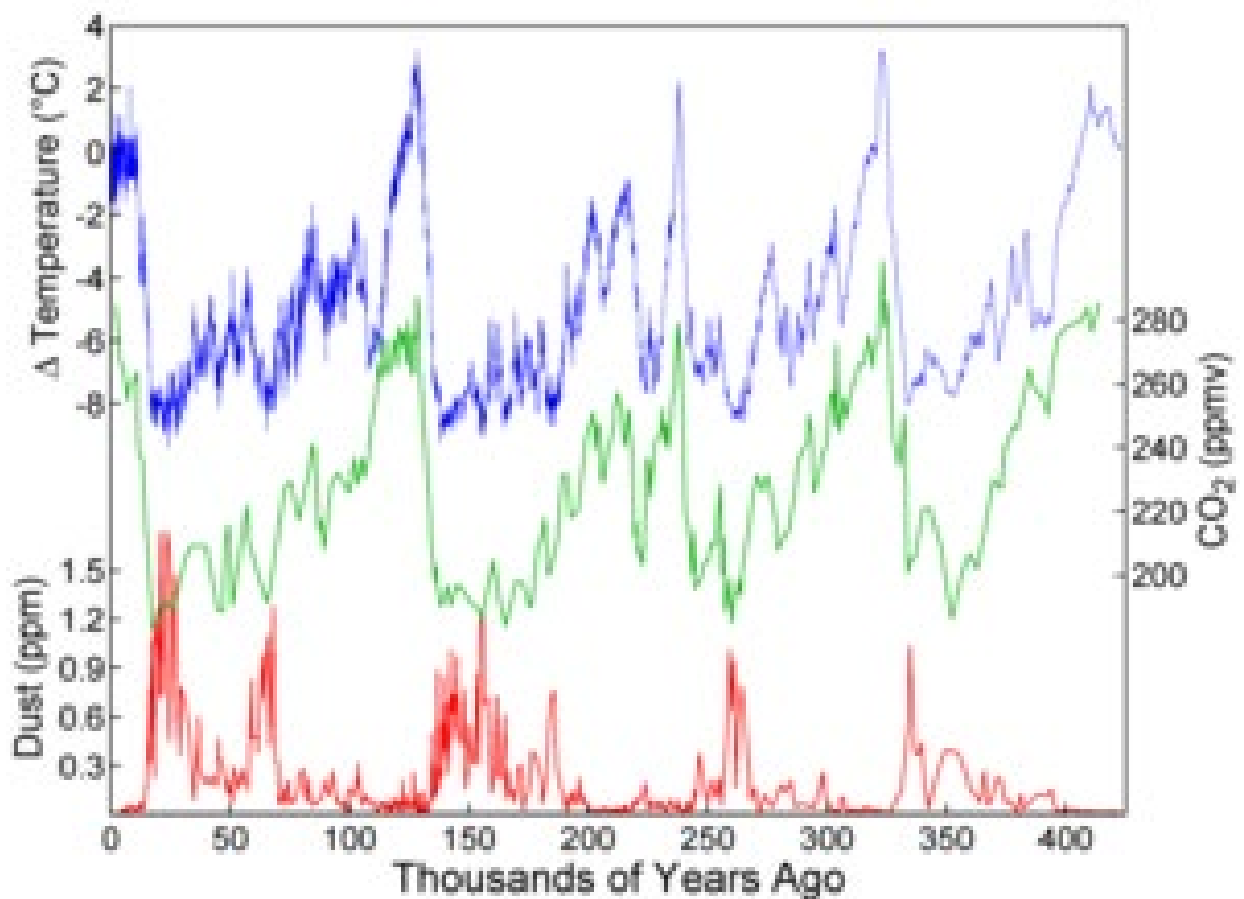
Slika 22. Promjena nagiba Zemljine osi između $22,1^\circ$ i $24,5^\circ$ koja se događa približno svakih 41.000 godina (Zemljina precesija).



Slika 23. Utjecaj Zemljine precesije na godišnja doba.



Slika 24. Nebeski svod se kreće po krivulji, koja je rezultanta uzajamnog djelovanja Zemljine rotacije (zeleno), Zemljine precesije (plavo) i nutacije (crveno).



Slika 25. Promjene u temperaturi (plavo), količini ugljikovog dioksida (zeleno) i prašine (crveno) u ledu iz Vostoka na Antarktici u zadnjih 400.000 godina.

Novije potvrde

Veličina "Milankovićevo učinka" ovisi o razlici između najveće i najmanje udaljenosti Zemlje od Sunca. Godine 1999. pokazano je da inačica izotopskog sastava kisika u sedimentima na dnu oceana zaista slijedi Milankovićevo predviđanja (Rial JA.: "Pacemaking the ice ages by frequency modulation of Earth's orbital eccentricity", "Science", vol. 285, str. 564., 23. srpnja 1999.); u istom broju na stranicama 503. i 504. objavljen je *netehnički* komentar (*Why the Ice Ages Don't Keep Time Richard A. Kerr*). Postoje i drugi noviji radovi koji upućuju na ispravnost originalne Milankovićeve teorije: ("Science", 11. lipnja 2004., str. 1609).

Glavna djela M. Milankovića

- Matematička teorija termičkih pojava izazvanih Sunčevim zračenjem* (fra. *Théorie mathématique des phénomènes thermiques produits par la radiation solaire*, Gauthier-Villars Paris, 1920.),
- Mathematische Klimalehre und Astronomische Theorie der Klimaschwankungen*, Handbuch der Klimalogie Band 1., Teil A Borntrager Berlin, (1930.)
- Sekularna pomicanja polova* (njem. *Säkulare Polverlagerungen*, 1933.),
- Pravilo o obasjavanju Zemlje i njegova primjena na problem ledenih doba* (njem. *Kanon der Erdbestahlung und seine Anwendung auf das Eiszeitproblem*, 1941.).
- Nikola Pantić: *Kanon der Erdbestahlungen und seine Anwendung auf das Eiszeitenproblem*, novi engleski prijevod: *Canon of Insolation and the Ice Age Problem*, Alven Global, ISBN 86-17-06619-9., (1998.)
- Spisi iz istorije nauke*, Zavod za udžbenike i nastavna sredstva, Beograd, ISBN 86-17-05290-2., (1997.)

Korišteni podaci o srednjem trajanju sijanja Sunca

Period aktivnosti Sunca u prosjeku iznosi 11 godina (vremenski je to razmak između dva maksimuma ili minimuma aktivnosti) a sa ponekad odstupanjima od 8 do 12 godina (još uvijek nije poznat razlog toga odstupanja aktivnosti u jedanaestogodišnjem nizu). Donje tabele 1. i 2. daju povijesni pregled aktivnosti Sunca od 1755. godine do 2019. godine.,jer je maksimum sunčeve aktivnosti ovih godina.

Tabela 1.

POVIJESNI CIKLUSI SUNČEVA ZRAČENJA OD 1755. GODINE-BROJ PJEGA							
ciklus	godinamin	mjesec	godinamax	mjesec	Rmin-3	Rmin	Rmax
1	1755	3	1761	6	75,5	14	144,1
2	1766	6	1769	9	76,3	18,6	193
3	1775	6	1778	5	113	12	264,3
4	1784	9	1788	2	101	15,9	235,3
5	1798	4	1805	2	46,6	5,3	82
6	1810	7	1816	5	15,9	0	81,2
7	1823	5	1829	11	30,2	0,2	119,2
8	1833	11	1837	3	106,6	12,3	244,9
9	1843	7	1848	2	103,8	17,6	219,9
10	1855	12	1860	2	84,5	6	186,2
11	1867	3	1870	8	88,5	9,9	234
12	1878	12	1883	12	20,9	3,7	124,4
13	1890	3	1894	1	21	8,3	146,5
14	1902	1	1906	2	34	4,5	107,1
15	1913	7	1917	8	29,6	2,5	175,7
16	1923	8	1928	4	58,2	9,4	130,2
17	1933	9	1937	4	51,2	5,8	148,6
18	1944	2	1947	5	91,2	12,9	218,7
19	1954	4	1958	3	100,2	5,1	285
20	1964	10	1968	11	73	14,3	156,6
21	1976	3	1979	12	62,8	17,8	232,9
22	1986	9	1989	11	91,7	13,5	212,5
23	1996	8	2001	11	73,6	11,2	180,3
24	2008	12	2014	4	36	2,2	116,4
25	2019	12			28,5	1,8	

Tabela 2.

MJESEČNE SUNČEVE PROTUBERANCE 1997 - 2005														
godina	siječanj	veljača	ožujak	travanj	svibanj	lipanj	srpanj	kolovoz	rujan	listopad	studeni	prosinac	suma	srednjak
1997	19	22	27	30	34	40	44	50	54	66	66	71	523	43,6
1998	77	82	88	93	99	103	109	113	119	133	128	131	1275	106,3
1999	136	139	142	145	148	151	153	154	156	157	158	159	1798	149,8
2000	160	160	160	146	150	158	157	156	155	154	152	150	1858	154,8
2001	148	146	142	140	137	134	131	128	124	121	118	114	1583	131,9
2002	11	107	103	100	97	93	89	86	82	79	76	72	995	82,9
2003	69	66	62	60	57	53	51	48	46	43	41	39	635	52,9
2004	36	34	32	30	28	27	24	23	21	20	9	17	301	25,1
2005	16	14	13	12	12	11	10	9	9	8	0	0	114	9,5

Podatke za Hrvatsku sam koristio iz mjerenja trajanja sisanja sunčevog zračenja za duge nizove od 50 do 150 godina (tabele 3.) na postajama koje imaju takve nizove (neke od meteo postaja nemaju heliograf - uređaj za takva mjerenja), te uporedio sa istim podacima za period od 2013. do 2023. godine (tabela 4.) koji su prikazani niže dole.

Tabele 3.

SREDNJI MJESEČNI BROJ SATI SIJANJA SUNCA

KLIMATOLOŠKI NIZ JE OD 2013. DO 2023. GODINE												
HRVATSKA	istok RH		sjever i sjeverozapad		lika i gorski kotar		istra i primorje		obala i otoci		zaleđe	
mjeseci	suma	srednjak	suma	srednjak	suma	srednjak	suma	srednjak	suma	srednjak	suma	srednjak
siječanj	806	73,3	796,9	72,4	860,8	78,3	1176,5	107	1367,5	124,3	1176,5	107
veljača	1032,2	93,8	1070,8	97,3	1047,2	95,2	1366,9	124,3	1639,8	149,1	1293,3	117,6
ožujak	1683,6	153,1	1818,3	165,3	1786	162,4	2093,8	190,3	2188	199	1997	181,5
travanj	2214,4	201,3	2190,3	199,1	2135,8	194,2	2483,8	225,8	2583,5	234,9	2295,7	208,7
svibanj	2505,7	227,8	2382,6	216,6	2329,4	211,8	2691,2	244,7	2961	269,2	2520	229,1
lipanj	2986,5	271,5	3043,2	276,7	3172,6	288,4	3446,6	313,3	3579,8	325,4	3073,6	279,4
srpanj	3393,1	308,5	3284,5	298,6	3529,2	320,8	3743,4	340,3	4026,5	366	3665,2	333,2
kolovoz	3017,2	274,3	2940,1	268,1	2977,3	270,7	3605,1	327,7	3723,5	338,5	3280,7	298,2
rujan	2086,6	188,1	2069,5	188,1	2090,5	190	2634,8	239,5	2762,4	251,1	2482	225,6
listopad	1680,1	152,7	1546,7	140,6	1604	145,8	1960,1	178,2	2271,9	206,5	1971,3	179,5
studen	839,6	76,3	780,3	70,9	738,2	67,1	1301,8	118,3	1355,9	123,3	1145	104,1
prosinac	727,8	66,2	709,8	64,5	852,5	77,5	1246,2	113,3	1432,5	130,2	1164,7	105,9
suma	22972,8	2086,90	22633	2058,2	23123,5	2102,2	27750,2	2522,7	29892,3	2717,5	26065	2369,8
srednjak	2088,4	174	2058	171,5	2102,4	175,2	2522,8	210,2	2717,5	226,5	2370	197,5

ISTOČNA HRVATSKA													
mjeseci	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	suma	srednjak
siječanj	44,4	42,8	69,3	81,4	67,4	92,6	55,6	89,7	75	115,3	72,5	806,0	73,3
veljača	30,2	67,8	82,4	69,6	93,2	43,4	122,1	136,6	125	140,7	121,2	1032,2	93,8
ožujak	104,7	169,1	157	116,6	177,9	86,9	186,6	150,6	164,8	206,4	163	1683,6	153,1
travanj	228,9	153,8	226	184,3	168,8	239,9	191,9	285	172,4	197,3	166,1	2214,4	201,3
svibanj	199	227,2	230	226,5	278,2	286	158,4	209	227,1	269,6	194,7	2505,7	227,8
lipanj	247,3	267,2	284,2	244,5	307,2	211,3	296,5	240,8	352,7	329,8	205	2986,5	271,5
srpanj	343,8	268,3	331,8	285,7	345,8	248,1	288,6	318,7	297,2	350,9	314,2	3393,1	308,5
kolovoz	283,7	250,5	269,3	274	320,4	300,2	209,5	287,6	285,2	243,1	293,7	3017,2	274,3
rujan	168	118,7	172,8	216,7	153,2	236,6	198,5	166,9	219	169,6	248,6	2068,6	188,1
listopad	158,7	139,4	101,9	112,1	178	174,4	188,6	145,3	143,2	154,6	183,9	1680,1	152,7
studen	66,6	69,9	132,2	91,3	75,1	92,9	60,3	47,5	45,6	54,3	103,9	839,6	76,3
prosinac	69,2	77,3	71,3	83	87,7	52,9	56,2	25	65	41,3	98,9	727,8	66,2
suma	1944,50	1852,00	2128,20	1985,70	2252,90	2065,20	2012,80	2102,70	2172,20	2272,90	2165,70		2086,90
srednjak	162	154	177,4	165,5	187,7	172,1	167,7	175,2	181	189,4	187,9	1919,90	174

Osijek, Slavonski Brod, Daruvar, Gorice, Bilogora, Gradište, Osijek-aerodrom

SREDIŠNJA I SJEVEROZAPADNA HRVATSKA													
mjeseci	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	suma	srednjak
siječanj	42,5	42,10	63	92,4	72,7	68,3	62,7	111,1	59,3	117,9	64,9	796,9	72,4
veljača	27,6	56,2	77	62,4	96,2	47,6	144,9	135,3	142,2	142,7	138,7	1070,8	97,3
ožujak	113,4	171,6	160,8	112,3	207,3	96,2	189,3	173,9	211	230,5	152	1818,3	165,3
travanj	211,9	138,5	221,3	178,2	187,7	231,4	181,2	296	168,1	211,2	164,8	2190,3	199,1
svibanj	199,00	230,2	214,4	225,2	275,2	257,8	138,6	217,5	208,8	246,4	169,5	2382,6	216,6
lipanj	253,8	259,6	284,9	252,9	298,1	219	310,6	230,9	345,5	315,2	272,7	3043,2	276,7
srpanj	341,3	243,1	308,9	282,9	335,4	266,6	287,1	314	279,2	332,6	293,4	3284,5	298,6
kolovoz	265,8	221	268,6	274,4	321	292,2	269,1	263,2	259,6	234	280,2	2949,1	268,1
rujan	168,2	105,2	159,2	230,5	122	220,6	188,5	228,8	239	162,1	245,4	2069,5	188,1
listopad	161,0	125,5	83,1	101,3	183,4	163,4	121,2	142	149,2	140,8	175,8	1546,7	140,6
studen	46,8	56,9	131,6	90,7	67,1	61,1	47	60,1	57,6	54,5	106,9	780,3	70,9
prosinac	78,0	82,1	20,5	83,2	89,7	57,8	69,5	20,1	68,7	39,5	100,7	709,8	64,5
suma	1909,30	1732,00	1993,30	1986,40	2255,80	1982,00	2009,70	2192,90	2188,20	2227,40	2165,00		2058,2
srednjak	159,1	144,3	166,1	165,5	188	165,2	167,5	182,7	182,4	185,6	187,7	1894,1	171,5

Bjelovar, Varaždin, Zagreb-Maksimir, Sisak, Karlovac, Krapina, Križevci

ISTRICA I PRIMORJE													
mjeseci	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	suma	srednjak
siječanj	74,1	39,9	93	88,6	149,6	90,2	116	177,5	81,1	156,1	110,4	1176,5	107
veljača	109,2	74,5	121,2	84,8	114,5	98,2	179,5	156,6	119,8	151,9	156,7	1366,9	124,3
ožujak	120,4	193,9	174,1	142,8	215,5	117,8	229,4	214,8	247,2	246,3	191,6	2093,8	190,3
travanj	221,2	187	221	205,3	243,5	249,2	193	282,9	212,7	252,3	215,7	2483,8	225,8
svibanj	196,5	242,4	245	240,5	304,5	270,7	175,4	263,4	244,9	252,8	255,1	2691,2	244,7
lipanj	323,4	290,6	332,3	270,3	313	302,7	339,4	298,3	359	290,1	327,5	3446,6	313,3
srpanj	361,8	262,2	366,8	348	370	324,9	329,4	369,4	312,7	342,6	355,6	3743,4	340,3
kolovoz	334,6	297,7	313,2	341,3	349,8	322	327,9	300,4	324,8	374	319,4	3605,1	327,7
rujan	218,3	187,2	223,7	232,8	173,1	262,4	241,9	259,1	270,9	311,9	253,5	2634,8	239,5
listopad	143,1	183	140,1	167,8	193,6	182,9	195,8	166	194,6	213	180,2	1960,1	178,2
studen	86,1	107,1	140,2	93,9	98,8	103,8	74,4	166,7	93,4	220	117,4	1301,8	118,3
prosina	128,1	95,5	133,3	161,8	119,6	92,3	105,6	69,8	114,7	106	119,5	1246,2	113,3
suma	2316,80	2161,00	2503,90	2377,90	2645,50	2417,10	2507,70	2724,90	2575,80	2917,00	2602,60		2522,7
srednjak	193,1	180,1	208,7	198,2	220,5	201,4	209	227,1	214,7	326,4	225,7	2404,9	210,2
Rijeka, Mali Lošinj, Pula-aerodrom, Rab, Senj													

LIKA I GORSKI KOTAR													
mjeseci	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	suma	srednjak
siječanj	52,0	40,4	60	91,2	69,8	82,9	73,4	139	66,7	132,1	53,3	860,8	78,3
veljača	31,9	58,2	72,4	61,2	86,7	40,3	157,7	139,5	132	128,2	139,1	1047,2	95,2
ožujak	107,3	157,8	135,4	106,6	208,9	86,3	210,5	171,8	216,5	229,7	155,2	1786,0	162,4
travanj	196,8	131,7	206,2	170,1	196,9	236,7	170,8	280	183,8	212,3	150,5	2135,8	194,2
svibanj	185,2	222,9	219,7	221,7	272,8	201,9	134,3	222,2	246,3	248,2	154,2	2329,4	211,8
lipanj	287,2	260,5	303,9	228,9	306,9	235	330,8	271,7	356,3	323,2	268,2	3172,6	288,4
srpanj	333,9	234,1	372,2	317,6	365,7	293,5	302,7	336	285,9	358,8	328,8	3529,2	320,8
kolovoz	291,5	234,2	257,6	273,5	327	265,3	260,8	251,7	278,5	237,8	299,4	2977,3	270,7
rujan	191,6	111,6	161,6	214,7	127,3	229,9	195,9	216,2	247,8	166,9	227	2090,5	190
listopad	135,3	125,6	79,8	113,3	197	135,4	193,2	140,8	135,8	171,8	176	1604,0	145,8
studen	46,4	58,4	139,1	65,9	66,6	44,3	42,9	70,1	42,8	66,2	95,5	738,2	67,1
prosina	98,4	74,6	96	118,8	89,4	75	76,5	23	73,3	21,9	105,6	852,5	77,5
suma	1957,50	1710,00	2103,90	1983,50	2315,00	1926,50	2149,50	2262,00	2265,70	2297,10	2152,80		2102,2
srednjak	163,1	142,5	175,3	165,3	192,9	160,5	179,1	188,5	188,8	191,4	186,1	1933,5	175,2
Ogulin, Gospić, Gračac, Lovinac, Ličko Lešće													

DALMACIJA - OBALA I OTOCI													
mjeseci	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	suma	srednjak
siječanj	108,8	40,7	130,6	107	154	117,4	122,8	186,8	95,7	174,2	129,5	1367,5	124,3
veljača	122,1	99,9	137,4	91,2	125,5	104,8	179,2	182,1	245,2	173,1	179,3	1639,8	149,1
ožujak	151,2	206,1	188,6	152,2	245,1	122,8	229	202	236,9	240,3	213,8	2188,0	199
travanj	264,3	188,7	225,1	223,1	237,3	250,6	206,5	281,5	228,6	259,3	218,5	2583,5	234,9
svibanj	240	254,5	274,9	264,4	315,3	300	214,6	244,9	297,5	304,5	250,4	2961,0	269,2
lipanj	344,7	292,3	332,1	292,7	344,7	305,9	342,6	311,5	345,7	350,7	316,9	3579,8	325,4
srpanj	381,4	279,8	390	377,4	382,5	362,9	352,5	381,6	348,9	389,4	380,1	4026,5	366
kolovoz	346,6	348,4	323,1	343,7	357,8	328,8	346,6	326,1	338	321,7	342,7	3723,5	338,5
rujan	259,2	223,8	248,4	247,3	225,5	280,4	253,9	255,2	283,5	229,4	255,8	2762,4	251,1
listopad	199,0	194,2	153,1	185,2	237,9	205,6	242,8	202,5	207,1	230,5	214	2271,9	206,5
studen	98,5	122,4	160,1	124,8	117	126,7	95,1	173	83,8	130,2	124,3	1355,9	123,3
prosina	149,9	121,1	192,3	176,2	130,9	118,4	123,4	96,2	121,2	70,1	132,8	1432,5	130,2
suma	2665,74	2371,90	2755,70	2585,20	2873,50	2624,30	2709,00	2843,40	2832,10	2873,40	2758,10		2717,5
srednjak	222,1	195,2	230	215	239,50	218,9	225,8	237	236	239,5	239	2498	226,5
Zadar, Split-Marjan, Hvar, Komiza, Lastovo, Dubrovnik, Dubrovnik-aerodrom, Makarska, Ploče, Zadar-aerodrom, Šibenik													

DALMACIJA - ZALEĐE													
mjeseci	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	suma	srednjak
siječanj	102,1	37,5	112,8	87,4	145,6	107,1	105,2	166	70,2	167,9	74,7	1176,5	107
veljača	105,6	95,1	114,4	65,6	103,9	97,1	158,3	153,4	126,2	161,7	112	1293,3	117,6
ožujak	133,1	182,7	189,7	148,3	231,7	108,3	227,1	206,8	228,9	252,5	87,9	1997,0	181,5
travanj	228,9	150,2	257,2	207	222,1	236,4	192,6	269,8	203,4	207,7	120,4	2295,7	208,7
svibanj	204,5	228,8	243,6	224	286,8	228,5	164,8	223,3	262,6	262,3	190,8	2520,0	229,1
lipanj	291,0	239,9	295,2	231	305,3	264	297,3	266,1	326,9	281,5	275,4	3073,6	279,4
srpanj	343,0	258,5	364,1	341,7	363,9	328,3	316,9	343,9	326,3	313,4	365,2	3665,2	333,2
kolovoz	330,2	307,8	285,4	303,6	350,2	279,6	326,7	292,3	320	221,8	263,1	3280,7	298,2
rujan	226,8	179,1	254,2	225,5	197,1	254,3	238,6	238,4	271,9	138,2	257,9	2482,0	225,6
listopad	182,9	180,9	148,4	169,6	193,5	193,3	217	124,5	203,2	166,2	191,8	1971,3	179,5
studen	89,6	108,2	147,2	96,4	96,6	106,8	80,2	162,2	77,7	76,6	103,5	1145,0	104,1
prosinac	116,6	106,8	153,9	142,9	110,9	86,9	109,2	76,8	111	41,7	108	1164,7	105,9
suma	2354,30	2075,50	2566,10	2243,00	2607,60	2290,60	2433,90	2523,50	2528,30	2291,50	2150,70		2369,8
srednjak	196,2	173	213,8	186,9	217,3	190,9	202,8	210,3	210,7	191	185,7	2178,6	197,5
Knin, Sinj, Imotski, Šestanovac, Vrgorac													

Tabela 4.

SREDNJI MJESEČNI BROJ SATI SIJANJA SUNCA U HRVATSKOJ (DUGOGODIŠNJI NIZOVI I NIZ OD 2013. DO 2023. GODINE)																	
GMP	siječanj	veljača	ožujak	travanj	svibanj	lipanj	srpanj	kolovoz	rujan	listopad	studen	prosinac	suma	niz	srednjak	2013-2023	razlika
Bjelovar	60,6	92,7	150	187,2	228,9	248,5	273,8	259,8	192,2	139,1	69,4	46,7	1948,9	1949-2021	162,4	2058	109,1
Dubrovnik	130	141,4	179,7	213,8	270	308,8	350,5	333	255,2	201	132,3	120,8	2636,5	1961-2021	219,7	2712,7	76,2
Gospić	69	97,1	143,9	176,4	230,4	260,9	311,2	279,2	191,7	134,6	68,2	55,6	2018,2	1872-2021	168,2	2522,8	504,6
Hvar	130,9	147,9	195,5	231,1	290,3	324,6	370,5	341,5	259,1	204,7	129,5	119	2744,6	1872-2021	228,7	2712,7	-31,9
Karlovac	58,9	82,1	137,3	178,8	229,9	251,6	291,7	257,7	187,1	126,7	60,7	46,3	1908,8	1949-2021	164,4	2058	149,2
Knin	120,2	136,9	183,2	195,1	243,7	273,8	327,4	302,9	231,1	181,5	120,4	111,4	2427,6	1949-2021	202,3	2370	-57,6
Križevci	60,4	94,3	146	184	237,3	252,3	288,7	266,8	189,8	135,7	68,9	48,9	1973,1	1961-2021	164,3	2058	27,3
M. Lošinj	108	137,2	187,3	226,7	286,8	324,8	363,4	331	247,1	189,2	111	99,9	2612,4	1961-2021	217,7	2102,4	-510
Ogulin	73,1	99,1	147,8	175,5	226,4	250,4	287	258,2	183,7	127	73,2	67,2	1968,6	1949-2021	164,1	2582,8	584,2
Osijek	60,3	88,6	144,1	184	225,3	249,2	277,6	263,3	193,4	151,2	74,4	52	1963,4	1899-2021	163,6	2088,4	125
Parg	77,7	90	127,4	146,5	187,9	203,6	251,8	237,7	168,6	120,8	73,3	68,5	1753,8	1950-2021	146,2	2522,8	769
Pazin	95,2	122,8	177,7	204,9	257,8	286	317,5	299,1	214	156,9	95,8	89,7	2317,4	1961-2021	193,1	2102,4	-215
Rijeka	108,4	122,8	154,4	180,6	233,7	258,1	301,5	280,7	204,3	163	103,3	99,1	2209,9	1948-2021	184,2	2102,4	-107,5
Senj	101,5	122,6	161,1	190,9	241,1	269,4	311,9	289,3	216,2	167,6	102	92,1	2265,7	1948-2021	188,8	2102,4	-163,3
Sisak	57,7	87,1	141,7	181,9	234	251,8	291,1	261,1	184,6	125,4	61,6	45,3	1923,3	1949-2021	160,3	2058	128,7
S. Brod	56,5	78,5	138,6	177,8	221,2	246,5	279,1	260,6	185,4	137	71,4	46,7	1899,3	1962-2021	158,3	2088,4	189,1
Split	130,5	145	187,6	218,3	271,5	308,4	352,2	328	247,4	197,7	129,6	121,1	2637,3	1948-2021	219,8	2712,7	75,4
Šibenik	127,7	148	197,8	225,1	284,3	314,4	358,7	329,2	254	200,7	130,1	116,2	2686,2	1948-2021	223,9	2712,3	26,1
Varaždin	75,5	102,5	149,8	188,6	239,4	255,2	284	261,5	191,3	145,7	81,7	63,2	2038,4	1949-2021	169,9	2058	19,6
Zadar	114	136	187,3	214,7	278,3	309,3	356,9	323,9	243,5	189,1	117,9	107,5	2578,4	1961-2021	214,9	2712,7	134,3
Zavižan	93,4	101,9	138,3	165,6	217,8	243,1	300,6	282,2	198,2	143,7	87,1	82,7	2054,6	1949-2021	171,2	2522,8	468,2
Maksimir	60,5	93,7	143,2	180,3	232,5	249,6	283,4	261,7	186,1	131,7	65,2	48,2	1936,1	1949-2021	161,3	2058	121,9
Grič	64,5	97,6	143,9	175,6	223	244,3	280,3	265,4	192,7	133,1	68,4	51,2	1940	1961-2021	161,7	2058	118
													4209		50364	2540,6	

Ukratko podaci pokazuju (tabela 4.) da u zadnjih 11 godina u Hrvatskoj, koje se inače smatraju među najtoplijima, srednje trajanje sijanja Sunca osmotreno po godini je u prosjeku za oko 230 sati duže, nego što pokazuju dugogodišnji nizovi istih osmatranja.

DAKLE, UTJECAJ DUŽEG SREDNJEG TRAJANJA SIJANJA SUNCA U POSLJEDNJIH 11 GODINA (2013. – 2023.) UZ POJAČANU SUNČEVU AKTIVNOST, POKAZUJE DA JE ZA TOPLIJE GODINE, UPRAVO ZASLUŽNA POVEĆANA DUŽINA TRAJANJA GLOBALNOG SUNČEVOG ZRAČENJA, KOJE SE SASTOJI OD DIREKTOG I DIFUZNOG DIJELA ZRAČENJA.

Eto, pomalo lažne Wikipedie (i ona je njihova) koja na primjer tvrdi da je Novi Svjetski Poredak (NWO) teorija zavjere, a tvrdnje IPCC-a o

sunčevom zračenju koje ne utječe na zagrijavanje Zemlje, naravno to nije teorija zavjere, ali nije ni istina, jer navedeni podaci to pobijaju.

Međuvladin panel WMO-a o klimatskim promjenama, IPCC je utvrdio da mjerenja veličine Sunčevog zračenja su puno manja od utjecaja stakleničkih plinova na globalno zatopljenje. To znači da „naučnici“ smatraju da promjene u Sunčevom zračenju ne utječu značajno na klimatske promjene.

Međunarodni panel o klimatskim promjenama (IPCC- Intergovernmental Panel on Climate Change) je ustanovio da je globalna temperatura zraka na Zemlji u posljednjih stotinjak godina porasla za $0,8 \pm 0,1$ stupnjeva C. Porast je nastao antropogenim utjecajem, povećanjem plinova sa efektom staklene bašte (ugljen-dioksid i metan). U naučnim krugovima i u javnosti najčešće se čuje mišljenje o antropogenom utjecaju na klimu (alarmisti). Nameće se stanovište da postoji naučni konsenzus, što nije točno. Ova teza sve je više zastupljena i u državnim politikama i povezuje se sa zaštitom prirode, pa čak i viškom ljudi na Zemlji. Takvo stručno mišljenje predstavlja se i široj javnosti putem elektronskih i štampanih medija.

Izveštaji (WMO) IPCC-a su frizirani i govore o porastu temperature zraka, visini razine mora, otapanju ledenjaka, zakiseljenosti mora i raznim drugim parametrima. To je velika laž, da bi stvorila strah kod ljudi. Najbolji primer je Australija, gdje su im termometri bili podešeni da prikazuju višu temperaturu zraka za jedan stupanj. To je jedan primjer za koji se saznalo, a što sa onima za koje nemamo podatke.

A povećan broj oboljelih nema neke jake veze sa klimom, već sa zasijavanjem Zemlje otrovnim tvarima, ali i djelovanjem bojnog otrova koje su ljudi primali prošlih godina u obliku vakcine, zagađenja zraka, vode i hrane (GMO).

Politike određenih međunarodnih organizacija u razvijenim zemljama, neki znanstvenici koje oni sponzoriraju, podupiru teoriju da je jedan od glavnih uzroka globalnih klimatskih promjena na Zemlji antropogeni utjecaj na prirodu povezan s emisijom stakleničkih plinova u atmosferu.

Međutim, moderna znanost o klimi, zasnovana na zastarjelim informacijama o fizikalnim procesima u mikro i makrokozmosu, trenutno nije u stanju unaprijed predvidjeti ekstremne prirodne pojave, s velikim vremenskom rokom prije događaja.

„U istraživanju i modeliranju klime treba znati da se radi o združenom nelinearnom kaotičnom sustavu, te zato dugoročno predviđanje budućih stanja klime nije moguće.“ (to je izjava IPCC iz 2001. godine)

Pregovorima na političkom nivou na Konferenciji UN o promjeni klime u Parizu 2015. usvojen je Sporazum o smanjenju emisije plinova sa efektom staklene bašte do 2030. godine. Cilj je ograničavanje porasta globalne temperature.

Da li se političkim odlukama može utjecati na klimu?

Izvučen je sažetak članka kako bi se čitaocu upadljivo naglasio scenario katastrofičnog viđenja budućnosti koji nije realan. I nigdje pri ovakvim katastrofičnim najavama nema ograde u navođenju nesigurnosti proračuna numeričkih modela, koja je velika. Ovakav tekst obično se pojavi posle nekog perioda ljetnje vrućine kako bi se pojačao utisak na čitaoca.

Na osnovu istraživanja o ulozi Sunca na klimatske promjene, R.C. Willson iz NASA-e kaže: „Suprotno stavovima IPCC-a, naučna posmatranja posljednjih decenija su pokazala da nema „krize klimatskih promjena“. Koncept koji se pretvorio u propalu hipotezu antropogenog globalnog zagrijavanja je zasnovan na pogrešnim predviđanjima nepreciznih zastarjelih modela globalne cirkulacije. Klimu Zemlje prvenstveno određuje zračenje koje dobija od Sunca.

Zbog toga „ekipa“ koja zasijava naše nebo zbog prejakog sijanja Sunca i zagrijavanja Zemlje, dolazi u kontradikciju prema onima „zelenima“ koji zastupaju solarne elektrane, koje tim činom neće dobivati ukupnu sunčevu insolaciju, nego umanjenu za trećinu zračenja i koje je onda iskorištenje takvih solarnih elektrana? Tko je tu lud? Ali unatoč zasijavanja neba brojke pokazuju da je zadnjih desetak najtoplijih godina u RH, dužina trajanja sijanja Sunca veća od prosjeka srednjih vrijednosti višegodišnjih nizova za meteo postaje koje to mjere. Podaci su uzeti sa stranice meteo.hr.

Izvori

Vujnović, Vladis: Rječnik astronomije i fizike svemirskog prostora, Zagreb: Školska knjiga, 2004., [ISBN 953-0-40024-1](#), str. 56-57

Gustav Kren. [Karta zvjezdanog neba](#). Drvo znanja broj 33 godina IV. / ožujak 2000. Sysprint. Inačica [izvorne stranice](#) arhivirana 24. rujna 2015. Pristupljeno 13. kolovoza 2015.

Ivana Trtanj. [Je li slama Kumova ili Kumovska?](#). Hrvatsko filološko društvo. Pristupljeno 27. rujna 2015. Zanemaren tekst "Jezik: časopis za kulturu hrvatskoga književnog jezika, Vol.59 No.3 srpanj 2012."

Uspomene, doživljaji, saznanja, Nolit, Beograd, [ISBN 86-19-01623-7.](#), (198)

Wikipedia

„A prediction for the 25th solar cycle maximum amplitude“

R. Brajša*1 | G. Verbanac 2 | M. Bandić 3 | A. Hanslmeier 4 | I. Skokić 1 | D. Sudar 1

https://meteo.hr/podaci.php?section=podaci_agro¶m=mjesečni_agro_bilten&Mjesec=02&Godina=2023 DHMZ - mjesečni agrometeorološki bilten

https://meteo.hr/klima.php?section=klima_podaci¶m=k1

DHMZ – klimatološki podaci

Gerber Zorislav