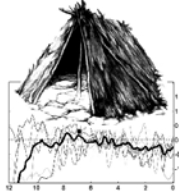


МИЛАНКОВИЋЕВА КРИВА ОСУНЧАВАЊА ОД МАКСИМУМА ПОСЛЕДЊЕ ГЛАЦИЈАЦИЈЕ ДО ПОЧЕТКА КУЛТУРЕ ЛЕПЕНСКОГ ВИРА

ВЛАДО МИЛИЋЕВИЋ

RPS Energy Canada Ltd.
1400, 800 – 5th Ave SW, Calgary, AB T2P 3T6, Canada
e-mail: vladomilicevic@shaw.ca

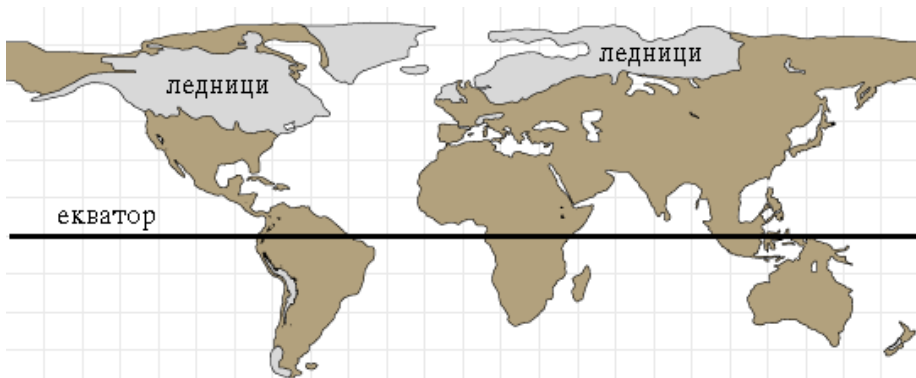
Резиме. У раду је разматран временски период за последњих 25 000 година и корелисан Миланковићев дијаграм осунчавања са резултатима и анализама односа $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ или ^{18}O из узорака леда са Антарктика и Гренланда. Коришћени су и други палеоклиматолошки подаци, посебно анализе полена, фосилни остаци, стабилни изотопи, биогеографски подаци, индекс североатлантске активности (NAO индекс), археогенетски ДНК-а код, угљеник C^{14} и друге методе и анализе. Утврђена је велика зависност развоја живог света и геолошких одлика европског терена са палеоклиматолошким подацима. Посебно је потенциран простор Балканског полуострва у времену после глацијације вирм 3, јер је припадао граничним просторима степа и зонама шума или само зонама шума где је могао да се развије богатији вегетативни и животињски свет од оног на северу европског тла. На основу биогеографских карактеристика, а посебно археогенетског ДНК-а кода аутор даје претпоставке о постојању још неоткривених и бројних археолошких локалитета старијих од културе Лепенског Вира. Ако се узме у обзир да поједини стадијали као што су били Најстарији и Старији Драјс, Венецуелански ветрови или Млађи Драјс (пре 18 - 11 000 година) нису могли да оставе јаче трагове захлађења на Балканском полуострву, а још мање битније да промене регионалну климу и средину опстајања, тада се намеће закључак да су простори југоисточног дела Европе (централно балканско побрђе) одувек били не само благородни за живот него и најбољи екосистеми у овом делу света. На основу свега тога вероватно је да ни будуће ледено доба, а ни савремен процес глобалног загревања не могу битније да поремете релативно стабилну климатску зону овог дела Европе (разматрано на основу Кепенове и Кепен-Гајгерове класификације климата) иако су позната потпуно супротна мишљења, па чак и драматична предвиђања у случају планетарног “антропогеног сценарија”. Клима Балканског полуострва, посебно дела којем припада Србија, нема велике екстремуме и то је још почетком двадесетог века потврдио Миланковићев дијаграм осунчавања и теренски нешто раније иницирала Цвијићева глацијална открића трагова и интензитета заглечеравања.



УВОД

Последње ледено доба, по Миланковићевим прорачунима и његовој криви осунчавања, достигло је свој максимум пре 25 000 година и било је праћено не само познатим и негативним ефектима које је са собом носило по питању опстанка живог света, већ и по постгласијалним доказима у виду еродованог или углачаног тла (стријама), транспортованом моренском материјалу, терминалним басенима, ледничким језерима, “егзотичним” блоковима, долинским профилским странама, лесним наслагама и многим другим теренски јасно видљивим опсервацијама и упечатљивим доказима. У периоду климакса последње гласијације средња соларна граница вечног снега спуштала се за 1010м, смањење средње температуре летње полугодине износило је чак 6,7°C, а средње годишње температуре 3°C (Milankovitch, 1941). Због тога је и оправдан закључак творца циклочног осунчавања да је то “било доба екстремно хладних година”.

Тим климатским променама пространи делови Северне Америке (време висконсин гласијације), Сибира (валдајска гласијација), Скандинавије (зала гласијација), као и Алпа (вирм 3 гласијација) налазили су се под леденим покровом који је у периоду од 20 - 18 000 година достигао дебљину између 3,5 до 4 км. Ниво Светског мора спуштао се између 60 - 80 м, понекад чак и до 100 м (сл. 1).



Слика 1: Општи изглед планете и распоред ледника из времена пре око 25 до 18 000 година.

Од максимума последње глацијације па до рађања културе Лепенског Вира (пре око 7 000 година пре н.е.) протекло је, дакле, 18 000 година у, генерално, али не и континуално, позитивном климатском тренду. Наведени временски интервал биће предмет разматрања овог рада, јер њиме у центар проучавања нису само постављени астрономија и њен део у имену небеска механика, затим математика, климатологија, геологија или њен део под именом квартарологија и на крају археологија, већ и основа за развој једне од најстаријих холоценских цивилизација на европском тлу чији су корени у каснијој друштвеној динамици имали неминовне одразе на све друге европске народе. Паралелно са тим са простора сучељавања Панонског басена и Карпатобалканских планина палеолитском човеку није само подарена климатски благодородна земља, већ и савременом свету генијални умови у именима Јован Цвијић (1865-1927), Милутин Миланковић (1879-1958), Драгослав Срејовић (1931-1996) и Радивоје Пешић (1931-1993) који су, преко физичке географије (гласиологије), астрономије и археологије, разгрнули тврду таму прошлости и показали зашто је данашња европска цивилизација пошла на свој развојни пут и са ових простора.

ПАЛЕОКЛИМАТОЛОШКЕ ОСНОВЕ

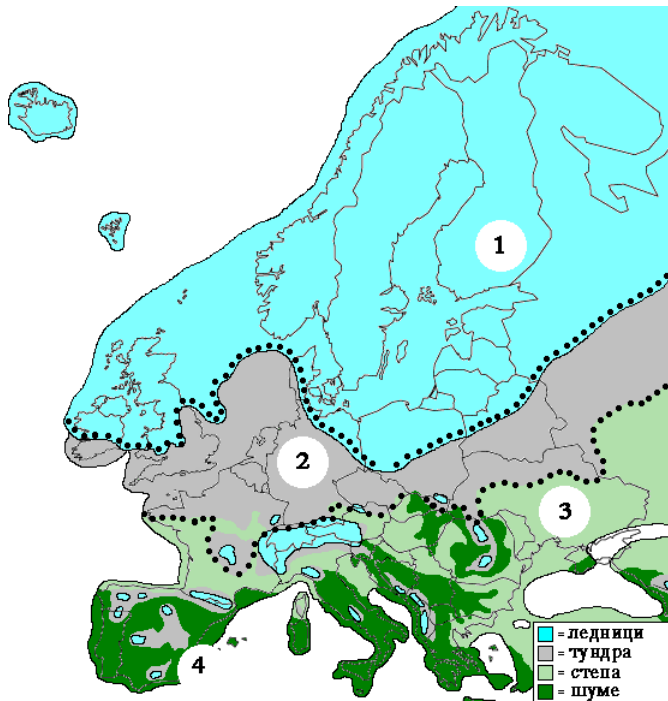
У новије време или у последње две декаде двадесетог и првој декади двадесет-првог века палеоклиматолошка наука је успела да пронађе и развије неколико нових и значајних метода истраживања, али и дотадашње познате које су у великој мери биле лимитиране временом свога настанка делимично или у потпуности “освежи” и допуни другачијим методолошким поступцима и приступима сагледавања. На тај начин постављени су сасвим нови циљеви и правци даље перспективности ове научне области (Jones & Mann, 2004).

Сасвим поуздано можемо да тврдимо да је испред свих тих новоразвијених или осаврењених методологија предњачила Миланковићева математичка клима базирана на астрономским елементима небеске механике и космичке физике. Ипак, не може се порећи невероватан замах метода као што су изотопско датирање из ледених узорака и односа кисеоника $\delta^{16}\text{O}/\delta^{18}\text{O}$, изучавање промена нивоа Светског мора (Fairbanks, 1989), палеоклиматолошки “прокси” подаци, стабилни изотопи и спелеотеме, (Bar-Matthenjs et al., 1997) распрострањење полена (Davis, 1963; Davis et al., 2003), детерминација границе винове лозе, годови дрвета (дендроклиматологија и дендроекологија, Fritts, 1971), анатомија црних маслина (Terral & Mengüal, 1999), археогенетика и коришћење ДНК-а кодова, распрострањење морских организама (корали и фораминифере, пре свега), индекс североатлантске осцилације (NAO index) и др. Тако смо захваљујући свим тим методама и добро осмишљеним истраживачким пројектима као у коцкицама мозаика добили једну релативно употпуњену климатолошку слику за последњих 25 000 година која може да послужи као добра основа за боље разумевање бројних догађаја из касно плеистоценске и

рано холоценске прошлости. Исто тако, допуњена је и палеоеколошка реконструкција планете у последњем леденом добу, тј. распрострањење инландајса (ледника), области тундри, степа, шума итд. (сл. 2).

И поред свих наведених метода, ипак ћемо се усресредити на две најважније: Миланковићеве циклусе осунчавања као најегзактније и криве добијене из ледених узорака са Антарктика (Восток станица и EPICA узорци леда или европски пројекат узорковања) и Гренланда (GISP2 узорци), јер у најдужем континуитету одсликавају климатске промене у наведеном временском периоду. Све остале користимо као допунске премда се у научном свету увелико користи термин мултидисциплинарност или прожимање великог броја метода реконструкције.

Иако је, како се могло видети са сл. 1, последња глацијација била најизраженија на азијском и североамеричком копну, ипак ћемо се задржати на европском тлу, јер одатле је потекла теорија осунчавања (Д' Аламбер, Адемар, Агасис, Крол, Миланковић), а исто тако ту су нађени и бројни трагови раних људских делатности. Посебно је то наглашено у деловима где су се несметано развијале шуме (Пиринејско, Апенинско и Балканско полуострво) или у граничним зонама степа и шума које су нудиле релативно богат улов, плодове и повољније климатске услове (види сл. 2).



Слика 2: Европско копно у времену последње глацијације: (1) на северу се налазио велики инландајс (ледници), (2) у централним деловима била је тундра, (3) нешто јужније налазила се степа, (4) а у медитеранском делу биле су шуме.

Копно је било знатно проширено ка југу (сужено Јадранско море, Сицилија спојена са копном, смањен број острва у Егејском мору итд.).

КЛИМА У ТОКУ ПОСЛЕДЊИХ 25 000 ГОДИНА

Миланковићев дијаграм осунчавања за последњих 25 000 година има релативно једноставнији изглед када се упореди са компилационом кривом промене средње годишње температуре која је добијена путем анализа антарктичких и посебно гренландских узорака леда из садржаја $\delta^{18}\text{O}$ или односа $\delta^{16}\text{O}/\delta^{18}\text{O}$ (сл. 3). Ово се и могло очекивати с обзиром на време и технологију израде поменутих криви, затим на могућности корелације и корекције, бројност информација итд. Миланковић је искључиво користио своје математичко знање и елементе небеске механике (Milankovitch, 1920), ретко се служећи дескриптивним подацима или теренским опсервацијама, јер их није било довољно двадесетих или тридесетих година двадесетог века. Треба исто тако приметити да и поред свега тога суштинске разлике између поменутих криви практично и не постоје, јер већина њих одражава скоро исте палеоклиматолошке трендове захлађења и отопљавања планете.

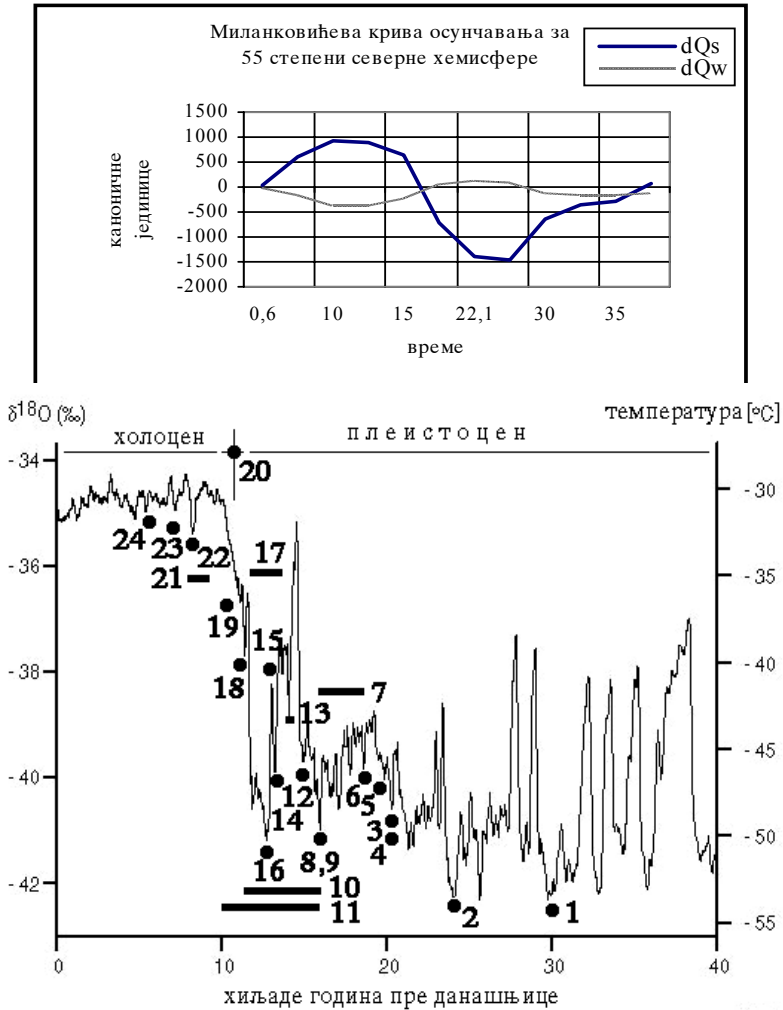
Највећи критичари Миланковићеве криве осунчавања у последњих десет година стриктно се држе кратких временских интервала или стадијала (до 1 000 или 1 500 година трајања) посебно истичући Млађи Драјс стадијал о коме ће нешто касније знатно више бити речи. Ипак, размотримо и анализирајмо геохронологију значајних догађаја у четири различите развојне фазе кроз палеоклиматолошке, биолошке и друге промена (подела извршена на по 5 000 година са изузетком последње фазе која је дата у 3 000 година) почев од краја последње глацијације па до првих до сада откривених трагова насељавања данашњих српских територија.

25 000 - 20 000 година

Приближно 5 000 година пре највећег последњег глацијалног таласа са лица планете нестао је последњи *Homo neanderthalensis* (Табела 1). Укрштање тадашњег *Homo sapiens* са *Homo neanderthalensis*ом, према неким теоријама, није било могуће и то преставља главни разлог нестанка ове врсте. Премда дата поставка није дефинитивно и доказана остају чврсти докази да је *Homo neanderthalensis* био крупнији од *Homo sapiens*, имао грубље телесне карактеристике као и већи мозак. Да ли је и колико климатски фактор одиграо улогу у страдању неандерталаца остаје отворено питање, али и тврда истина да је изумро пре максимума последње глацијације иако је био адаптиран на хладне климатске услове.

Један од могућих доказа постојања последњег неандерталца представља култура Шателперо (западна Француска и северна Шпанија) из горњег палеолитика или времена од пре око 35 - 29 000 година када су паралелно опстајали *Homo neanderthalensis* и *Homo sapiens*.

Пре 25 000 година наступио је екстремум захвађења и ово су потврдили и Миланковићева крива осунчавања и дијаграми осцилација кисеоникових изотопа из узорака са Гренланда и Антарктика (сл. 3). Већи део европског копна у то доба (око 50% територије) било је под ледом (сл. 2), нарочито њен северни део који је прекривао инландајс. Алпски ледници су имали знатно мању површину распрострађења, док су се у јужним деловима Европе углавном налазили изоловани и мање значајни центри заглечеравања.



Слика 3: Упоредни приказ Миланковићеве криве осунчавања за различите вредности секуларне промене количине осунчавања за калоричну летњу (dQs) и зимску (dQw) полугодину (горе) и крива промене количине изотопа кисеоника ¹⁸O добијена из узорака леда са Гренланда (доле) са важнијим климатским, геолошким и биолошким догађајима (види Табелу 1).

Табела 1. Значајни догађаји у временском распону за последњих 30 000 година (хронолошки маркери су обележени тачкама или линијама на сл. 3)

Редни број на криви (сл. 3)	Време у годинама	Значајни догађаји у историји људског друштва или доминантне палеоклиматолошке и геолошке промене
1	30 000-29 000	Последњи <i>Homo neanderthalensis</i> , Шателперо култура, горњи палеолитик
2	25 000	Максимум последњег леденог доба (вирм 3 у Алпима, висконсин у Северној Америци и висла на Балтику)
3	20 000	Најезда скакаваца на Балкану (према анализи полена)
4	20 000	Вероватни почетак насељавања пећина у Ђердапу и ниским дунавским терасама, Прото Лепенски Вир
5	19 000	Култура Солутри (источна Француска) и први доказ коришћења игле
6	18 000	Максималан ледени покров у периоду последње глацијације дебео око 3,5-4 км
7	18 000-15 000	Најстарији Драјс хладни стадијал
8	15 000	Пећина Алтамира (Шпанија). Пећинско сликарство и први примери апстрактног сликарства
9	15 000	Отапање последњих ледника, температура је нагло порасла, а пионири вегетације ширили су се ка северу
10	15 000-11 000	Развој органског земљишта, настанак лигнита
11	15 000-10 000	Период поплавног таласа?
12	14 000	Пад средње годишње температуре, повећане количине ледених акумулација на Гренланду
13	14 000-13 600	Старији Драјс хладни стадијал
14	13 500	Краткорочни пад средње годишње температуре, “Венецуелански ветрови”
15	12 000	Завршетак последњег леденог доба и почетак међуледене фазе
16	12000-11000	Нестанак последњих крупних сисара на тлу Северне Америке (сабласти тигар, мастодон, мамут)
17	11 000	Млађи Драјс хладни стадијал (трајао око 1000 година)

18	11 000	Нагли скок средње годишње температуре, велика вегетативна промена, алпско-алпски примерци заузимају високе северноевропске планине
19	10 000	Издизање нивоа језера на источном делу Медитерана као последица захлађења и смањења испаравања
20	10 000	Граница плеистоцен/холоцен
21	9 000-8 200	Топлија клима од данашње, чешће падавине
22	9 000	Вероватно прва мања насеља у Тердапу као и поред Дунава низводно
23	8 000	Поплавни период низводно од Тердапа, флувијална седиментација у средишњем току од Тердапа до Црног мора, вероватно измештена насеља поред реке
24	7 000	Почетак културе Лепенски Вир

Зона тундри се налазила у централном делу Европе (сл. 1), а распрострањала се правцем З - И. Припадало јој је око 25% територије. Данашња се налази између 70 и 80 степени северне географске ширине, док се на европском тлу искључиво појављује на крајњем северном скандинавском делу копна са типичним карактеристикама пермафроста. Према Кепеновој (1936) класификацији климата сврстава се у групу ЕТ.

Зонама степа и зонама шума, које су се претежно налазиле у медитеранском делу, припадало је подједнако пространство. Према датим карактеристикама произилази да је мање од 2 000 000 км² европског тла било погодно за развој живог света. Услед снижавања нивоа Светског мора већи део медитеранских делова (северне зоне данашњег Тиренског, Јадранског и Егејског мора) биле су проширене и погодне за насељавање.

На Балканском полуострву је пре око 20 000 година забележена најезда скакаваца. Ово је утврђено на основу проучавања полена из језерских седимената (MacDougall, 2006), што је навело истраживаче на закључак да је у доброј мери вегетација која погодује њиховом развоју била померена са севера дубоко на југ Европе, посебно на просторе Пиринејског, Апенинског и Балканског полуострва. *У овом смислу преовладава мишљење да су се најбоље еколошке нише налазиле на Балканском полуострву и да су у каснијој фази повлачења ледника ка поларнику и даље на север искључиво балкански скакавци могли да мигрирају ка централним деловима европског копна.* Оваква разматрања имају дубоку логику, јер су простори Пиринеја и Апенина са севера затворени непремостивим планинским баријерама.

20 000 - 15 000 година

С обзиром на дебљину леденог покрива који је пре 18 000 година на северно-европском и већим деловима континента северне хемисфере износио приближно слично као што је данашња дебљина леда на Антарктику, разматрани временски период би могли да назовемо наставком последње глацијације (сл. 4). Исто тако, појава хладног стадијала Најстарији Драјс који се јавио у то доба и трајао око 3 000 година у великој мери је допринео томе.

На Миланковићевој криви осунчавања за 45° северне географске ширине разлика у количини осунчавања за калоричну летњу полугодину (dQ_s) износи преко 1 000 каноничних јединица (пораст са -510 на $+550$ јединица), док је за калоричну зимску полугодину (dQ_w) само 370 јединица. За 55° северне хемисфере разлика у количини осунчавања за калоричну летњу полугодину је још драстичнија и износи преко 1 300 каноничних јединица, а за калоричну зимску полугодину само 300 (Milankovitch, 1941; Миланковић, 1997).

Исто тако, на Миланковићевој криви осунчавања за приказани петохиљадугодишњи период нема доказа о постојању Најстаријег Драјс хладног стадијала за средње географске ширине. Назив наведеног стадијала потиче од познатог и широко распрострањеног дивљег цвета тундре или арктичко-алпског *Dryas octopetala* који је одређен на основу бројних анализа полена и за кога се поуздано зна да је растао у пределима високих планина. Неподударност Миланковићеве криве осунчавања и развоја цвета хладних региона можемо да тумачимо оправданом, јер је у то време у медитеранском делу Европе благо започео процес отопљавања. Наиме, тада се лагано померала висинска граница вечног снега, тј. изотермичка површ топлије године почела је да делује у зонама шума на југу и делимично у зонама степа у централним (нижим) деловима европског континента.



Слика 4: Северна Америка, Азија и Европа пре 18 000 година у време последње глацијације када је постојао највећи ледени покрив: 1-континентални ледник, 2-континентални праг, 3-морски или океански ледник, 4-ледничка језера, 5-изоловани планински ледници и 6-суви предели.

Још израженије наведени процес се догодио пре око 15 000 година када је средња годишња температура нагло почела да расте. Иако још нема поузданих доказа, ипак се за овај временски период може констатовати да је вероватно погодовао великом поплавном таласу или стварању пространих ледничких језера.

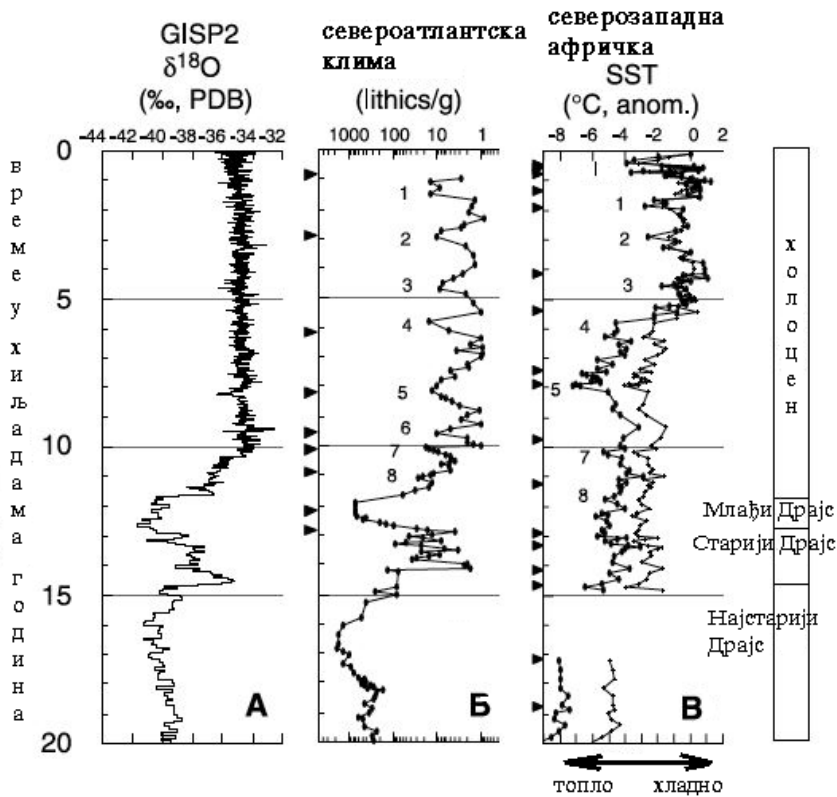
Насупрот томе, Silbi (1985) изражава сумњу да је количина Сунчеве радијације од $2,5 \cdot 10^4$ J, како је Миланковић срачунао, била довољна да отопи сав нагомилани снег и лед у периоду од 16 - 8 000 година, узимајући за основни противаргумент велики глацијални плеистоценски алbedo (око 0,75 - 0,80). У фокус својих тврдњи Silbi поставља загревање океана, а не космичке законитости, али ова претпоставка се одржала само у домену секундарних утицаја и на фазу отопљавања нема значајан утицај.

У наведених 10 000 година (од 25 - 15 000 година) појас дотадашњих степа који се налазио у централном делу Европе претворио се у језерски, мочварни или регион који је по својим основним карактеристикама могао бити веома сличан данашњем северном делу канадске територије која се налази непосредно уз зону пермафроста. Због тога као и оштре хладне климе било је то ретко настањено или тешко освојиво подручје које су превасходно настањивале плеистоценске животиње (мамути, мастодони и сл.) или ретка номадска племена, живећи у сталној потрази за храном (Срејовић, 2001). Ипак, највећи део касно плеистоценске европске групације могле су да се развијају на јужном делу континента што потврђују и археогенетске анализе ДНК-а кода.

За Најстарији Драјс хладни стадијал не можемо поуздано да тврдимо да је био свуда подједнако заступљен, јер је у питању краткостепенски интервал времена. Када се упореде дијаграм GISP2 и дијаграм североатлантске климе не добијају се подударни резултати (сл. 5), што пре потврђује његово локално деловање са већим интензитетима захлађења у севернијим пределима Европе (Ballantyne, 2002; Shackleton et al., 2000).

Уколико се разматра период од 20 - 15 000 година, тада се посебно издвајају пећинска открића из Шпаније (Алтамира) и Француске (пећинско сликарство, начин лова, врсте животиња и сл.). Исто тако, то је и време Прото Лепенског Вира у коме прве заједнице насељавају ниске речне терасе (Срејовић, 2001б) што је и објашњиво, јер је ниво површинских, а самим тим и издани био знатно нижи од данашњег.

При крају овог временског интервала пионири вегетације су започели своје ширење ка северу и то је био најбољи знак да је наступила фаза отопљавања. Развијало се органско земљиште, а изумирање појединих биљака и стварање лигнита још више је потврђивало новонастали климатски процес.



Слика 5: Промене средње годишње температуре добијене из узорака леда и садржаја кисеоника ^{18}O са Гренланда (лево), промена литификације и величине зрна (у средини) и температурне аномалије из северозападно афричког региона (десно).

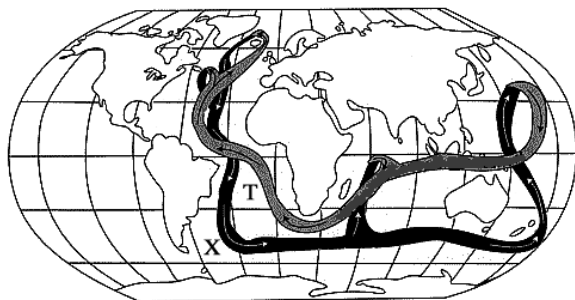
15 000 - 10 000 година

За дати период времена могли бисмо да констатујемо да представља постгласијални са свим израженим биолошким и палеоклиматолошким кризама, али и даљим развојем органског земљишта, настанком лигнита у северним деловима Европе и даљим проширењем плодног земљишта.

У палеоклиматолошком смислу сменила су се два хладна стадијала (Старији и Млађи Драјс) са топлим интерстадијалима. Млађи Драјс је трајао дуже (око 1 000 година, по некима и до 1 500) и оставио је упечатљиве трагове, посебно на Гренланду (Broecker et al., 1988; Dansgaard et al., 1989), шкотском високогорју (Sissons, 1979; Bennett & Boulton, 1993), скандинавском северу (Gulliksen et al., 1998; Spurk et al., 1998), али има доказа и из венецуеланске седиментационе замке Кариако басена са бројним варвама (Thunell et al., 2000; Smoak et al., 2004) као и из хрст-борових дендролошких проучавања у Немачкој.

Честе примедбе на рачун Миланковићеве криве осунчавања потичу, како смо већ рекли, у вези Млађег Драјса, јер њега нема на дијаграму осунчавања. Да су у питању неосноване и беспредметне тврдње веома је лако доказати зато што Млађи Драјс нема ни глобални ни дугопериодични карактер нити је познат стварни узрок овог захлађења. За сада је највероватније да је изазван променом океанског струјања у северном делу Атлантског океана, тј. ниском вредношћу NAO индекса и ниским градијентом притиска који су се показали доминантним када су наступали краткотрајни хладни таласи у северном и западном делу Европе у историјско време (Fagan, 2000).

В. Брекер и др. и В. Брекер (Broecker et al., 1990; Broecker, 1998) су установили да је североатлантско океанско струјање суштински двојако. Топло приповршинско доноси мање салинитета и са југа доспева до исландске и норвешке обале на север. Хладно дубоководно садржи више салинитета и струји са севера ка југу. Ово су популарно назвали “океански конвејер” (сл. 6).



Слика 6: Океанско струјање или “океански конвејер” (по Брекеру и др., 1990 и 1998) игра веома важну улогу код краткопериодичних промена климе на планети (Т-топло приповршинско струјање и Х-хладно дубоководно струјање).

У појединим временским периодима догађало се да приповршинско топло струјање не доспе до западних и северних континенталних обалских граница услед чега су наступале фазе краткотрајног захлађења. Вероватно је такав случај био и са Млађим Драјсом, а како су питању океански и морски путеви, а не космички утицаји на планету и њене чврсте делове, тако и наведени стадијал потпада под форму краткопериодичних промена које нису биле предмет Миланковићевих прорачуна, што је и сам аутор у више наврата истицао.

Утицај Млађег Драјса није се осећао интензивно у зонама степа као што је то био случај на северу Европе. Најупечатљивији докази су смене лесних наслага и погребених земаља, док је у јужном делу или источном Медитерану уочено да су језера имала више нивое него у периоду отопљавања, нарочито пре око 10 000 година (Landmann & Reimar, 1996; Roberts et al., 2001).

Уколико у дата разматрања укључимо и палеогеографску и биљно географску реконструкцију Европе у време Млађег Драјса, тада је јаснији утицај овог стадијала на јужни део континента (сл. 7). Знатно проширене зоне шума (означено са 4а и 4б) омогућиле су брже насељавање и ово недвосмислено доказује да су то били најпогодни климатски простори за живот, а самим тим и даљи несметани развој касно плеистоценске европске цивилизације. Према томе, само су Пиринејско, Апенинско и Балканско полуострво представљали сигурну заштиту од краћих или дужих ледених таласа и дате територије ту своју особину вероватно неће изгубити ни у будућности (Милићевић, 2000).

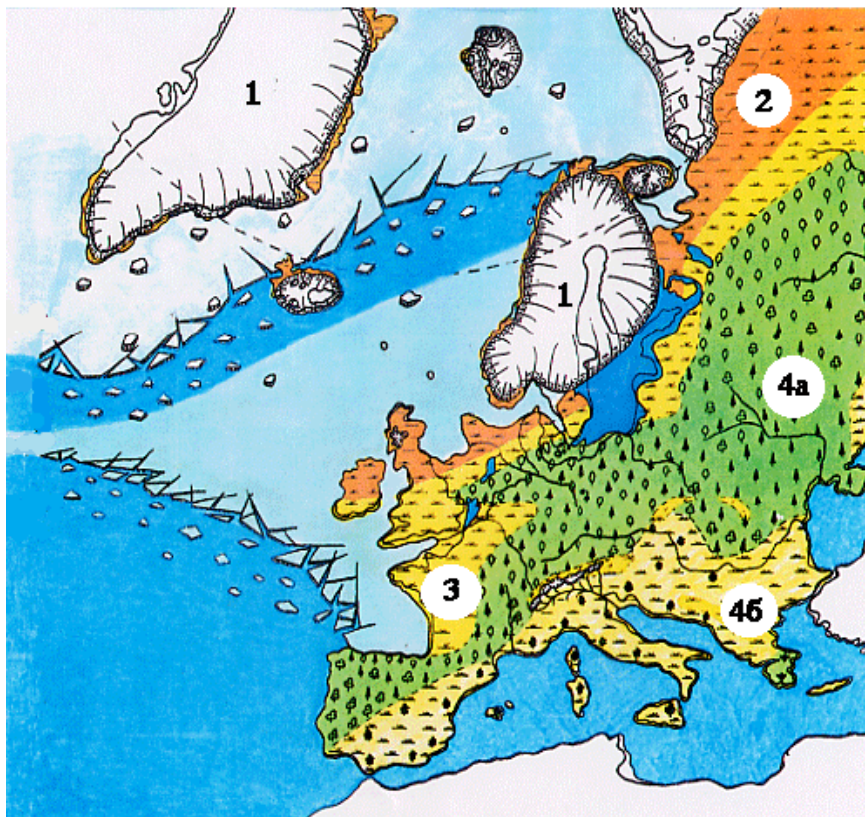
На североамеричком копну нестају крупни сисари (пећински медвед, сабљасти тигар, мамути, мастодони), али још није сигурно утврђено да ли је на то утицао Млађи Драјс хладни стадијал или раноамерички ловац који је на ове просторе вероватно продро из Сибира, користећи Берингов земљиуз као погодан коридор.

10 000 - 7 000 година

Интергласијални развој, који карактерише овај временски период, омогућио је брже и даље насељавање јужних европских простора у коме се Балканско полуострво са свим до сада откривеним археолошким локалитетима истиче као посебно значајно. Целокупно централно балканско подручје потпада под културу медитеранских граветијена (медитеранска сфера утицаја), смењују се две геолошке епохе - плеистоцен и холоцен пре око 10 000 година, а даљи позитивни климатски тренд битно мења начин живота људи старијег каменог на прелазу у средње камено доба.



Пре 7 000 година појављује се култура Лепенски Вир којој је претходило насељавање простора дуж Ђердапа и поред Дунава низводно. У сваком случају временски интервал од разматраних 3 000 година заслужује велику пажњу истраживача, јер не само да се поклапа са општим отопљавањем планете, већ је и оправдана претпоставка да су постојала бројна насеља раног холоценског човека на теренима Источне Србије, посебно у зонама река, карстних пећина или каверни.



Слика 7: Реконструкција биљно географских области и заглечерених делова Европе у време пре око 12 - 10 000 година (Млађи Драјс): 1-остаци инландајса, 2-зоне тундри, 3-зоне степа и 4а и 4б-зоне шума. Температурна крива са климатским минимумом пре око 12 000 година добијена из узорака леда из средишњег дела Гренланда (лево).

БАЛКАНСКО ПОЛУОСТРВО (МЛАЂИ ПЛЕИСТОЦЕН - СТАРИЈИ ХОЛОЦЕН)

Иако за просторе Балканског полуострва нема довољно палеоклиматолошких података и у том погледу тек треба да се осмисли оригинална и комплексна стратегија истраживања, ипак се за временски период млађег плеистоцена и старијег холоцена намећу неке претпоставке или иницијални подаци који не могу да се заобиђу у даљим разматрањима. Сви су изгледи да Балканско полуострво можемо да разматрамо у временским детерминантама пре 10 000 година као млађи плеистоцен и после 10 000 година као старији холоцен, али исто тако и просторно одељен на југозападни и југоисточни део на што указују бројне анализе полена и средње годишње температуре у току најтоплијег и најхладнијег месеца.

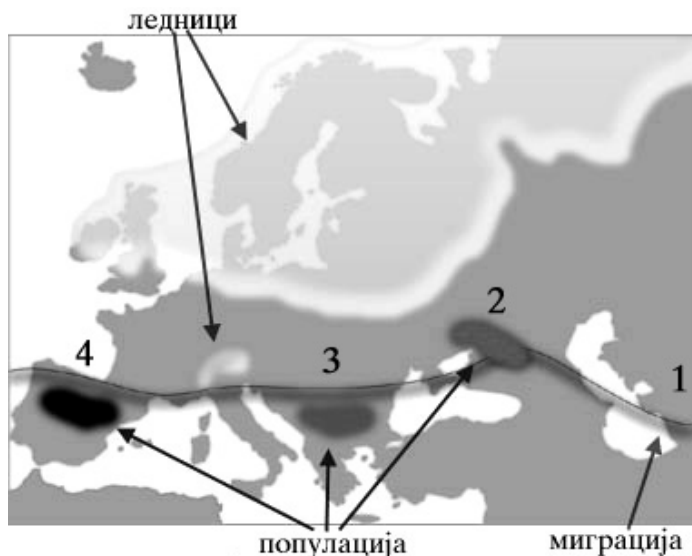
Миланковићева крива осунчавања и криве добијене из ледених узорака са Гренланда и Антарктика (сл. 3) доказују да се у периоду касног плеистоцена и раног холоцена клима мењала тако што је интерглатијални максимум достигнут пре око 10 000 година. По Миланковићевим прорачунима тада је било +900 каноничних јединица за 55° северне хемисфере (+800 јединица за 45°), а то је могло да одговара средњој годишњој температури од 12 - 15°C. Ово је погодовало даљем развоју живог света, што су потврдила археогенетска проучавања ДНК-а кода, археолошка налазишта и фосилни остаци животиња и биљака, али тиме нису дефинисани региони са специфичним климатским карактеристикама којих је највероватније био већи број. То су, на пр., могла бити подручја дуж речних долина, блажа побрђа и нискогорје или жупе се устаљеном средњом годишњом температуром.

Претходник данашњег северног или западноевропског човека могао је да започне своје освајање путог европског континента највероватније са простора Балкана, јер је било доступно и најближе Леванту, у климатски најблагододнијем подручју (заштићено зонама шума или у граничним деловима оријентисаним према северним зонама степа), али и у потпуности отворено за даљи и несметани продор ка централним и западним деловима Европе, што је било вишеструко повољније од простора који су се налазили јужно од Пиринеја или Алпа. Ово даље намеће закључак да Балканско полуострво никада кроз историју постојања људског друштва није губило тај значај, већ, напротив, одувек одржавало изванредан степен проходности и истовремено представљало најзначајнији коридор између југа и севера или истока и запада.

Промене у водном билансу инициране су палеоклиматолошким реконструкцијама, док хидрогеолошка истраживања подземних вода и геотермалне енергије у Србији (проучавање садржаја $\delta^{18}\text{O}$ и $\delta^2\text{X}$) за време од 20 - 10 000 година (Миливојевић, 2001) налазе да су хидрогеолошки резервоари у великој мери били испражњени због мале количине падавина и инфилтрације, али да тиме није био промењен ни квалитет ни квантитет подземних вода. Ово истовремено упућује на податак да је касно плеистоценски и рано холоценски човек заузимао просторе око ниских речних тераса и тиме на једноставан начин долазио до површинске воде коју је претежно користио за пиће.

Најновијим ДНК-а проучавањима издвојен је већи број тзв. хаплогрупа. За просторе Балканског полуострва тесно су везане групе Е3b и Пb. За прву се сматра да је мигрирала са Средњег Истока и населила зону Медитерана у времену тзв. "плеистоценске експанзије", док је друга на просторе Балкана доспела са севера европског континента, вероватно напуштајући територије инландајса који се у времену зала глатијације ширио ка југу. Ова два супротна кретања имала су један заједнички циљ, а то је било насељавање дотад празних балканских простора који су тако на неки начин постали "чекаоничко место" за боље климатске прилике.

У каснијој фази миграције народа хаплогрупа R1b, која је данас најзаступљенија у Европи, вероватно је после престанка деловања последње глацијалне фазе или у максимуму интерглацијације пре око 10 000 година и посебно касније (сл. 8) почела да напушта Балкан, насељава дотадашње степе које су се услед битно измењене климе претвориле у затрављене пашњаке. Значај Балканског полуострва у времену максимума последње интерглацијације није довољно ни потврђен нити истражен. Иако је оно (посебно данашње српске територије) у каснијим фазама представљало културни центар Европе (Срејовић, 1994 и 2001a), ипак је много значајнија чињеница да је у времену пре око 10 - 8 000 то било најсигурније уточиште за рано холоценског човека који је на тај начин успешно пронашао природно станиште са најмање израженим природним ризиком и хазардом (Пешић, 2001; Гимбутас и др., 2001).

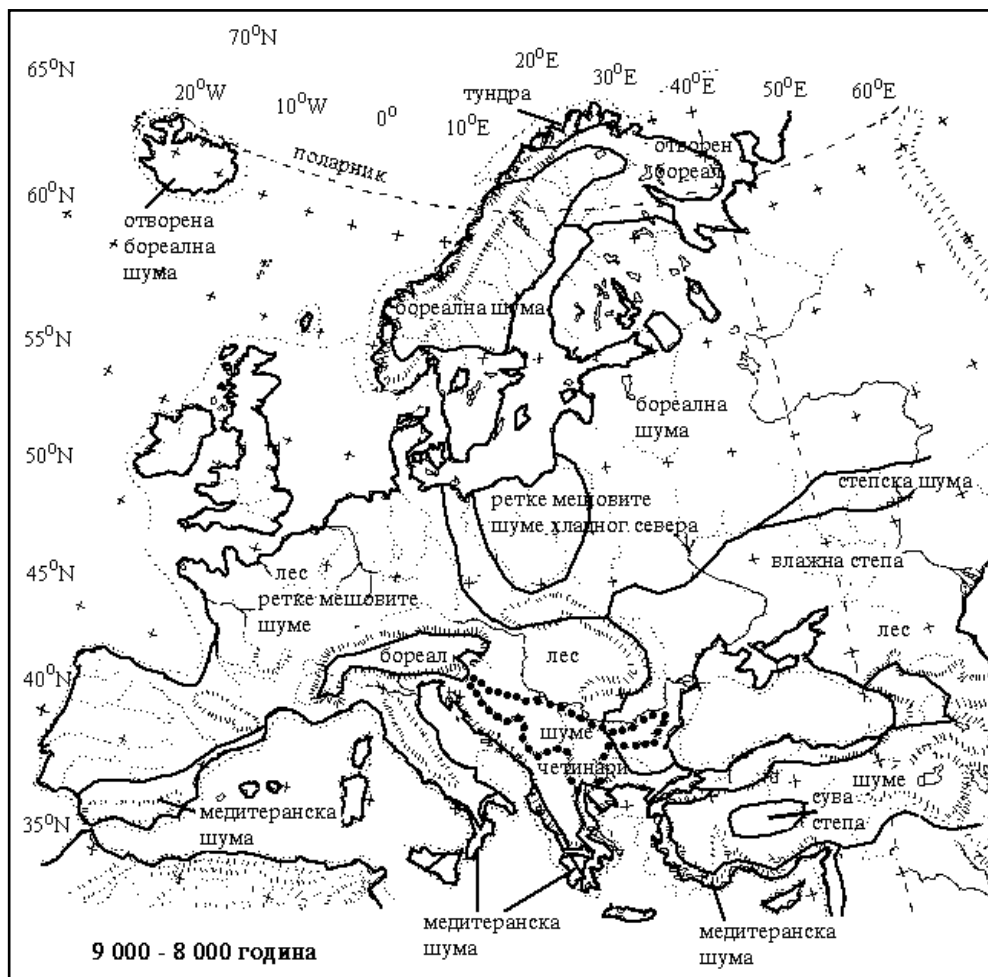


Слика 8: Популациони развој европског тла у периоду последње глацијације. По овој интерпретацији само су Пиринејско (означено са 4) и Балканско (ознака 3) полуострво имали повољне климатске услове.

Бројна маринска изучавања кисеоникових изотопа из медитеранског подручја потврдила су да су у максимуму последње интерглацијације средње годишње температуре биле високе, а падавине честе (Rohling & De Rijk, 1999; Ariztegui et al., 2000). Премда поједини истраживачи налазе хладније таласе у широј зони Егејског (Geraga et al., 2000) и Тиренског мора (Kallel et al., 1997) и везују их за ефекте Млађег Драјс хладног стадијала, ипак су то мање одрживи подаци за Балкан с обзиром на археолошка налазишта, његов даљи значај за насељавање и релативно стабилније климатске одлике.

Уколико се пажљиво прати плеистоценско-холоценски климатски развој, посебно Балканског полуострва и тесно повезује са тадашњим миграцијама могу се добити изузетно значајни резултати који ће свакако далеко

премашивати било које сличне резултате из централног или северног дела Европе. Тиме се неће само доказати да је Балканско полуострво имало своје посебно место у предисторијском развоју него оно и за будућа времена задржава своје драгоцене и благородне климатске карактеристике. На основу релативно малог фонда палеоклиматолошких података ипак се са великим степеном сигурношћу може тврдити да је шумски фонд (сл. 9) био истинско богатство тога доба на тлу Србије (Huntley, 1988; Huntley & Prentice, 1993), а да бројне пећине и њихове спелеотеме и даље крију читаво богатство нетакнутих палеоклиматолошких информација о чему сведоче касно холоценске, иако су тек само фрагментарно истражене (Kačanski et al., 2001).



Слика 9: Распоред и тип шума на европском тлу у времену завршетка Млађег Драјс хладног стадијала пре 9 - 8 000 година. Балканско полуострво је у то време било богато четинарском и листопадном шумом са затрављеним пропланцима и благом климом (границе означене тачкасто).

Миланковићева крива осунчавања за последњих 25 000 година представља полазну основу за истраживање климе Балканског полуострва. Она је аутохтона, независна, али и водећа за све друге методе палеоклиматолошких истраживања. Са Миланковићевом математичком кривом осунчавања као водећом на тлу Србије могу да се примене и методе истраживања полена (Peuon et al., 1998), спелеотеми (McDermott et al., 1999), радиоактивне методе одређивања старости (угљеник ^{14}C), изучавање фосилних остатака плеистоценско-холоценских биљака, подземних вода, најмлађих угљених серија итд. (Милићевић, 2006). Потупно равноправно са овим налазе се археолошка, геоморфолошка, глацијална, педолошка, специјализована истраживања леса и математичка метода као део небеске механике или астрономије. Све то представља савременији облик Миланковићеве математичко-климатолошке школе чије је истинско место на Балканском полуострву, јер не само да је изродило астрономског дива, већ је кроз читав квартал, а посебно у периоду последњег леденог доба опстајало као најсигурније заштитништво човеку раног каменог доба.

С обзиром на приказане климатске карактеристике и миграције у току плеистоценско-холоценске старости не би требало да представља изненађење уколико би се на тлу Србије дуж ниских речних долина, пећина или каверни у некој даљем будућности пронашла нова археолошка налазишта из сличних или нешто старијих временских периода него што је то Лепенски Вир.

ЗАКЉУЧАК

У климатском погледу простори Балканског полуострва били су у недавној геолошкој прошлости (касни плеистоцен - рани холоцен) у великој мери заштићени од таласа последњег леденог доба и нису претрпели тако драматичне промене какав је био случај са севером Европе и Алпима, али и зоном тундри која се налазила у централним деловима континента. Ове климатске карактеристике омогућиле су плеистоценско-холоценском човеку најбољу могућу заштиту на тлу Европе и све то, поред обиља хране биљног и животињског порекла, квалитетне воде за пиће, једноставнијег и сигурнијег проналажења локалитета, пећина или каверни за насељавање, довело је до стварања већег броја људских заједница, нарочито дуж Дунава низводно од Београда. Посебно је то било изражено у самом зачетку холоцена или времену пре око 10 - 8 000 година када су ови српски простори вероватно били и најгушће насељене европске зоне.

Овим радом разматран је период од око 18 000 година. Иако то представља само 3% од укупно срачунате Миланковићеве криве осунчавања, ипак су нађене значајне, а понегде и драматичне климатске промене и ефекти тих промена који нису довољно истраживани (миграције, насељавања, поплаве, изумирање врста, хладни стадијали, отопљавања), али чија детаљнија познавања могу да допринесу далеко вишем нивоу свести

колико су ти простори драгоцени у даљој климатској перспективи (Birks & Ammann, 2000). Све то заједно још више афирмише Миланковићеву математичку криву осунчавања као и новија истраживања, јер је очигледно да сем астрономије и математике у себи садржи бројне и недовољно познате аспекте. Премда се у приказаном раду чини да је најмање астрономски (више интердисциплинаран), не може се порећи тврда истина да је у његовој основи космичка физика (циклуси осунчавања) и интеракција Сунце - Земља.

Исто тако, ова разматрања и њени поједини резултати на изванредан начин указују и на ефекте глобалног загревања који су се наметнули као вероватно највећи проблем модерног човека. По песимистичким сценаријима јужни део Европе требало би да буде изложено истинском климатском колапсу (заразе, подизање нивоа Медитерана, трајно губљење обрадивих површина, регионални пожари итд.), али све то заједно може бити дуж морских обалских линија или на самом југу. Већи део Балканског полуострва, посебно његово залеђе и дубља унутрашњост, неће, међутим, изгубити своје основне климатске карактеристике и погодности. По Кепеновој класификацији климата вероватно да би из садашње категорије D (Dfa - Dfb или влажне континенталне климе) територија Србије прешла у вишу категорију C (Csa - Csb или у медитеранске одлике са сувим и топлим летима) због продора топлог медитеранског таласа са Црног мора и делимично са југа дуж полуотворених речних долина, али то не би имало погубне одлике по живи свет како предвиђају неки климатолози.

Због свега наведеног елементарни циљ савременог човека са Балкана треба да буде очување животне средине, јер тако бројне предности и повољности за живот са минимумом природних ризика и хазарда нису свуда обилато дароване. Ту се, између осталог, и крије тајна зашто су одувек биле, а и остале изражене претензије на вековне српске територије, јер то никада није била "кућа на сред пута", како то неки злурадо представљају, већ дом подигнут у вечно зеленој питомини са благородном континенталном и благом медитеранском климом.

Коришћена литература

- Ariztegui, D., Asioli, A., Lowe, J. J., Trincardi, F., Vigliotti, L., Tamburini, F., Chondrogiani, C., Accorsi, C. A., Mazzanti, M. B., Mercuri, A. M., Van Der Kaars, S., Mckenzie, J. A. and Oldfield, F.: 2000, "Palaeoclimate and the formation of sapropel S1: inferences from Late Quaternary lacustrine and marine sequences in the central Mediterranean region", *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **158** (3-4), 215.
- Ballantyne, C. K.: 2002, "The Loch Lomond Readvance on the Isle of Mull: glacier reconstruction and paleoclimatic implications". *Journal of Quaternary Science* **17**(8), 759.
- Bar-Matthews, M., Ayalon, A. and Kaufman, A.: 1997, "Late Quaternary Paleoclimate in the Eastern Mediterranean Region from Stable Isotope Analysis of Speleothems at Soreq Cave, Israel", *Quaternary Res.*, **47**, 155.

- Bennett, M. R. and Boulton, G. S.: 1993, "Deglaciation of the Younger Dryas or Loch Lomond Stadial Ice-field in the Northern Highlands, Scotland". *Journal of Quaternary Sci.*, **8** (2), 133.
- Birks, H. H. and Ammann, B.: 2000, "Two terrestrial records of rapid climatic change during the glacialHolocene transition (14,000-9,000 calendar years B.P.) from Europe", *Proceedings of the National Academy of Science*, **97** (4), 1390.
- Broecker, W. S.: 1998, "Palaeocean circulation during the last deglaciation: A bipolar seesaw?", *Palaeoceanography*, **13**, 119.
- Broecker, W. S. et al.: 1988, "The chronology of the last deglaciation: Implications to the cause of the Younger Dryas event", *Nature*, **3**, 1.
- Broecker, W. S., Bond, G., Klas, M., Bonani, G. and Wolfli, W.: 1990, "A salt oscillator in the glacial Atlantic? 1. The concept", *Palaeoceanography*, **5**, 469.
- Geraga, M., Tsaila-Monopolis, S., Ioakim, C., Papatheodorou, G. and Ferentinos, G.: 2000, "Evaluation of palaeoenvironmental changes during the last 18,000 years in the Myrtoon Basin, SW Aegean Sea", *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **156**, 1.
- Gimbutas, M., Pešić, R. i Šan Vin, M.: 2001, *Prva Evropa*, Pešić i sinovi, Beograd.
- Gulliksen, S. et al.: 1989, "A calendar age estimate of the Younger Dryas – Holocene boundary at Krakanes, western Norway", *Holocene*, **8**, 249.
- Dansgaard, W., White, J. W. S. Jr and Johnsen, S. J.: 1989, "The abrupt termination of the Younger Dryas climate event", *Nature*, **339**, 532.
- Davis, M. B.: 1963, "On the theory of pollen analysis", *Amer. J. Sci.*, **261**, 899.
- Davis, B. A. S., Brewer, S., Stevenson, A. C. and Guiot, J.: 2003, "The temperature of Europe during the Holocene reconstructed from pollen data", *Quaternary Sci. Rev.*, **22**, 1701.
- Jones, P. D. and Mann, M. E.: 2004, "Climate Over Past Millennia", *Reviews of Geophysics*, **42**, RG2002.
- Kallel, N., Paterne, M., Labeyrie, L., Duplessy, J. C. and Arnold, M.: 1997, "Temperature and salinity records of the Tyrrhenian Sea during the last 18,000 years", *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **135**, 97.
- Kačanski, A., Carmi, I., Shemesh, A., Kronfeld, J. and Yam, R.: 2001, "Late Holocene Climatic Change in the Balkans: Speleothem Isotopic Data from Serbia", *Radiocarbon*, **43**, 647.
- Knox, J. C.: 1993, "Large increases in flood magnitude in response to modest changes in climate", *Nature*, **361**, 430.
- Köppen, W.: 1936, "Das geographische System der Klimate", In: *Handbuch der Klimatologie* (Köppen & Geiger, eds.), 1, C, Gebr. Borntraeger, 1.
- Landmann, G. and Reimer, A.: 1996, "Climatically induced lake level changes at Lake Van, Turkey, during the Pleistocene/Holocene transition", *Global Biogeochemical Cycles*, **10** (4), 797.
- MacDougall, D.: 2006, *Frozen Earth (The Once and Future Story of Ice Age)*, Univ. of California press, 1.
- Milankovitch, M.: 1920, *Théorie Mathématique des Phénomènes Thermiques Produits par la Radiation Solaire*, Gauthier Villars, Paris.
- Milankovitch, M.: 1941, "Kanon der Erdbestrahlung und seine Anwendung auf das Eiszeitenproblem", *Königlich Serbische Akademie*, **133**, 1, Belgrade.
- Миланковић, М.: 1997, *Изабрана дела 1-7*, (Канон осунчавања Земље и његова примена на проблем леденог доба I и II; Небеска механика. Историја астрономске науке; Кроз васиону и векове. Кроз царство наука; Списи из историје науке;

- Чланци, говори, преписка; Успомене, доживљаји и сазнања, *Завод за уџбенике и наставна средства*, Београд.
- Милићевић, В.: 2000, *Миланковић - прошлост, садашњост, будућност*, Клуб НТ, 1.
- Милићевић, В.: 2006, "Миланковић: граничне области или бесконачно мултиплицирани низ?", "Астрономија код Срба 4", *Зборник радова Астрономске опсерваторије и Астрономског друштва "Руђер Бошковић"*, 235, Београд.
- Milivojević, M.: 2001, "The age of Geothermal Waters of Serbia as an Indicator of Climate Change", *Ann. Geol. Penins. Balk.*, **64**, 233.
- Mcdermott, F., Frisia, S., Huang, Y., Longinelli, A., Spiro, B., Heaton, T. H. E., Hawkesworth, C. J., Borsato, A., Keppens, E., Fairchild, I. J., Van Der Borg, K., Verheyden, S. and Selmo, E.: 1999, "Holocene climate variability in Europe: evidence from $\delta^{18}\text{O}$, textural and extension-rate variations in three speleothems", *Quaternary Sci. Rev.*, **18**, 1021.
- Пешић, Р.: 2001: *Винчанско писмо и други граматолошки огледи*, Пешић и синови, Београд.
- Peyron, O., Guiot, J., Cheddadi, R., Tarasov, P., Reille, R., De Beaulieu, J. L., Bottema, S. and Andrieu, V.: 1998, "Climatic reconstruction in Europe for 18,000 yr BP from pollen data", *Quarter. Res.*, **49**, 183.
- Roberts, N., Reed, J. M., Leng, M. J., Kuzucuoglu, C., Fontugne, M., Bertaux, J., Woldring, H., Bottema, S., Black, S., Hunt, E. and Karabiyikoglu, M.: 2001, "The tempo of Holocene climatic change in the eastern Mediterranean region: new high-resolution crater-lake sediment data from central Turkey", *Holocene*, **11** (6), 721.
- Rohling, E. J. and De Rijk, S.: 1999, "Holocene climate optimum and Last Glacial Maximum in the Mediterranean: the marine oxygen isotope record", *Marine Geology*, **153**, 57.
- Selby, M. J.: 1985, *Earth's Changing Surface*, Clarendon press, Oxford, 1.
- Smoak, S. M., Benitez-Nelson, C., Moore, W. S., Thunell, R. C., Astor, Y. and Muller-Karger, F.: 2004: "Radionuclide fluxes and particle scavenging in Cariaco Basin", *Cont. Shelf Res.*, **24**, 1451.
- Sissons, J. B.: 1979: "The Loch Lomond stadial in the British Isles", *Nature*, **280**, 199.
- Spurk, M. et al.: 1989, "Revision and extension of the Hohenheim oak and pine chronology: New evidence about the timing of the Younger Dryas/Preboreal transition", *Radiocarbon*, **40**, 1107.
- Срејовић, Д.: 1994, "Културе старијег и средњег каменог доба на тлу Србије", У: *Историја српског народа I*, Српска књижевна задруга, Београд.
- Срејовић, Д.: 2001a, *Кад смо били културно средиште света*, елек. издање ТИА Јанус и Арс Либри, Београд.
- Срејовић, Д.: 2001б, *Поруке прошлости*, Арс Либри, Београд.
- Shackleton, N. J., Hall, M. A. and Vincent, E.: 2000, "Phase relationships between millennial-scale events 64000-24000 years ago", *Palaeoceanography*, **15**, 565.
- Terral, J. F. and Mengüal, X.: 1999, "Reconstruction of holocene climate in southern France and eastern Spain using quantitative anatomy of olive wood and archaeological charcoal", *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **153**, 71.
- Thunell, R. C. et al.: 2000, "Organic carbon fluxes, degradation, and accumulation in an anoxic basin: Sediment trap results from Cariaco Basin", *Limnology and Oceanography*, **45** (2), 300.
- Fagan, B.: 2000, *The little ice age (How climate made history 1300-1850)*, 1.

- Fairbanks, R. G. A.: 1989, "17,000-year glacio-eustatic sea-level record – influence of glacial melting rates on the Younger Dryas event and deep-ocean circulation", *Nature*, **342** (6250), 637.
- Fritts, H. C.: 1971, "Dendroclimatology and dendroecology", *Quat. Res.*, **1**, 419.
- Huntley, B.: 1988, "Glacial and Holocene vegetation history: Europe", In: *Vegetation History* (Huntley & Webb, eds.), Kluwer Acad. Publ., 341.
- Huntley, B. and Prentice, I. C.: 1993, "Global Climates since the Last Glacial Maximum", In: *Vegetation and Climates of Europe* (Wright, Kutzbach, Webb III, Ruddiman, Street-Perrott, Bartlein, eds.), Univ. of Minnesota press, 136.

THE INSOLATION CURVE OF THE MILANKOVIĆ FROM THE MAXIMUM OF THE LAST GLACIATION TO THE BEGINNING OF THE LEPENSKI VIR CULTURE

The period of last 25000 years is correlated with the insolation diagram of Milanković, and with results and analysis of the ratio $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ or ^{18}O from ice samples from Antarctic and Grenland. Other paleoclimatological data are used as well. In particular, the climate of Balkan peninsula, especially Serbia is considered.