



**УНИВЕРЗИТЕТ „ГОЦЕ ДЕЛЧЕВ”- ШТИП**  
**ФАКУЛТЕТ ЗА ПРИРОДИ И ТЕХНИЧКИ НАУКИ**

**Катедра за геологија и геофизика**

**Штип**

Рада Аврамовска

**МИЛАНКОВИЧЕВИТЕ КРИВИ НА ОСОНЧУВАЊЕ ВО КОРЕЛАЦИЈА СО  
ГЕОМАГНЕТНОТО ПОЛЕ НА ЗЕМЈАТА**

**-МАГИСТЕРСКИ ТРУД-**

Штип, Ноември 2013

**Дипломиран метеоролог**

**Рада Аврамовска**

**МИЛАНКОВИЧЕВИТЕ КРИВИ НА ОСОНЧУВАЊЕ ВО КОРЕЛАЦИЈА СО  
ГЕОМАГНЕТНОТО ПОЛЕ НА ЗЕМЈАТА**

**Универзитет „Гоце Делчев“ – Штип**

**Комисија за оцена и одбрана**

**Ментор:** д-р. Тодор Делипертов

редовен професор, Факултет за природни и технички науки

**Член:** д-р. Гоше Петров

редовен професор, Факултет за природни и технички науки

**Член:** д-р. Крсто Блажев

редовен професор, Факултет за природни и технички науки

**Членови на комисија за оцена и одбрана**

**Претседател:** д-р. Гоше Петров

редовен професор, Факултет за природни и технички науки

**Член:** д-р. Крсто Блажев

редовен професор, Факултет за природни и технички науки

**Член:** д-р. Тодор Делипертов

редовен професор, Факултет за природни и технички науки

**Научно поле:** техничко-технолошки науки

**Научна област:** Геологија и геофизика

**Датум на одбрана:** \_\_\_\_\_

**Датум на промоција:** \_\_\_\_\_

## **Објавени стручни и научни трудови**

1. **Rada Avramovska**, National Hydrometeorological service, Skopje, Republic of Macedonia, Prof.Dr.Todor Delipetrov, Assistat MSc. Blagica Doneva, Assistant Prof. Dr. Marjan Delipetrov, Faculty of natural and technical sciences, University of Goce Delcev, Republic of Macedonia „ Harmonic analysis of secular changes of the orbital parametars and geomagnetic field“ 13thIneternational Multidisciplinary Scientific Geoconference SGEM 2013, 16-22 June 2013 Albena Co. Bulgaria.
2. Prof.Dr.Todor Delipetrov, **Rada Avramovska**, Assoc. Prof. Dr. Krsto Blazeв, Assistat MSc. Blagica Doneva, Faculty of natural and technical sciences, University of Goce Delcev, Republic of Macedonia „ Geomagnetic field and secular variations of astronomical parametars“ 13thIneternational Multidisciplinary Scientific Geoconference SGEM 2013, 16-22 June 2013 Albena Co. Bulgaria.

## **МИЛАНКОВИЧЕВИТЕ КРИВИ НА ОСОНЧУВАЊЕ ВО КОРЕЛАЦИЈА СО ГЕОМАГНЕТНОТО ПОЛЕ НА ЗЕМЈАТА**

### **Краток извадок:**

Српскиот научник Милутин Миланковиќ ја поставил теоријата дека трите астрономски параметри: наклонот на оската на ротација на Земјата, орбиталната прецесија и елиптичната форма на орбитата по која кружи Земјата околу Сонцето имаат големо влијание врз износот на сончевото зрачење кое пристига до Земјата. Според неговата теорија секуларните промени на овие три астрономски параметри со периоди: на ексцентрицитетот од 100 000 години, на наклонот на оската на ротација на Земјата од 42 000 години и орбиталните прецесија со периоди од 19 и 23 000 години одговараат на периодите на појавата на ледените епохи (периоди на глацијација) и топлите периоди (периоди на итерглацијација) во геолошкото минато. Со најновите палеоклиматските истражувања (проектот EPICA) врз база на земање на примероци на јадра од мраз со дупчење до поголеми длабочини во мразот се добиле детални информации за температурниот режим во минатото. Исто така и најновите научни истражувања и современи техники во палеомагнетните истражување довеле да се добијат прецизни податоци за геомагнетните промени низ геолошкото минато како во однос на неговата насока така и во неговиот интензитет. Геомагнетите екскурзии се поврзани со драматично намалување на интензитетот на магнетното поле и до појава на негов колапс. Од последната реверзија на магнетното поле во Брунхес хронот може да се видат неколку вакви аномалии и геомагнети екскурзии. Со споредување на кривата на промена на геомагнетното поле и периодите на настанување на геомагнетните екскурзии со кривата на секуларните промени на осончувањето од последната геомагнетна екскурзија, може да се види дали секуларните промени на геомагнетното поле за време на Брунхес хронот се случуваат во време на глобалното ладење кое индиректно пак е поврзано со промените на орбитален параметри.

**Клучни зборови:** ексцентрицитет, прецесија, агол на наклон на оската на ротација, осончување, геомагнетни екскурзии.

## **MILANKOVIC CURVE OF INSOLATION WITH CORELATION GEOMAGNETIC FIELD OF EARTH**

### **Abstract:**

Serbian scientist Milutin Milankovich staged theory that three astronomical parameters: inclination of the axis of rotation of the Earth, orbital precession and elliptical shape of the orbit in which the Earth revolves around Su have great influence on the amount of solar radiation that reaches the Earth. According to his theory the periods of secular changes of these three astronomical parameters periods : the ecentricity with 100 000 years, the inclination of the axis of rotation of the Earth with 42 000 years and orbital precession with 19 and 23 000 years corresponding to the period of occurrence of ice ages (periods of glaciation) and warm periods (interglaciation) in the geological past. In recent paleoclimatic research (project EPICA) based on sampling of ice cores from the drilling on greater depths in the ice were received detailed information about the temperature regime in the past.

Also, the latest scientific research and modern techniques in paleomagnetic research led to obtain accurate data geomagnetnte changes through geological past both, in terms of its direction and in its intensity. Geomagnetic excursions are associated with dramatic reduction in the intensity of the geomagnetic field and the appearance of its collapse. The last reversal of the geomagnetic field in the Brunhes Chron there are several such anomalies and geomagnetic excursions. By comparing the curve of geomagnetic field changes and periods of occurrence of the geomagnetic excursions with insolation secular changes of the last geomagnetic excursions, it could be see whether secular changes in the geomagnetic field during the Brunhes Chron occured during global cooling which is indirectly related to changes in orbital parameters.

**Key words:** Ecentricity, Precesion, Obliquity, Insolation, Geomagnetic excursions.

## Содржина

Објавени стручни и научни трудови.....	i
Краток извадок:.....	ii
Abstract:.....	iii
Вовед.....	1
1. Цел на магистерскиот труд.....	3
2. Милутин Миланковиќ.....	4
2.1. Кратка биографија.....	4
3. Астрономски орбитални параметри.....	6
3.1. Ексцентрицитет- е.....	6
3.2. Прецесија.....	9
3.3. Агол на наклонот на оската на ротација на Земјата.....	11
4. Математичко претставување на секуларниот тек на осончувањето.....	14
4.1. Сончево зрачење.....	14
4.2. Секуларно или вековно осончување.....	22
5. Ледени епохи.....	30
5.1. Временска рамка на ледените епохи.....	30
6. Поместување на половите на земјата.....	34
7. Магнетно поле на земјата.....	35
7.1. Елементи на геомагнетното поле.....	35
7.2. Карактеристики на геомагнетното поле.....	36
7.3. Промени на земјиното магнетно поле.....	38
7.4. Магнетни полови.....	41
8. Палеомагнетизам.....	46
8.1. Основи на палеомагнетизмот.....	46
9. Хармониска анализа на секуларните промени на орбиталите параметри и геомагнетното поле	54
Заклучок.....	65
Користена литература (References).....	68
Прилози.....	69

## Вовед

Желбата на човекот да си ја предвиди својата иднина е стара колку и постоењето на самото човештво. За таа цел тој користел многу различни начини, но не секогаш тие обиди ги давале вистинските и точни информации.

Српскиот научник Милутин Миланковиќ во 19-тиот век пристапил кон решавање на овој проблем со сопствена теорија дека иднината може единствено да се гради врз основа на минатото. Основата на неговата теорија била: доколку постои начин кој со голема точност може да ги најде причините за случувањата и настаните во минатото, тој може со голема точност да се искористи за предвидувањата на случувањата во иднина.

Во оваа магистерска работа ќе се разработат две теми:

- Секуларните промени на астрономските параметри на движење на Земјата и нивното влијание врз количината на сончевото зрачење и појавата на ледените епохи и
- Секуларните промени на геомагнетното поле на Земјата и појавата на геомагнетните екскурзии и реверзии во геолошкото минато.

Движењето на Земјата како и на другите планети се покорува на Њутновиот закон на гравитација и основните закони на Небеската механика. Додека пак осончувањето на планетите со топлотни зраци од Сонцето се покорува на други геометриски закони (М.Миланковиќ- Астрономска теорија на климатските промени и нивна примена во геофизиката). Со примена на тие закони е можно со прецизни математички пресметки да се опишат сите промени на кои подлежи осончувањето на планетите движејќи се околу Сонцето и вртењето околу нивните оски на ротација. Во науката се направени многу математички нумерички модели со кои може со голема точност да се претстават сите овие промени, како во секуларното минато, така и во иднина. Исто така и за геомагнетното поле на Земјата се изработени многу математички модели. Врз база на ваквите точни пресметки може со голема прецизност да се анализираат периодите на секуларните промени на



геомагнетното поле на Земјата и нејзините орбитални параметри и може да се спореди дали постои поврзаност или некаква корелација помеѓу фазите на нивните промени и нивната меѓусебна зависност. Многу научници се занимавале со вакви научни истражувања, но до денеска не постои научно докажана теорија за нивната поврзаност, а една од причините е недостатокот од точни и измерени податоци за долгиот период наназад низ геолошкото минато.

## **1. Цел на магистерскиот труд**

При реализацијата на овој труд беше поставена единствената цел, а тоа е да се одговори на прашањето дали постои поврзаност помеѓу секуларните промени на осончувањето кое според научно докажаната теорија на Милутин Миланковиќ се тесно поврзани со секуларните промени на астрономските параметри и геомагнетното поле на Земјата илјадници години наназад низ геолошкото минато.

Во последниве 75 години геологијата и научните хипотези и сознанија поврзани со неа променија две важни теории. Првата е теоријата за тектонски плочи, а втората Миланковиќевата теорија за ледените епохи. Токму заради големата важност на овие две теории во оваа магистерска работа тие ќе се разработат по следниот редослед:

1. Теоријата на Милутин Миланковиќ за влијанието на трите астрономски параметри на движење и ротација на Земјата врз секуларното осончување кое пристигнуваа до неа и нејзиното графичко претставување.
2. Теоријата за постоење на магнетното поле на Земјата во геолошкото минато, а подетално во периодот од последната реверзија кога тоа се променило од реверзибилно во нормално кое постои и сè до денешен ден.
3. Хармониска анализа на геолошките варијации на трите астрономски параметри, ексцентрицитет, прецесија и наклонот на оската на ротација.
4. Разгледување на временскиот столб на геомагнетното поле во периодот од последната реверзија на магнетното поле, односно во хронот Брунхес.
5. Поврзаноста помеѓу геомагнетното поле во хронот Брунхес од последната промена на поларитетот на магнетното поле и секуларните варијации на трите астрономски параметри.

---

## 2. Милутин Миланковиќ

### 2.1. Кратка биографија

Милутин Миланковиќ (1878-1958) е српски научник кој и покрај тоа што по образование бил градежен инженер, може слободно да се каже дека бил и математичар, астроном, геофизичар, а пред сè е познат и како основач на модерната климатологија и климатското моделирање. Работејќи на проблемот на влијанието на астрономските фактори на климата во текот на геолошкото минато на Земјата, на егзактен начин ја објаснил периодичноста на настанувањето, развојот и повлекувањето на ледените фази во текот на изминатите 600 000 години.

Применувајќи ги математичките пресметки и претходните сознанија на неколку научници како Адемара, Крол, Леверија и др. Миланковиќ докажал дека прецесијата, промената на наклонот на оската на ротација на Земјата и ексцентрицитетот на земјината орбита на движење околу Сонцето се доминантни фактори за промена на климата во геолошкото минато. Но тој не е познат само по овие достигнувања. Неговата книга, „Канонот на осончување и неговата примена на проблемот на ледените епохи“ претставува најзначајно дело во оваа област на науката во дваесетиот век. Неговите пресметки на количината на осончување и средната годишна температура на површината на Марс во долниот слој на неговата атмосфера се докажале како точни во подоцнежните астрономски истражувања. Неговата книга, „Низ космосот и вековите“ спаѓа помеѓу најдобрите книги за популаризација на астрономијата. Тој сам ја нарекол оваа книга „Популарна астрономија“. Ја напишал оригинално во вид на писма кои ги испраќал на една своја пријателка. Во текот на својот живот објавил повеќе од 100 дела од различен карактер на повеќе јазици, но најмногу на германски.

Миланковиќ истовремено е и еден од творците на теоријата на тектоника на плочите која интензивно се применува во геологијата. По совет на климатологот Кепен и геофизичарот Вегенер кој се смета за татко на оваа теорија нумерички ја разработил секундарната патека на половите на ротација

на Земјата со што докажал дека положбата на континентите во геолошкото минато се разликува од сегашната положба, што значи дека тие низ времето се движеле. Многу подоцна со помош на модерните геофизички мерења, сателитската геодезија и радиосигналите се потврдила точноста на неговите пресметки.

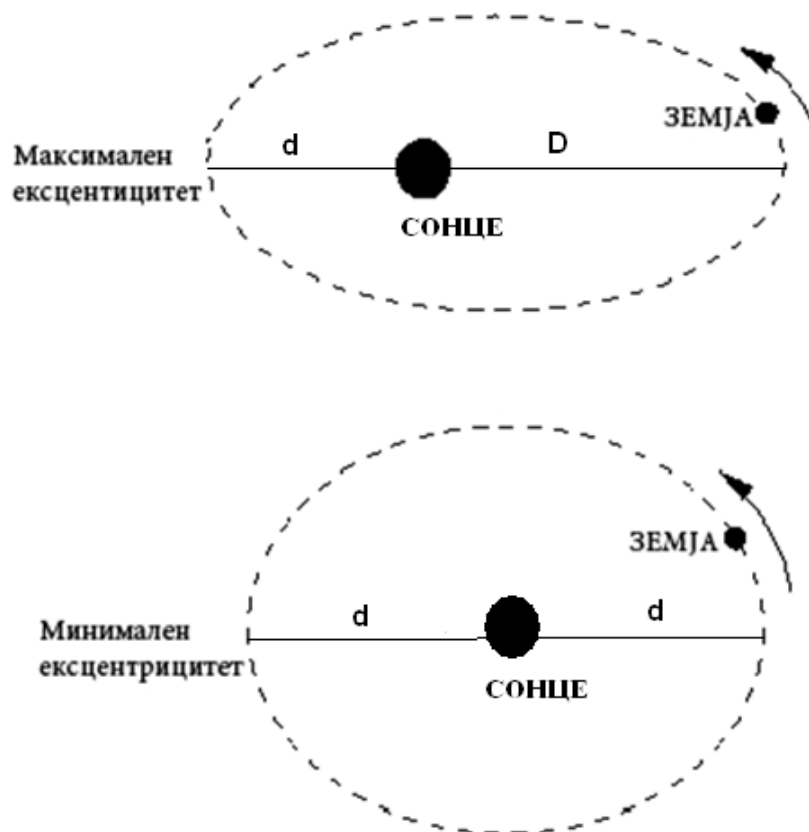
Миланковиќ во својот богат креативен живот ја изработил реформата на грегоријанскиот и јулијанскиот календар во единствен труд наречен „Миланковиќев календар“. Инспириран од математичарот Кант кој тврдел дека во секоја посебна наука има онолку вистинска наука колку што во неа е застапена математиката, во центарот на своите научни истражувања ги поставил математичките пресметки. За жал научната работа на Миланковиќ постојано била прекинувана од истриските настани кои се случувале во тоа време. Во 1912 година тој започнал да работи на неговата „Астрономска теорија на климата“, но работата врз трудот насилно му била прекината бидејќи во 1914 година со започнувањето на Првата светска војна тој бил затворен. Со сите прекини во работата, својата теорија ја работел скоро триесет години.

Миланковиќ умрел во 1958 година не доживувајќи го признавањето и докажувањето на неговата теорија. Конечните резултати од обемниот петогодишен проект чија основна задача била одговор на прашањето на точноста на неговите пресметки биле објавени дури во 1976 година во списанието „Наука“. Конечно е потврдено дека промените на астрономските елементи на движење на Земјата се пејсмејкер на ледените епохи и со тоа сите дотогашни сомневања за научната потврда на неговата теорија биле побиени. Конечно Миланковиќ заслужено го добил своето место во научната елита. Неговата теорија станала предмет на интезивно изучување на многу експерти од таа област бидејќи неговото дело длабоко допирало не во една, туку во повеќе научни дисциплини.

### 3. Астрономски орбитални параметри

#### 3.1. Ексцентрицитет- $e$

Патеките по кои се движат планетите претставуваат орбити кои се најчесто во форма на елипса (Кеплер,1601). Во планетарните системи со повеќе од една планета орбитите се апроксимативно елипси заради дејствувањето на Њутновата сила на гравитација помеѓу нив.



Слика 1. Ексцентрицитет -  $e$  на Земјината орбита  
Figure 1. Eccentricity -  $e$  of the Earth

Мерката за тоа колку е кружна патеката на планетата го претставува ексцентрицитетот -  $e$ , и неговата вредност варира помеѓу нула и единица. За идеална кружна патека има вредност нула, а за елипса има вредност помеѓу нула и единица. Колку е патеката поелипсоидна, толку неговата вредност е поблиску до единица, и во тој случај Сонцето не се наоѓа во центарот на

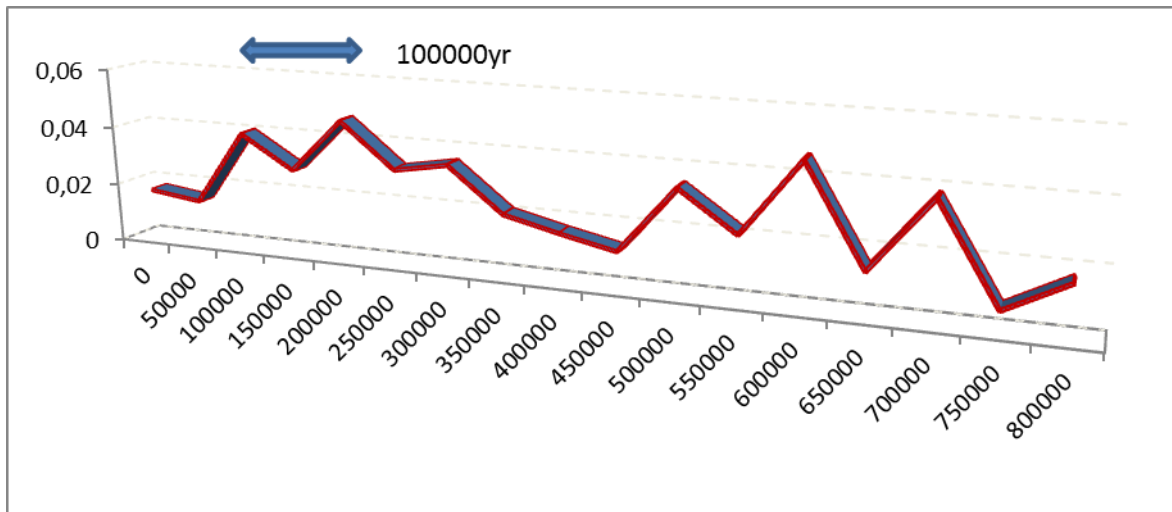
патека по која се движи Земјата околу него (Слика 1). Најблиското растојание на земјата до Сонцето се нарекува Перихелон и се означува со  $p$ , а најдалечното Афелон и се означува со  $A$ . Формата на елипсата може да се одреди математички како однос помеѓу разликата на поголемото растојание  $D$ , и помалото растојание  $d$  на Земјата од Сонцето и нивниот збир, односно

$$e = \frac{D - d}{D + d} \quad 3.1.1$$

или како однос помеѓу разликата помеѓу вредноста на Афелон и Перихелон и нивниот збир, односно

$$e = \frac{A - p}{A + p} \quad 3.1.2$$

Во денешно време вредноста на Афелон е  $a=152,1 \times 10^6$  км, а на Перихелон е  $p=147,1 \times 10^6$  км. Заменувајќи ги овие вредности во формулата за ецентрицитет се добива за  $e=(152,1-147,1)10^6/(152,1+147,1)10^6=0,0167$  или приближно сегашната вредност на ецентрицитет од 0.017. Неговата вредност во геолошкото минато на Земјата варираше од минимум од 0.0005 до максимум од 0.0607. (Слика 2). Промените на овој параметар осцилираат со фаза од 100 000 години. Колку е поголема неговата вредност толку е поголема разликата на соларното зрачење кое пристигнува на земјата во Перихелон наспроти Афелон. Бидејќи денешната вредност на  $e=0,017$ , оваа разлика изнесува 6.7%. Елиптичната форма на орбитата е еден од трите астрономски фактори вклучени во миланковиќевите пресметки.



Слика 2. Ексцентрицитет на Земјата во геолошкото минато од пред 800 000 години според Бергер1991(извор:<ftp://ftp.ncdc.noaa.gov/pub/data/paleo/insolation/orbit91>).  
Figure 2. Eccentricity of the Earth in the geological past 800 000yr before according to Berger 1991( source <ftp://ftp.ncdc.noaa.gov/pub/data/paleo/insolation/orbit91>).

Заради важноста на овој астрономски елемент, постојат многу нумерички модели за негови пресметки во минатото, но и точни пресметки за неговата вредност во иднина (Слика 3). Пресметката на вредноста на ексцентрицитетот во иднина се користи во разни други пресметки кои се прават за проучување на влијанието на овој астрономски елемент врз другите појави кои се поврзани со него.



Слика 3. Ексцентрицитетот на Земјината орбита илјадници години пред сегашноста и во иднина (извор <http://aom.giss.nasa.gov/srorbpar.html>)  
Figure 3. Eccentricity of the Earth thousands years before and future (source <http://aom.giss.nasa.gov/srorbpar.html>)





Поместувањето на равнодневницата долж патеката на ротација на Земјата влијае врз почетокот на годишните доби, така што секоја година тие започнуваат малку порано од претходната. Промената на датумот на почетокот на годишните доби е особено значајна ако се зборува за поголем период од неколку илјади години. Според астрономските сознанија со помош на ѕвездата која се наоѓа во близина на северниот пол, во текот на ноќта може да се одреди каде се наоѓа правецот север на било кое место на Земјата. Денеска север го означува ѕвездата Северница, но во иднина како и во минатото истата ѕвезда не го покажувала правецот север. Така во минатото од пред 3 000 години ѕвездата Тубан го покажувала север, а за наредните 11 000 години овој правец ќе го покажува ѕвездата Вега.

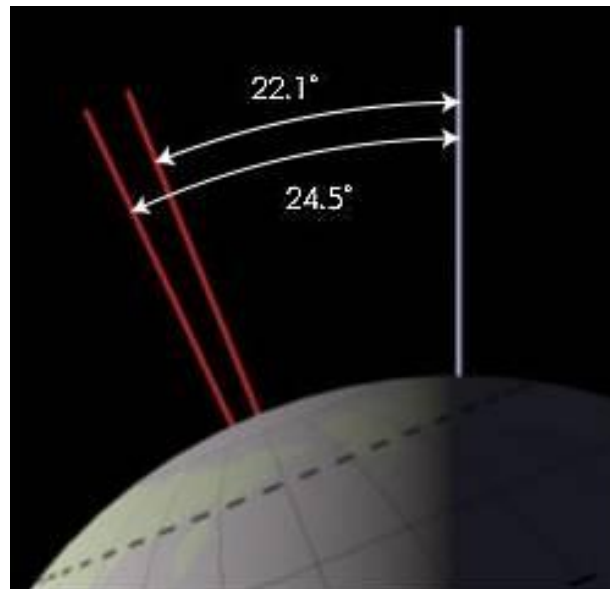


Слика 5. Патеката на промена на правецот север  
Figure 5. The path of change the direction north

Во денешно време со помош на нумеричките модели се знае точната вредност на прецесијата како во геолошкото минато така и нејзината вредност во иднина, што ги поедноставува пресметките поврзани со овој астрономски елемент.

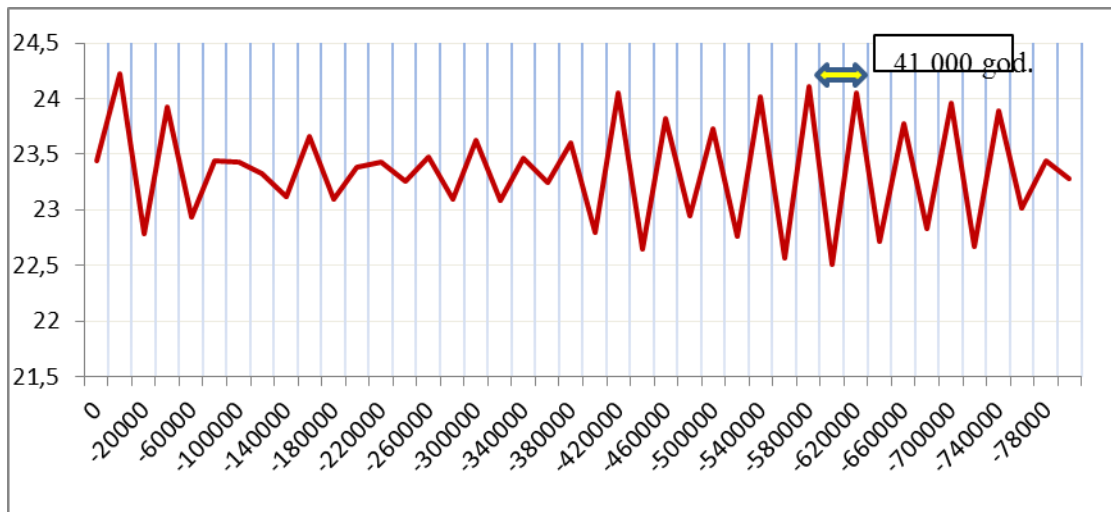
### 3.3. Агол на наклонот на оската на ротација на Земјата

Промената на наклонот на оската на Земјата е циклусна појава, на прв поглед мала, но за животот на Земјата има многу значајно влијание. Аголот варира од 22.1 до 24.5 степени (Слика 6) со период од 41 000 години, скоро два пати поголем од периодот на промена на прецесијата.



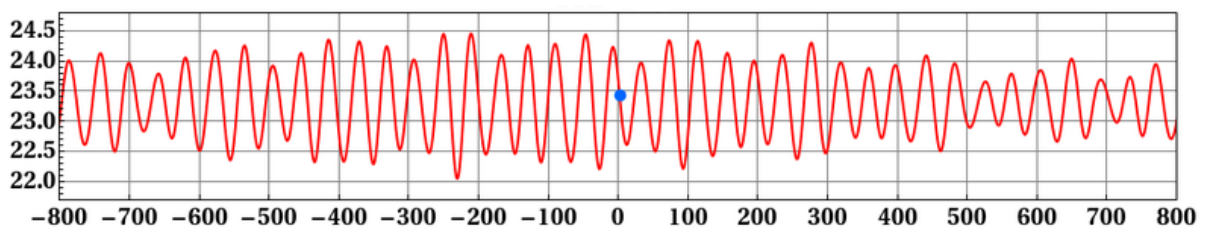
Слика 6. Промена на наклонот на оската на Земјата  
Figure 6. Variations of the obliquity of the Earth

Оваа појава е круцијална за годишните времиња, посебно на поголемите географски широчини. Нејзината вредност може да се пресмета во секој момент, како во геолошкото минато така и во иднина. На Слика 7 графички е прикажана секуларната промена на аголот на наклон во текот на геолошкото минато според пресметките на Бергер.



Слика 7. Промена на аголот на оската на ротација на Земјата низ геолошкото минато според Бергер1991(извор:<ftp://ftp.ncdc.noaa.gov/pub/data/paleo/insolation/orbit91>).  
Figure 7. Secular variations of the obliquity of the Earth according to Berger 1991 ( source <ftp://ftp.ncdc.noaa.gov/pub/data/paleo/insolation/orbit91>).

Постојат многу научни институции, меѓу кои и НАСА, во кои може по нумерички пат да се добие вредноста на овој астрономски параметар како во геолошкото минато така и во иднина. Секуларните промени во минатото и во иднина се прикажани на Слика 8.



Слика 8. Секуларна промена на аголот на наклонот на оската во геолошкото минато и во иднина( извор <http://aom.giss.nasa.gov/srorbpar.html>)  
Figure 8. Secular variations of the obliquity of the Earth in the future (source: <http://aom.giss.nasa.gov/srorbpar.html>)

Наклонот на оската се поврзува со климата на годишните времиња. Во зима, сончевите зраци паѓаат под тап агол (ниско на хоризонтот), Сонцето преминува пократок дневен пат при што должината на денот е пократка.

Во текот на летото Сонцето е високо над хоризонтот и денот е подолг. Во денешно време Земјата е најблиску до Сонцето во текот на зимата на северната хемисфера помеѓу 3-ти и 5-ти јануари. Но и покрај тоа летото е потопло, а зимата поладно годишно време од фактот што доминантен фактор во формирањето на просечната дневна температура е аголот под кој паѓаат сончевите зраци и времетраењето на денот, а не покусот растојание до Сонцето.

## 4. Математичко претставување на секуларниот тек на осончувањето

### 4.1. Сончево зрачење

Сонцето е непресушен извор на енергија која во вселената се простира со брзина на светлината.

Ако со  $a$  го означиме средното растојание на Земјата од Сонцето, низ сферата со тој радиус околу Сонцето протекува во единица време топлотна количина дадена со:

$$J = \frac{dQ}{dt} \quad 4.1.1$$

$J_0$  е соларна константа чија вредност е 1.94

Низ сферата со радиус  $r$  протекува во единица време топлотна количина

$$4\pi r^2 J \quad 4.1.2$$

Бидејќи во просторот помеѓу Сонцето и горната површина на атмосферата на Земјата не постои никаква апсорпција на сончевото зрачење, тогаш двете топлотни количини се еднакви, односно

$$4\pi r^2 J = 4\pi a^2 J_0 \quad 4.1.3$$

Од каде се добива за

$$J = \frac{a^2}{r^2} J_0 \quad 4.1.4$$

Ако со  $dQ$  ја означиме количината на енергија од Сончевото зрачење која во временски интервал  $dt$  проаѓа низ единица површина од сферата, тогаш количината на енергија од сончевото зрачење која проаѓа низ таа единица површина во единица време се добива од равеката:

$$J = \frac{dQ}{dt} \quad 4.1.5$$

и се нарекува енергетски флукс или интензитет на Сончевото зрачење на одредено место.

Ако равенката 4.1.5 се замени во 4.1.4 се добива

$$\frac{dQ}{dt} = \frac{s^2}{r^2} J_0 \quad 4.1.6$$

Ако се мери моменталното растојание на Земјата  $r$  со средното растојание  $a$ , односно ако се стави

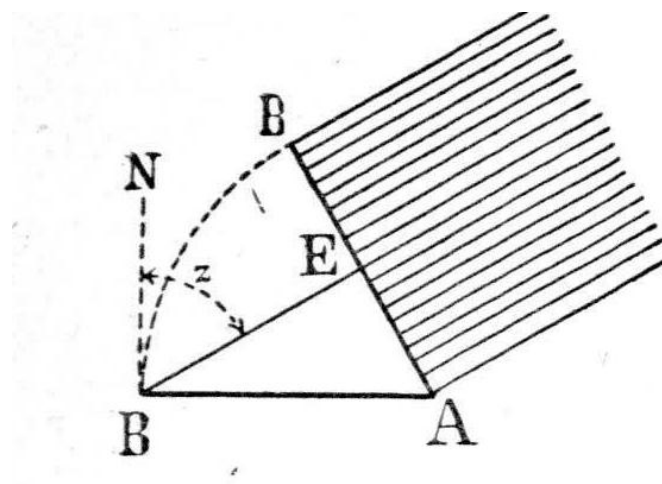
$$\frac{r}{a} = \rho \quad 4.1.7$$

И ако се замени во равенката 4.1.6 се добива

$$\frac{dQ}{dt} = \frac{J_0}{\rho^2} \quad 4.1.8$$

И ја претставува онаа топлотна количина која во единица време паѓа на единица површина која зафаќа прав агол со сончевите зраци и која се наоѓа на растојание  $\rho$  од Сонцето.

Ако единицата површина на Земјата не е поставена нормално на правецот на сончевите зраци, туку нејзината нормала зафаќа агол  $z$  со тие зраци како што е прикажано на Слика 9.



Слика 9. Сончевото зрачење на единица површина  
Figure 9. Sunlight per unit area

Тогаш на таа единица површина нема во единица време да падне топлотна количина дефинирана со равенката 4.1.8, туку онаа која е содржана во снопот на зраците на базата АЕ која е дефинирана со изразот:

$$AB \cos \sphericalangle BAE = \cos z \quad 4.1.9$$

што значи дека на површината АВ во единица време ќе паѓа топлотна количина

$$\frac{dW}{dt} = J \cos z \quad 4.1.10$$

или ако се замени за  $J = \frac{J_0}{r^2}$  се добива:

$$\frac{dW}{dt} = \frac{J_0}{r^2} \cos z \quad 4.1.10$$

$J_0$  е соларна константа чија вредност е 1.94

$r$  е растојание на Земјата од Сонцето

$z$  е аголот на Сончевите зраци со единица површина на Земјата

Равенката 4.1.10 го претставува осончувањето или инсолација на единица површина.

Енергетскиот флукс  $J$  не е само функција од растојанието, туку и од: географска широчина  $\phi$ , географската должина  $\lambda$  и од времето  $t$ , бидејќи површината на Сонцето покажува локални и временски промени кои би можеле да влијаат врз неговото зрачење.

При математичките пресметки на осончувањето на Земјата се претпоставува дека таа насекаде не е рамна и има елипсовидна форма. Во тој случај со  $\phi$  се означува географската широчина на одреденото место на Земјата, односно аголот што вертикалата на тоа место го зафаќа со рамнината на Земјиниот екватор. Аголот  $z$  што Сончевите зраци го зафаќаат со нормалата на одреденото место на Земјата, како што е претставено на Слика 9, не е ништо друго туку моменталното зенитско растојание на Сонцето.

Да земеме произволно место на Земјината површина на географска широчина  $\varphi$ . Во моментот кога растојанието на Земјата од Сонцето е  $r$ , аголот на Сончевите зраци со Земјата е еднакво на  $z$ , часовниот лачен агол еднаков на  $\omega$  и деклинацијата на Сонцето е  $\delta$ , и ако се земе утврдениот израз од сферната тригонометрија:

$$\cos z = \sin \varphi \sin \delta + \cos \varphi \cos \delta \cos \omega \quad 4.1.11$$

тогаш за инсолацијата во одреден момент ако се земе изразот 5.1.1 за  $\cos z$ , ќе важи равенката:

$$\frac{dW}{dt} = \frac{J_0}{r^2} (\sin \varphi \sin \delta + \cos \varphi \cos \delta \cos \omega) \quad 4.1.12$$

$J_0$  е соларна константа чија вредност е 1.94

$r$  е растојание на Земјата од Сонцето

$\varphi$  е географската широчина

$\delta$  е деклинација на Сонцето

$\omega$  е лачниот агол на Перихелонот

Равенката 5.1.12 го изразува законот на осончување на Земјата.

Ако се земе во предвид утврдениот израз

$$\sin \delta = \sin \varepsilon \sin \lambda \quad 4.1.13$$

$\varepsilon$ - аголот на наклонот на оската

$\lambda$ - географската должина

и ако се замени за во 5.1.12 се добива:

$$\frac{dW}{dt} = \frac{J_0}{r^2} (\sin \varphi \sin \varepsilon \sin \lambda + \cos \varphi \cos \delta \cos \omega) \quad 4.1.14$$



Од равеката 4.1.13 следува дека деклинација  $\delta$  на Сонцето е еднаква на нула кога географската должина  $\lambda=0$  и  $\lambda=180^{\circ}$ , односно кога Сонцето се наоѓа во точките на рамнодневница, а ги достигнува своите максимални вредности кога

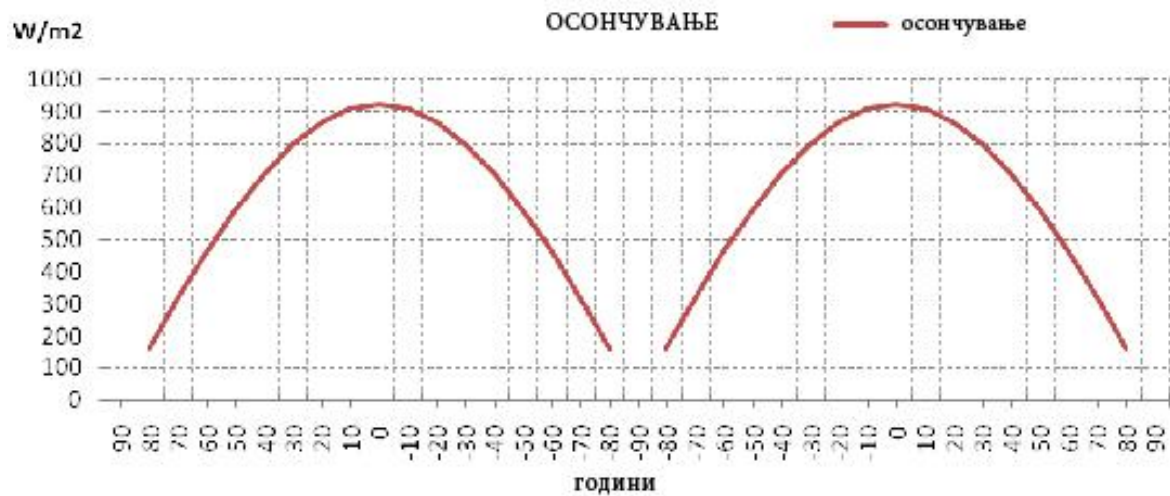
$$\delta = +\varepsilon \text{ и } \delta = -\varepsilon, \text{ за } \lambda = 90^{\circ} \text{ и } \lambda = 270^{\circ}$$

При употребата на равенката 4.1.12, треба да се има во предвид дека кога зенитското растојание на Сонцето ќе достигне вредност од  $90^{\circ}$ , десната страна од равенката е еднаква на 0 заради изразот 4.1.11 и одреденото место на Земјата престанува да биде осончано сè до следното изгревање на Сонцето.

Во табела 1 се дадени вредностите на дневната количина на осончувањето во зависност од некои географски широчини  $\varphi$  и должини  $\lambda$  или лонгитуди на Сонцето пресметана по равенката 4.1.14.

Табела 1. Дневната количина на осончувањето во зависност од некои географски широчини и лонгитуди на Сонцето									
Table 1. The daily amount of insolation depending on latitudes and longitude of the Sun									
Лонгитуда на Сонцето	$0^{\circ}$	$45^{\circ}$	$90^{\circ}$	$135^{\circ}$	$180^{\circ}$	$225^{\circ}$	$270^{\circ}$	$360^{\circ}$	
Географска широчина	+ $90^{\circ}$		796	1110	789				
	+ $80^{\circ}$	160	784	1093	777	158		160	
	+ $70^{\circ}$	316	772	1043	765	312	25	316	
	+ $60^{\circ}$	461	834	1009	826	456	150	51	461
	+ $50^{\circ}$	593	894	1020	886	586	295	181	593
	+ $40^{\circ}$	707	938	1022	929	698	442	327	707
	+ $0^{\circ}$	923	863	814	856	912	897	869	923
датум	21март	6мај	22јуни	8 авг	23сеп	8ноем	22дек	21март	

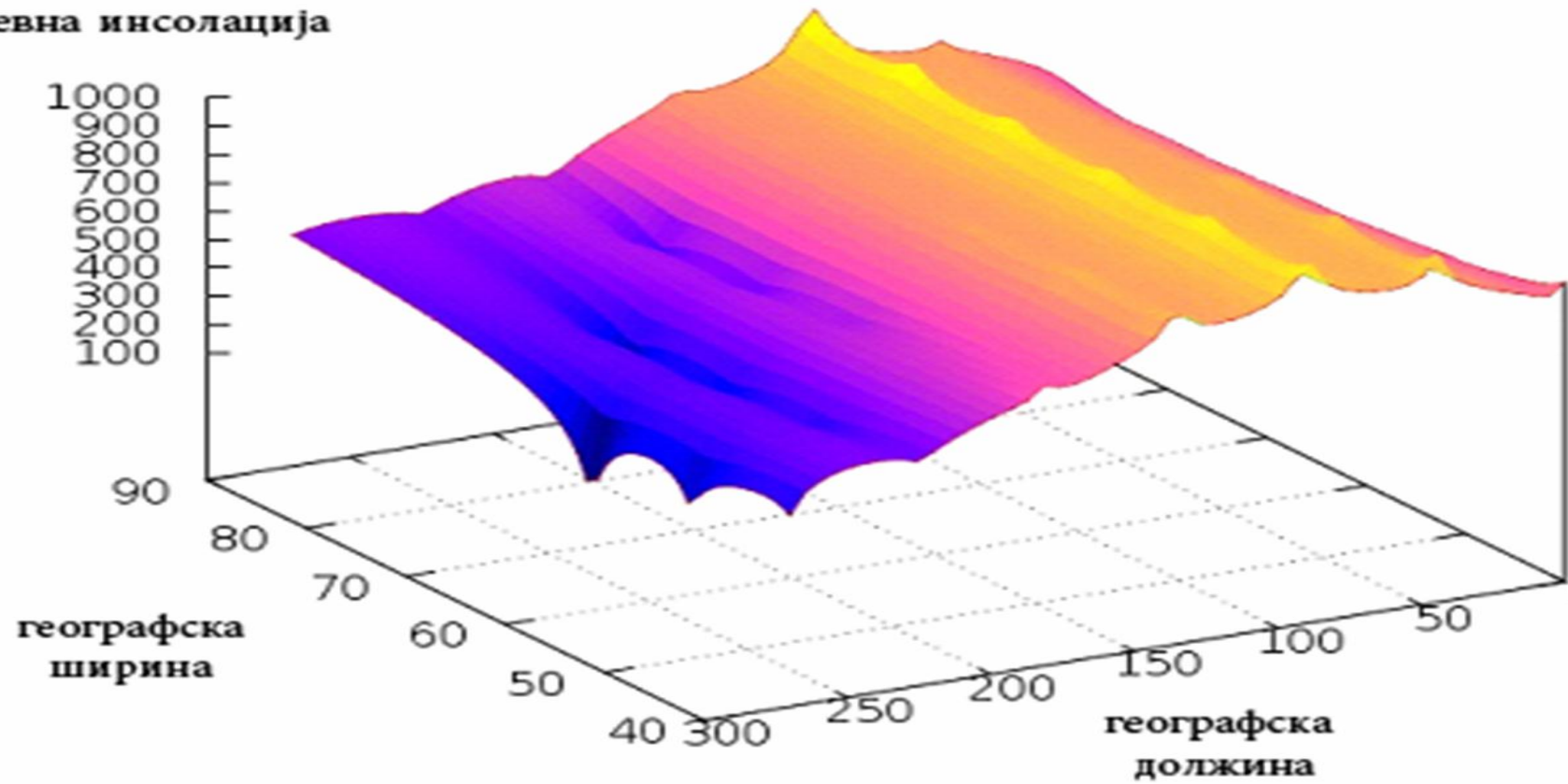
При графичко претставување на Табелата 1, земајќи ги вредностите кога лонгитудата на Сонцето  $\lambda = 0$ , се добива едноставна синусоида (Слика 10).



Слика 10. Осончувањето при лонгитуда на Сонцето еднаква на нула  
Figure 10. Insolation when longitude of the Sun is zero

Во тридимензионално претставениот график (Слика 11).

Дневна инсолација



Слика 11. Тридемпзионално графичко претставување на дневното осончување  
Figure 11. 3D visualization of daily insolation

Вкупното осончување на различни географски широчини во текот на целата година, како и промената на осончувањето при пораст на аголот на наклон на оската на ротација-ε за за еден лачен степен пресметано по равенката 4.1.14 е дадено во (Табела 2).

Табела 2. Вкупното осончување на Земјата во текот на целата година (извор Милутин Миланковиќ- Канон осончувања Земје и негова примена на проблем ледених доба)  
Table 2. Milutin Milankovic 1997 -Kanon osuncavanje Zemje i njegova primena na problem ledenih doba)

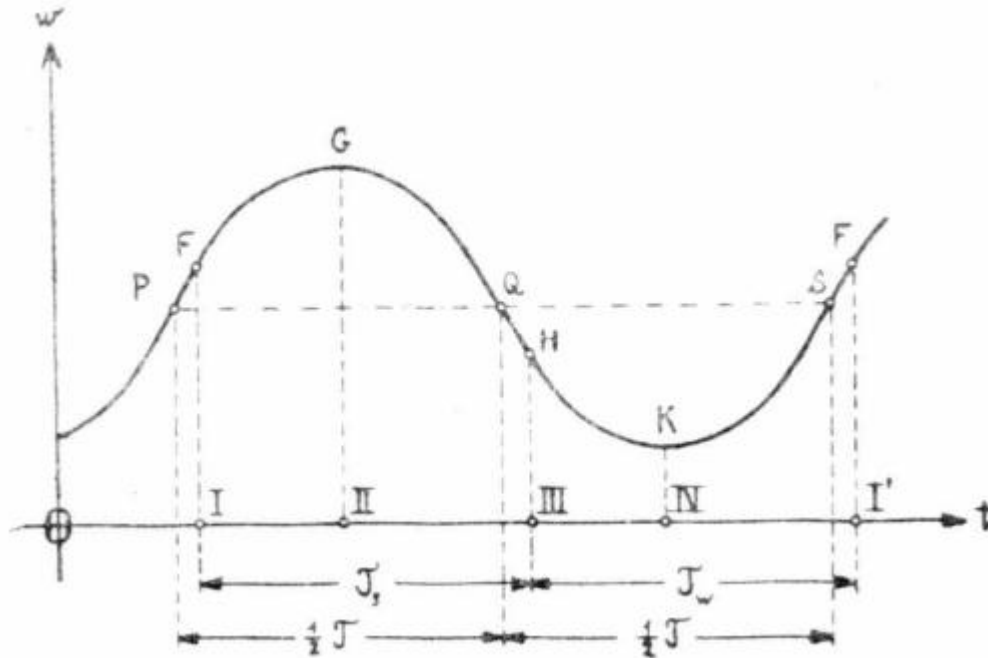
Географска широчина	$W( w/m^2)$	$\Delta W( w/m^2)$
5 <sup>0</sup>	30 532	-106
10 <sup>0</sup>	30 112	-103
20 <sup>0</sup>	28 858	-87
30 <sup>0</sup>	26 832	-60
40 <sup>0</sup>	24 122	-19
50 <sup>0</sup>	20 876	40
60 <sup>0</sup>	17 368	136
65 <sup>0</sup>	15 703	219
70 <sup>0</sup>	14 464	361
80 <sup>0</sup>	13 096	431

## 4.2. Секуларно или вековно осончување

За разлика од календарска полугодина која ја дели годината на два еднакви делови или периоди, астрономската полугодина не ја дели годината на два еднакви делови. Во случај на астрономска полугодина и разделување на годината на астрономски годишни времиња се земала во предвид само должината не денот, а не и јачината и интензитетот на осончувањето. При случај на календарска година се зема во предвид само деклинација на Сонцето, додека во случај на астрономска полугодина се зема во предвид и растојанието од Сонцето. Астрономските годишни времиња немаат тесна врска со количината на осончувањето и во тој случај не може да се има јасна слика за осончувањето низ вековите наназад. Заради овие причини Миланковиќ ја поделил годината на две еднакви полугодини од кои едната ги опфаќа сите денови во годината во кои осончувањето на одредена географска широчина е појакано од било кој друг ден во другата полугодина. Тие се нарекуваат калорични полугодини, едната која ги опфаќа сите денови со посилено осончување се нарекува калорична летна полугодина, а другата калорична зимска полугодина.

На Слика 12 е прикажана годишната крива на осончувањето на одреден напоредник. Хоризонталната оска ја претставува времето  $t$ , а вертикалната оска го претставува средното осончување  $w$  на напоредникот во одреден момент. Кривата PFGHKSF (Слика12) го означува годишниот тек на осончувањето  $w(t)$ . Пролетната рамнодневница, летниот солстициј, есенската рамнодневница, зимскиот солстициј и наредната пролетна рамнодневница се обележани со римските броеви I, II, III, IV и I'. Кривата од I до III, ја претставува должината на летната астрономска полугодина  $T_s$ , а од III до I', ја претставува должината на зимската астрономска полугодина  $T_w$ . Интегралот на површината  $w(t)$ , односно површината I и III HQGFI, односно III и I' F'SKHIII ја претставува топлотната количина  $W_s$  и  $W_w$ . Ако со правата S која е паралелна со хоризонталната оска се подели кривата на осончувањето на два еднакви дела, тогаш сите денови во годината во кои осончувањето е поголемо од било

кој друг ден во втората полугодина, кои се наоѓаат во делот PQ ја претставуваат летната калорична полугодина, а во QS зимската калорична полугодина.



Слика 12. Годишно осончување

Figure 12. A yearly insolation

Од сликата се гледа дека калоричните полугодина  $\tau_3$  и  $\tau_{\text{л}}$  не се поклопуваат со астрономските  $1/2\tau$ .

Формулата за пресметка на количината на топлина во летната и зимска калорична полугодина се (Milutin Milankovic 1997 -Kanon osuncavanje Zemje i njegova primena na problem ledenih Doba):

$$\Delta Q_{\text{л}} = \Delta W_{\text{л}} \Delta \varepsilon - k \cos \varphi \Delta (e \sin \Pi \gamma) \quad 4.2.15$$

за време на летна калорична полугодина

$$\Delta Q_3 = \Delta W_{\text{л}} \Delta \varepsilon + k \cos \varphi \Delta (e \sin \Pi \gamma) \quad 4.2.16$$

за време на зимската калорична полугодина.

Кога би сакале да добиеме просечно дневно осончување за долг период потребни се огромен број пресметки и бројот на пресметките енорно се зголемува. Така на пример за период од 400 000 години потребни се околу 150 милиони временски чекори, а за секоја географска широчина околу 30 милијарди пресметки.

Десната страна на формулата за осончувањето има два члена.

Првиот ги изразува промените на  $\epsilon$ , а другиот на  $e$  и  $P\gamma$ . Промената на аголот на наклонот на оската  $\epsilon$ , има исто влијание на двете хемисфери на Земјата, но се разликува на нејзините напоредници. Кога аголот расте, се зголемува годишното сончево зрачење на половите, а се намалува во екваторијалниот појас. Границите кои ги делат тие зони се на  $43^{\circ}39'$  северна, односно јужна географска должина. Кога се работи за полугодишното осончување имаме спротивен случај, осончувањето за време на летната калорична полугодина се смалува со порастот на  $\epsilon$  само помеѓу  $11^{\circ}23'$  северна, односно јужна географска широчина. Осончувањето за време на зимската полугодина се намалува со порастот на  $\epsilon$  на сите географски широчини. Накратко, порастот на  $\epsilon$  ги намалува географските, а ги појачува временските разлики во осончувањето и тоа подеднаво на двете хемисфери.

Вториот член од десната страна ги изразува секуларните промени на астрономските величини ексцентрицитетот и лонгитудата на Перихел поврзани со производот  $e \sin P\gamma$ , наречен како индекс на прецесијата. Тој дејствува во спротивна насока на двете хемисфери: кога е позитивен тој го намалува летното, а го зголемува зимското осончување на северната хемисфера. На јужната хемисфера е обратно, кога е позитивен го зголемува летното, а го намалува зимското осончување. Кога е негативен неговото дејство е обратно. Кога се работи за секуларни промени производот  $e \sin P\gamma$  е суперпозиција на две различни осцилации, појаки и побрзи од првиот член и послаби и поспори од вториот член. Но десниот втор член зависи и од географската широчина и зависи пропорционално од нејзиниот косинус. Ако производот го споиме во еден член  $k \cos \varphi = m$ , тогаш равенките 4.2.15 и 4.2.16 ќе добијат облик:

$$\Delta Q_{\text{л}} = \Delta W_{\text{л}} \Delta \varepsilon - m \Delta(e \sin \Pi \gamma) \quad 4.2.17$$

за време на летна калорична полугодина и

$$\Delta Q_{\text{з}} = \Delta W_{\text{з}} \Delta \varepsilon + m \Delta(e \sin \Pi \gamma) \quad 4.2.18$$

за време на зимската калорична полугодина

Вредноста на коефициентот  $m$  е дадена во Табела 3.

Табела 3. Вредноста на коефициентот $m$ (извор <b>Milutin Milankovic 1997</b> -Kanon osuncavanje Zemje i njegova primena na problem ledenih Doba)									
Table 3. The value of the coefficient $m$ (source ( <b>Milutin Milankovic 1997</b> -Kanon osuncavanje Zemje i njegova primena na problem ledenih Doba):									
$\varphi$	$0^{\circ}$	$10^{\circ}$	$20^{\circ}$	$30^{\circ}$	$40^{\circ}$	$50^{\circ}$	$60^{\circ}$	$70^{\circ}$	$80^{\circ}$
$m$	20.260	19.960	19.040	17.550	15.520	13.030	10.130	6.930	3.520

Влијанието на астрономските елементи ексцентрицитетот- $e$  и лонгитудата на Перихелон- $\Pi\gamma$  се изразува и во промените на должината на астрономските годишни времиња. Разликата помеѓу должината на астрономската летна и зимска полугодина е дадена со равенката (Milutin Milankovic 2008 - **Astronomska teorija klimatskih promena i njena primena u geofizici**):

$$T_{\text{л}} - T_{\text{з}} = 4Te \sin \frac{\Pi \gamma}{\Pi} \quad 4.2.19$$

$T_{\text{л}}$ - должина на астрономската летна полугодина

$T_{\text{з}}$ - должината на астрономската зимска полугодина

$T$ -должината на тропска година

$\Pi\gamma$ - лонгитудата на Перихелон

$\pi$ - константа со вредност 3.14



Од равенката се гледа дека кога лонгитудата на Перихелон  $P\gamma=0^{\circ}$  и  $P\gamma=180^{\circ}$  тогаш разликата  $T_{\text{л}} - T_{\text{з}}=0$ , односно не постои разлика помеѓу летната и зимската калорична полугодина. Кога  $P\gamma$  постепено расте од  $0^{\circ}$  до  $90^{\circ}$ , летната полугодина станува сè подолга на сметка на зимската. Ако не ги земаме во предвид секуларните промени на еклиптиката, кои единствено ги менуваат топлотните количини  $\Delta W_{\text{л}}$  и  $\Delta W_{\text{з}}$ , гледаме дека со продолжување на летната полугодина при непроменета топлотна количина  $W_{\text{л}}$ , летното осончување во еден ист ден со годините станува сè послабо. За зимското дневно осончување е обратно, со годините тоа станува сè појако. Со други зборови, летата се поладни, а зимите поблаги. Додека на северната хемисфера се намалуваат разликите помеѓу летото и зимата, на јужната тие се зголемуваат. Кога  $P\gamma$  ќе достигне вредност  $90^{\circ}$  сезонските разлики на северната хемисфера се минимални, а на јужната го достигнуваат својот максимум. Кога  $P\gamma=180^{\circ}$  должините на годишните времиња се изедначени, а со тоа и осончувањето на двете хемисфери. При наредниот круг се повторуваат истите правила, но со таа разлика што заради променливоста на ексцентрицитетот, сезонските разлики не се еднакви со оние од претходниот период. Ако ексцентрицитетот е во пораст разликите се заоструваат односно ублажуваат, а ако е во опаѓање заострувањето и ублажувањето е послабо. Процентуалните вредности на  $\Delta W_{\text{л}}$  и  $\Delta W_{\text{з}}$  се поголеми доколку сè повеќе се приближуваме до половите, додека нумеричките вредности на  $m$  како што може да се види од табелата се помали додека се приближуваме кон половите. Заради овие причини во поларните подрачја доминантни се секуларните промени на  $\epsilon$  (Аголот на наклон на оската), а во екваторијалните подрачја секуларните промени на  $e$  (Ексцентрицитет) и  $P\gamma$  (Прецесијата). Додека на средните географски широчини од  $50^{\circ}$  до  $65^{\circ}$  се чувствуваат промените на сите три астрономски елементи и заради тоа секуларниот тек на осончување на овие географски широчини е исклучително сложен и комплициран.

За вакви пресметки и кога се работи за долг низ години наназад, односно за секуларното осончување е потребно да се направат неколку помошни операции со што би се поедноставиле овие пресметки.

При пресметувањата на секуларното осончување тоа се изразува преку таканаречени канонични единици. Тоа се единици кои се добиваат кога соларната константа се земе за единица, а сто илјади години како единица време, односно

$$J_0 = 1, \text{ а } T = 100\,000$$

Исто така за да би се поедноставиле многу сложените пресметки се користат веќе однапред пресметани производи од познатите вредности на астрономските параметри за пред 600 000 години па се до денес. Вредностите  $\epsilon$  и на индексот на Прецесијата  $\epsilon \sin \Pi \gamma$  се дадени во Табела 4.

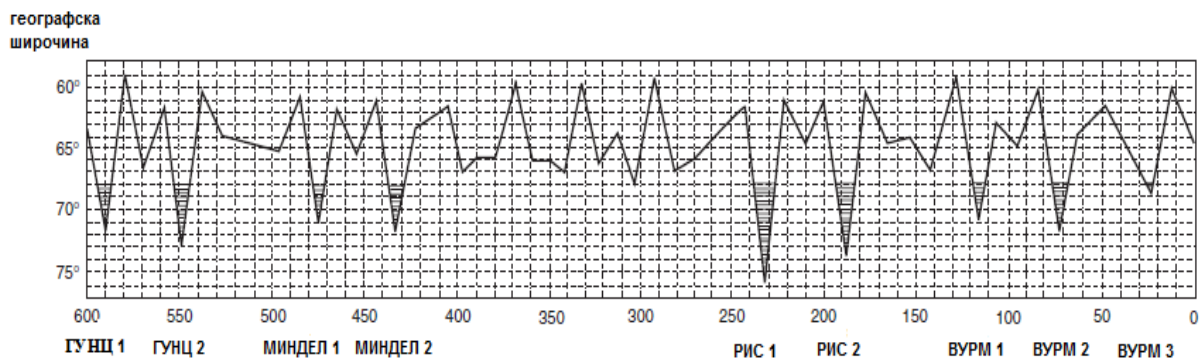
Табела 4. Секуларни промени на $\epsilon$ и $\epsilon \sin \Pi \gamma$ (извор: Милутин Миланковиќ- Канон осончувања Земје и негова примена на проблем ледених доба) Table 4. Secular variations of $\epsilon$ и $\epsilon \sin \Pi \gamma$ (source: Milutin Milankovic 1997 -Kanon osuncavanje Zemje i njegova primena na problem ledenih doba)		
Илјади години пред 1850	$\Delta \epsilon$	$\Delta(\epsilon \sin \Pi \gamma)$
600	-1,065	-0.0431
550	-0.472	0.0192
500	0.487	-0.0017
450	0.083	-0.0053
400	0.947	-0.0051
350	-0.828	-0.0317
300	0.542	0.0018
250	0.873	0.0125
200	-0.480	-0.0559
150	-0.983	-0.0380
100	-0.180	-0.0195
50	0.660	-0.0074
0	0.062	0.0003

Знаејќи ја вредноста на трите астрономски параметри на Земјата, со нивна замена во претходно наведените равенки, со помош на веќе однапред направени пресметки може да се пристапи кон пресметката на промената на секуларниот тек на осончување во текот на последните 600 000 години за неколку географски широчини. Вредностите на тие пресметки се дадени во (Табела 5).

Табела 5. Промената на секуларниот тек на осончување во текот на последните 600000 години за неколку географски широчини								
Table 5. Secular variations during the last 600 thousands years for several longitudes								
година	Географска ширина							
	5 <sup>0</sup>	15 <sup>0</sup>	25 <sup>0</sup>	35 <sup>0</sup>	45 <sup>0</sup>	55 <sup>0</sup>	65 <sup>0</sup>	75 <sup>0</sup>
600	-903	825	717	583	422	236	7	-265
550	-373	-384	-386	-378	-362	-342	-325	-319
500	19	42	65	89	114	141	181	233
450	104	105	103	98	91	83	73	66
400	132	83	28	-33	-101	-177	-278	-409
350	666	605	524	424	301	163	-10	-216
300	-53	-25	5	38	74	114	169	241
250	225	261	291	317	340	362	404	467
200	1144	1085	993	-868	714	530	316	72
150	787	726	629	508	364	197	-8	-254
100	400	379	345	301	246	182	106	19
50	129	157	182	206	227	250	287	343
5	231	253	264	271	275	277	288	311

Со математичките пресметки за осончувањето како функција од астрономските елементи: аголот на наклонот на оската, ексцентрицитет и аголот на Перихелон во однос на пролетната рамнодневница, се добива слика

за текот на осончувањето од 600 000 години кој е наречен Канон на осончувањето на Земјата или Миланковиќевите криви на осончувањето. По препорака на германскиот климатолог Владимир Кепен, Миланковиќ ги претставил графички само пресметките за географските широчини  $55^{\circ}$ ,  $60^{\circ}$  и  $65^{\circ}$  северна географска широчина во вид на запчести линии наречени Миланковиќеви криви на осончување (Слика 11).



(Слика 13. Миланковиќеви криви на осончување (извор: Канон и одзиви-Астроноска теорија Милутина Миланковиќа и савремена наука, Београд 2009)

(Figure 13. Milankovic curve of insolation (source: Канон и одзиви-Астроноска теорија Милутина Миланковиќа и савремена наука, Београд 2009)

Математичкото претставување на секуларниот тек и промени на осончувањето дава можност да се добие слика за термичките ефекти и климатските промени во минатото на Земјата. Географските широчини  $55^{\circ}$ ,  $60^{\circ}$  и  $65^{\circ}$  се многу битни при одредувањето на ледените епохи во минатото и заради тоа кривите на осончување на Миланковиќ пред да најдат примена во изградбата на математичката климатологија наоѓаат примена во геологијата, создавајќи ја хронологијата на постоењето на ледените епохи и нивното разделување во сите нивни поединечни фази.

## 5. Ледени епохи

### 5.1. Временска рамка на ледените епохи

Ледената епоха е било кој ладен период во историјата на Земјата во текот на кој континентите се прекриени со мраз во текот на цела година. Денеска во текот на целата година само планинските глечери и половите се прекриени со снег и мраз. Ладните периоди се нарекуваат глацијали, а топлите интерглацијали. Периодот во кој живееме е интерглацијален и трае веќе 11.400 години.

Според Миланковиќ количината на осончувањето кое пристига на Земјата на  $65^{\circ}$  северна географска широчина во летниот период е пресудно за појавата на ледени епохи. Според него секој од минимумот на осончувањето одговара на ледената епоха. Од дијаграмот на Миланковиќевите криви на осончување може да се забележи дека во геолошкото минато имало 9 минимума на осончувањето и надирања на студено време кои спрема нивната близина може да се групираат во 4 групи. Првите три содржат секоја по две надирања, а четвртото кое е најблиску до денешно време има вкупно три.

Овие четири групи на екстремно ладно време ги претставуваат ледените епохи кои се наречени: Gunz, Mindel, Riss и Wurm. Поделбата е направена и според географските подрачја каде што се откриени и времињата кога се случувале. Riss и Wurm на пример се поврзуваат со алпското подрачје и епохата од пред 230 000 до 180 000 години, и од 110 000, 70 000 до 20 000 години во минатото (Слика 13).

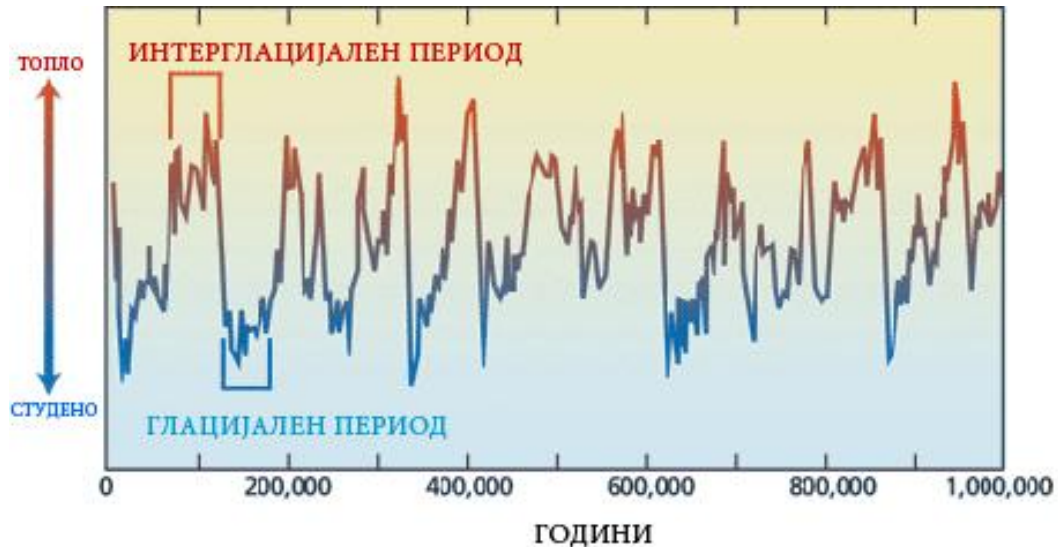
Подоцна оваа теорија на Миланковиќ била потврдена и од страна на пресметките на научниците Wegener и Коррен и кривите на Миланковиќ имале големо поклопување со нивните пресметки.

Со анализа на добиените резултати претставени во вид на криви на осончување се утврдува дека во поларните подрачја најголемо влијание имаат секуларните промени на аголот на оската на ротација- $\epsilon$ . Во Екваторијалниот

појас доминираат промените на ексцентрицитетот и аголот на Перихелонот во однос на пролетната рамнодневница- П<sub>у</sub>, односно од промената на должината на годишните времиња. На средните географски широчини од 50<sup>0</sup> до 65<sup>0</sup> имаат влијание промените на сите три астрономски параметри како и тоа дека 65<sup>0</sup> северната географска широчина е критична област за почеток на глацијацијата. Исто така претпоставил дека осончувањето го постигнува најголемиот ефект на глацијацијата, ако се промени количината на зрачење во текот на летото. Во текот на поладно и не толку топло лето не се топи целиот снег од претходната зима. Така во наредниот период во текот на зимата ќе остане многу повеќе неистопен мраз кој само ќе се зголемува заради ниската вредност на осончувањето во овој период. Во денешно време со скоро 99% сигурност може да се потврди дека поместувањето на оската на ротација на Земјата е најбитен фактор кој предизвикува топење на големите ледени површини, фаза во која се наоѓа нашата планета денеска. Мразот со голема брзина се повлекува, а се зголемува Сончевото зрачење на северната хемисфера и за повеќе од десетина W/m<sup>2</sup>. Овие статистички потврди во голема мерка се поклопуваат со теоријата на Миланковиќ со напомена дека зголемувањето на CO<sub>2</sub> во атмосферата кое е присутно сè повеќе последниве години може да го забрза само уште повеќе овој процес.

После 1970 година научниците за палеоклиматските истражувања, за реконструкција на климатските обележја во секуларното минато најчесто ги користат меурчињата на гас кои се заробени во мразот при замрзнување на водата. За ваквите намени постојат многу проекти и истражувања кои се засниваат на земање на јадра или примероци од мраз во дебелина и до илјадници метри во длабочина. Со мерење на односот на изотопот на кислород во јадрата може да се види колку количина на сончево зрачење пристигало до земјата во минатото. Користејќи ја оваа метода, како и од примероците од седиментите земани од длабоките води геолозите денес со голема сигурност може да ги дефинираат ледените епохи во минатото. Со поклопувањето на најновите истражувања со современи техники и Миланковиќевите дефинирања

на ледените епохи се добило уште една потврда на Миланковиќевата теорија (Слика 14, извор <http://www.divediscover.who.edu/iceage/timeline.html>).



Слика 14. Периоди на ладни и топли доби пред 1.000,000 години  
Figure 14. Ice and warm periods 1,000,000 years before

Или табеларно во Табела 6.

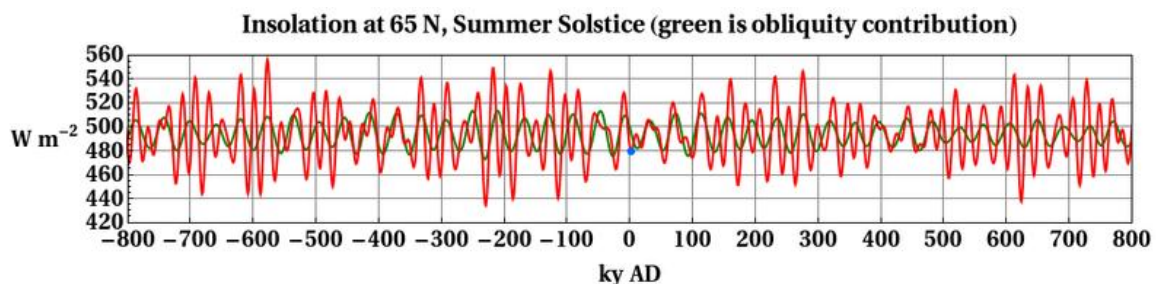
Табела 6. Време на појава на ладни и топли епохи (извор <a href="http://en.wikipedia.org/wiki/Timeline_of_glaciation">http://en.wikipedia.org/wiki/Timeline_of_glaciation</a> ) Table 6. Ice and warm periods (source <a href="http://en.wikipedia.org/wiki/Timeline_of_glaciation">http://en.wikipedia.org/wiki/Timeline_of_glaciation</a> )		
Име	Илјади години	
Wurm	12-110	Ледена доба
Riss	130-200	Ледена доба
Mindel	300/380-455	Ледена доба
Gunz	620-680	Ледена доба
Riss-Wurm	110-130	Топол период
Mindel-Riss	200-300/380	Топол период
Gunz-Mindel	455-620	Топол период

Астрономската теорија на ледените епохи наоѓа докази во геологијата, биологијата и другите природни науки. Конечна потврда добива со меѓународниот проект CLIMAP (Climate Mapping, Analysis and Prediction) кој се реализирал од 1971 до 1976 година. Овој проект произвел неколку поинакви

податоци за ледените епохи, но практично го потврдил концептот на Миланковиќевата теорија:

- Климата во последниве 500 000 години се менува периодично во периоди од 23 000, 42 000 и околу 100 000 години. Овие периоди одговараат на промените на орбитата на Земјата и влијаат на промените на климата со интензитет од 10%, 25% и 50%;
- Климатската промена на 42 000 години одговара на промена на аголот на оската на Земјата;
- Климатската промена од 23 000 години одговара на промената на прецесијата;
- Доминантната промена на климата од околу 100 000 години одговара на ексцентричноста на орбитата на Земјата.

Бидејќи се знае вредноста на орбиталните параметри во минатото и нивното влијание врз температурниот режим на Земјата во науката се направени нумерички модели кои врз основа на нивната вредност во иднина можат да го предвидат осончувањето во иднина. На Слика 15, графички е претставено осончувањето на 65<sup>0</sup> северна географска широчина во минатото и во иднина.



Слика 15. Секуларното осончување на 65<sup>0</sup> во минатото и во наредните 800 000 години (извор Science 29 February 1980- Modeling the Climatic Response to Orbital Variations)  
Figure 15. Secular insolation at 65<sup>0</sup> in the past and in the future 800 000 yr (source Science 29 February 1980- Modeling the Climatic Response to Orbital Variations)

Од сликата може да се види дека тенденцијата на опаѓање на вредноста на ексцентрицитетот од сегашноста ќе трае и во наредните 100 000 години.



Промените на осончувањето на  $65^{\circ}$  северна географска широчина највеќе ќе бидат под влијание на аголот на оската на ротација  $\epsilon$  на Земјата и според пресметките не би требало да се бележи пад на количината на осончувањето што би предизвикала ледена доба во следните 50.000 години. Најновите студии на Бергер и Лоутер укажуваат дека сегашното глобално затоплување ќе се задржи и во наредниве 50 000 години.

([http://en.wikipedia.org/wiki/Milankovitch\\_cycles](http://en.wikipedia.org/wiki/Milankovitch_cycles))

## 6. Поместување на половите на земјата

Постојат многу геолошки докази врз чија основа се смета дека положбата на половите на Земјата значително се менувала во текот на геолошкото минато на Земјата. Постојат многу геолошки, палеографски и палеоклиматски теории кои укажуваат дека положбата на половите постепено или нагло се менува во текот на геолошкото време. Постојат многу несогласувања помеѓу научните теории за причините кои го предизвикуваат поместувањето на половите. Многу геолози и геофизичари сметаат дека дури ни големите поместувања на копнените маси и значителните промени во нивните големини и нивните меѓусебни влијанија не би можеле да го предизвикаат толку големото поместување на половите.

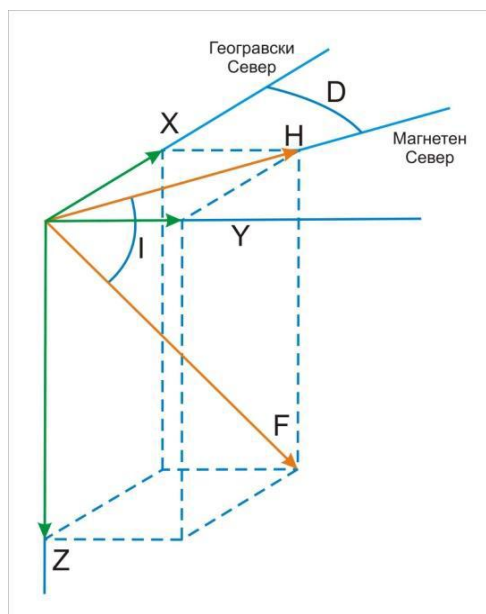
Според Миланковиќ континенталните маси (тектонските плочи) кои пливаат на слојот Сима подлегнуваат на дејство на центрифугалната сила во текот на ротацијата и иако бавно, се поместуваат постојано. Заради тоа се менува нивната положба спрема половите. Ова е и причината што климатските појаси во раните геолошки времиња имале друга положба отколку што ја имаат денес. Промената на континенталните маси не би било можно да се објасни со класичните стари теории за Земјата кои ја претставувале како цврста и крута а со самото тоа не било можно да се објасни поместувањето на нејзините полови. Новите испитувања во геофизиката за природата на Земјата ја дале можноста поместувањето на половите лесно да се објасни. Надворешниот слој на цврстата Земјина кора во чиј состав се континентите се состои од полесен

материјал, пред сè од силициум и алуминиум, па затоа е наречен сиал. Под тој горен полесен слој се наоѓа друг слој од потежок материјал кој се состои од силициум и магнезиум и е наречен сима. Испитувањата покажале дека сиалниот слој лежи на слојот сима. Според Архимедовиот принцип на пливање континенталниот сиал слој навлегува во сима слојот следејќи го хидростатичкиот принцип.

## 7. Магнетно поле на земјата

### 7.1. Елементи на геомагнетното поле

Магнетното поле на Земјата постои од самото нејзино формирање. Во било која нејзина точка тоа може да се претстави со вектор кој е тангента на магнетните линии на силата во мерната точка. Вообичаена ознака за овој вектор е  $F$ , иако често се користи и  $T$ . Модулот на векторот  $F$  го дефинира интензитетот на геомагнетното поле во точката на набљудување. Вертикалната рамнина во која лежи векторот на геомагнетното поле се нарекува магнетски меридијан.



Слика 16. Векторско претставување на магнетното поле  
Figure 16. Vector presentation of geomagnetic field

Ако во мерната точка се постави почетокот на правоаголниот координатен систем  $xOy$ , векторот  $\mathbf{F}$  го дефинира интензитетот на магнетното поле во точката на разгледување. Вкупниот вектор на геомагнетното поле е опишан со интензитетот  $F$ , хоризонталната компонента  $H$  и вертикалната компонента  $Z$ . Хоризонталната компонента претставува векторски збир на двете компоненти  $X$  и  $Y$  (кои може да се наречат северен и источен интензитет соодветно).

Вертикалниот агол помеѓу хоризонталната компонента  $H$  и векторот на вкупниот интензитет  $F$ , се нарекува *инклинација*  $I$ . Хоризонталниот агол помеѓу рамнината на магнетниот меридијан и географскиот меридијан во истата точка на набљудување се нарекува *агол на деклинација*  $D$ . (Слика 15)

Единица во геомагнетизмот која се користи за претставување на индукцијата на магнетното поле т.е. густината на линијата на сила е Тесла (Т). На површината на Земјата, интензитетот на магнетното поле е во рангот од 24000 нТ до 66000 нТ.

За пресметување на деклинацијата, инклинацијата и вкупниот интензитет се користат следниве формули:

$$D = \arctg \frac{x}{y} \quad 7.1.1$$

$$I = \arctg \frac{Z}{H} \quad 7.1.2$$

$$Z = F \sin I = H \operatorname{tg} I \quad 7.1.3$$

$$X = H \cos D \quad 7.1.4$$

$$Y = H \sin D \quad 7.1.5$$

$$F = \sqrt{H^2 + Z^2} \quad 7.1.6$$

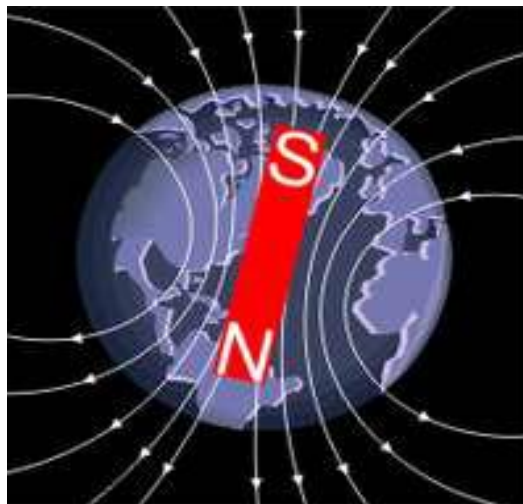
$$H = \sqrt{X^2 + Y^2} \quad 7.1.7$$

## 7.2. Карактеристики на геомагнетното поле

Магнетното поле на Земјата е слично на полето кое го образува прачкаст магнет. Сличноста се однесува само на обликот на силовите линии, а не со

останатите карактеристики на магнетното поле. Кај прачкастиот магнет или било кој друг постојан магнет магнетното поле е последица на подредување на самите атоми на металот, додека кај Земјатата е последица на електричните струи кои настануваат поради релативното движење во Земјиното јадро.

Магнетното поле на Земјата може да се претстави како поле на магнетен дипол чиј еден пол се наоѓа во близината на северниот географски пол, а другиот во близината на јужниот географски пол. Замислената линија која ги спојува магнетните полови зафаќа агол со оската на ротација на Земјата  $11.3^\circ$ .



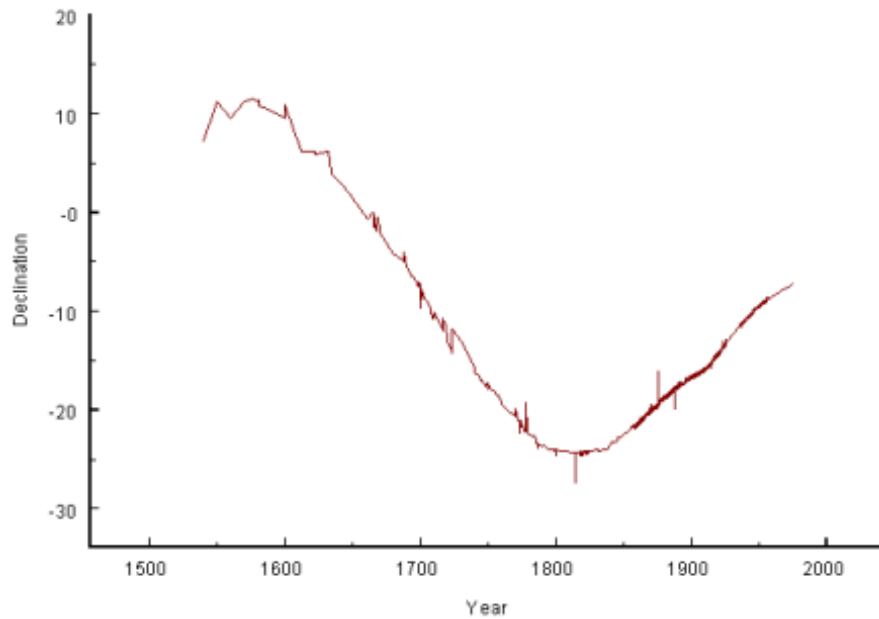
Слика 17. Магнетен дипол на Земјата  
Figure 17. Magnetic dipole of the Earth

Настанувањето на магнетното поле на Земјата се објаснува со теоријата на геодинамо. Просторот во кој се чувствува дејството на магнетното поле на Земјата се нарекува магнетосфера. Таа се простира неколку десетини илјади километри во вселената. Таа ја штити Земјата од штетното сончево зрачење. Магнетосферата се простира околу Земјата како деформиран торус, сплескана е на страната кон Сонцето, заради влијанието од плазмата која ја емитира Сонцето со помош на сончевиот ветер, а издолжена на спротивната страна. Американскиот физичар Џејмс Алфред ван Ален врз база на мерењата со помош на Гајгер-Милеровиот бројач поставен на вештачките сателити открил дека постојат два појаса на зрачење кои ја опкружуваат Земјата. Овие појаси се наречени Ван Аланови појаси и се простираат од 3 840 километри до 16 000

километри над површината на Земјата. Тие се сочинети од електрони, протони и атомски јадра и ја штитат Земјата така што ја собираат штетното зрачење од Сонцето и формираат појаси високо над Земјата.

### **7.3. Промени на земјиното магнетно поле**

Магнетното поле на Земјата се проучува со мерења на самата земја(терестички) и со мерења кои се вршат од авиони и сателити. На тој начин може да се види какво е магнетно поле на Земјата и какви се неговите промени како на нејзината површина, така и во просторот околу неа. Промените на магнетното поле на Земјата во текот на 24 часа се нарекуваат дневни варијации, додека промените кои настануваат во текот на годината, а продолжуваат од година во година се нарекуваат секуларни или вековни варијации. Поимот на вековна или секуларна варијација ја дефинира промената на средните годишни вредности на дадениот елемент во текот на годината. Вековните варијации најпрво се забележани во најстарите магнетни опсерватории во Лондон, Рим, Париз и др. Карактерот на вековните варијации на деклинацијата и инклинацијата на магнетното поле најдолго се познати за геомагнетната опсерваторија во Лондон (слика 18) и ја покриваат периодот од скоро пола милениум. Кривата на вековни варијации има елипсовидна форма и сугерира на периодичен карактер.



Слика 18. Секуларна промена на деклинацијата според мерењата во опсерваторијата во Лондон( извор [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com))

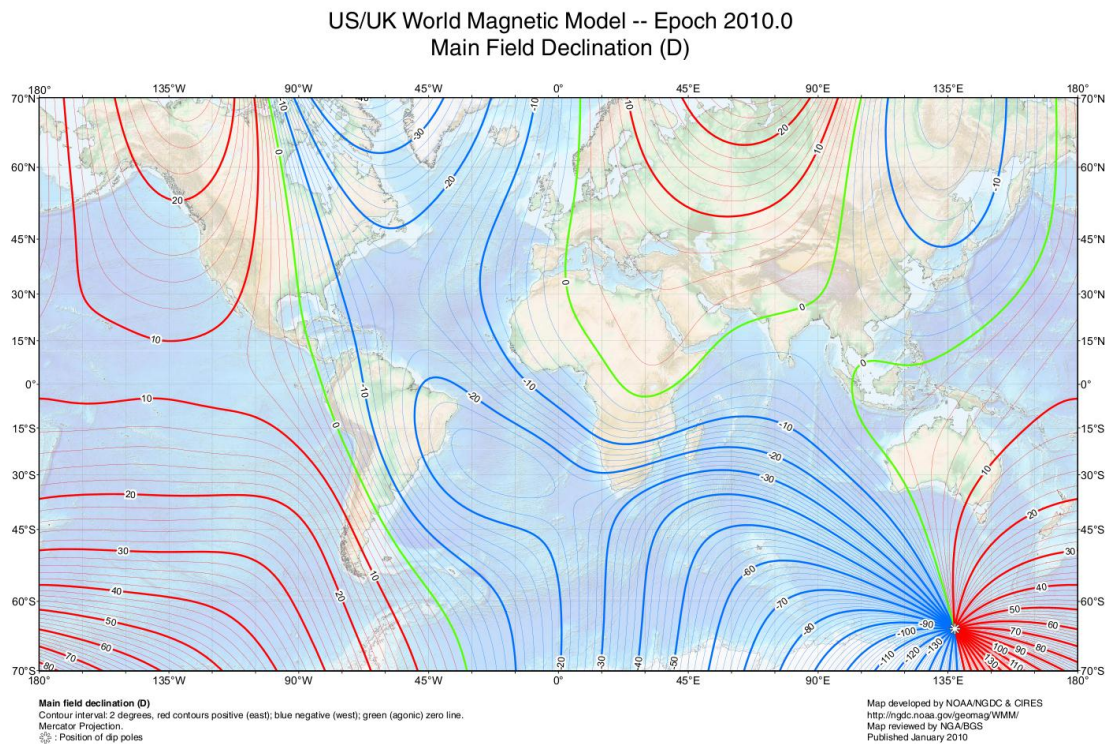
Figure 18. Secular variation of declination measured at London observatory(source [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com))

Големината на периодата не може да се одреди само врз база на овие податоци, па затоа во поново време се вршат разни археомагнетски истражувања со цел да се одреди нејзината големина.

Големината на вековните варијации не е иста во текот на времето. На Слика 18 е прикажана вековната варијација на деклинацијата на магнетното поле во Лондон, од каде може да се види дека деклинацијата се променила околу  $10^{\circ}$  E во доцниот 16-ти век, до  $25^{\circ}$ W во раните години на 19-ти век, пред да достигне до сегашната вредност од  $3^{\circ}$  W.

Проучувањата на вековните варијации на различни места на Земјата покажуваат дека тие се променливи кои се прикажуваат со линии кои ги спојуваат точките на кои големината на вековните варијации е иста, наречени изопори. Со таквата карта на која се исцртани изопорите, прикажано на Слика 19 лесно може да се види на кои подрачја вредностите на елементите на

магнетното поле растат, а на кои подрачја тие опаѓаат. Местата каде тие промени се наизразени се нарекуваат фокуси на изопорите.



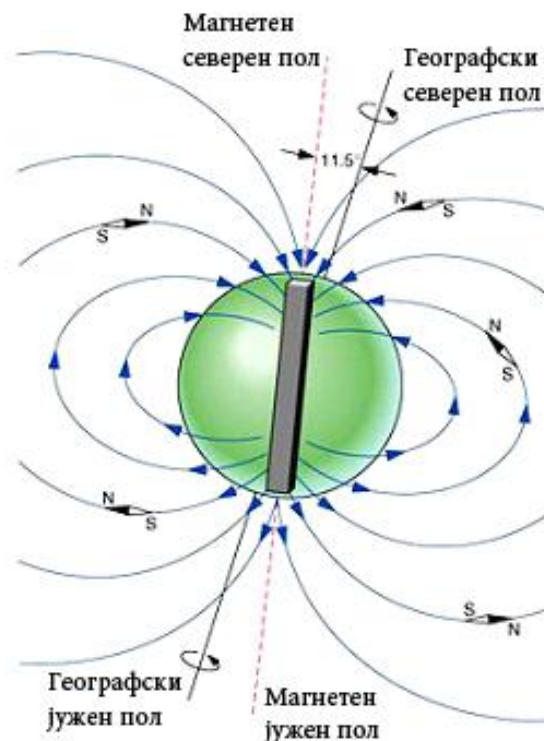
Слика 19. Земјина деклинација за Епоха 2010  
Figure 19. Earth declination for Epoch 2010

Ако се споредуваат картите на изопорите на различни епохи, се забележува дека фокусите на изопорите се поместуваат со тенденција на поместување кон запад. Погolem број научници со примена на различни методи ја анализирале големината на ова западно поместување на вековните варијации. Тие поместувања варираат 0.1 до 0.4 степени годишно, а како средна вредност е земена 0.2 степен годишно. Оваа појава може да се протолкува како разлика во брзината на ротацијата на цврстите геосфери на Земјата во однос на флуидалното јадро, но ова објаснување е сè уште предмет на проучување.

## 7.4. Магнетни полови

Магнетното поле на Земјата како што споменавме претходно може да се претстави како поле на магнетен дипол чиј еден пол се наоѓа во близината на северниот географски пол, а другиот во близината на јужниот географски пол.

Магнетните полови на Земјата се места на површината на Земјата каде магнетните линии се нормални на површината на Земјата. Тоа се позиции каде оската на магнетниот дипол на Земјата ја сече нејзината површина, на северната хемисфера северен геомагнетен пол, а на јужната јужен геомагнетен пол. Инклинацијата на магнетните полови е еднаква на  $90^{\circ}$  на северниот и  $-90^{\circ}$  на јужниот магнетен пол. Положбата на геомагнетните полови се разликува од положбата на географските полови. Замислената линија која ги спојува двете точки зафаќа агол од  $11.5^{\circ}$  со оската на ротација на Земјата (Слика 20).



Слика 20. Положба на геомагнетите и географски полови на Земјата  
Figure 20. Geomagnetic and geographic poles of the Earth



Реалното магнетно поле за секоја епоха се разликува од теоретското магнетно поле од ексцентричен дипол. Заради овие причини под положба на магнетниот пол се подразбираат неколку објаснувања:

- Положба на магнетниот пол за магнетно поле на аксијално наведнат дипол, кој се нарекува и положба на геомагнетен пол;
- Положба на пол на ексцентричен дипол;
- Положба на полот на кој интензитетот на хоризонталната компонента е нула;
- Реална положба на полот.

Во Табела 7 се прикажани географските положби на таквите полови за епохата, 1955 (S.Runcorn, 1955).

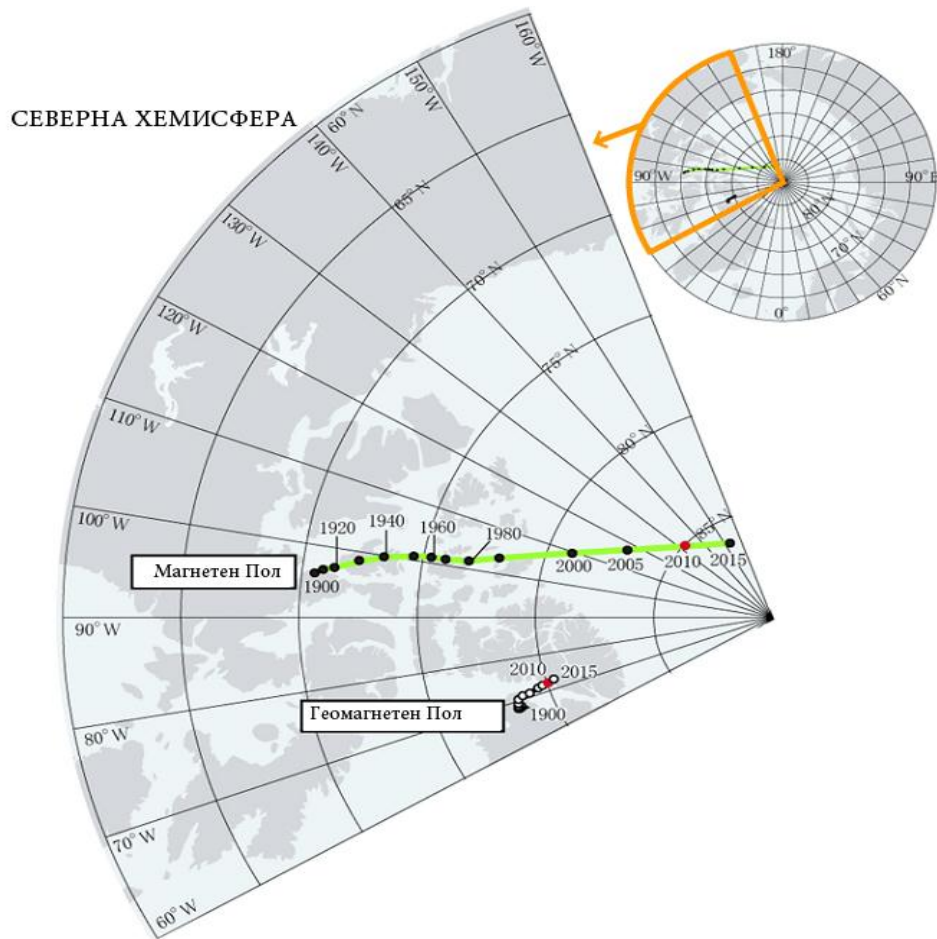
Табела 7. Географските положби на Аксијалниот-геомагнетен пол и Ексцентричниот пол за епохата 1955		
Table 7. Geographical positions of the Axial-geomagnete pol and Ekscentrichiot epoch 1955		
Назив на полот	Географска широчина	Географска должина
Аксијален-геомагнетен	78.3 N	69.0 W
Ексцентричен	81.0 N	84.7 W
X=0, Z=0	82.4 N	137.3 W
Реален	74.5±0.2 N	100.8±0.7 W

Положбата на геомагнетните полови не е статична и таа се менува во текот на времето. Во геомагнетните истражувања направени се пресметки со кои точно се одредува нивната положба. Во Табела 8 е дадена положбата на северниот геомагнетен пол од 1900 до сегашно време и каде ќе биде нивната положба до 2015 година.

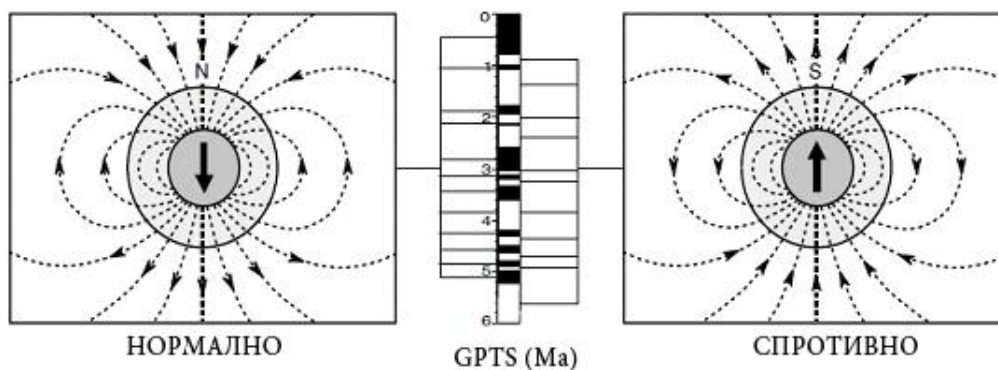
Табела 8. Положбата на северниот геомагнетен пол од 1900 до 2015 година  
( извор <http://wdc.kugi.kyoto-u.ac.jp/poles/polesexp.html> )  
Table 8. Position of north geomagnetic pole since 1900yr and in the future up to 2015yr  
( source <http://wdc.kugi.kyoto-u.ac.jp/poles/polesexp.html> )

година	Северен геомагнетен пол	
	Latitude	Longitude
1900	78.6 N	68.8W
1910	78.6 N	68.7W
1920	78.6 N	68.4W
1930	78.5 N	68.3W
1940	78.5 N	68.5W
1950	78.5 N	68.8W
1960	78.5 N	69.5W
1970	78.6 N	70.2W
1980	78.8 N	70.8W
1990	79.1 N	71.1W
2000	79.5 N	71.6W
2005	79.7 N	71.8W
2010	80.0 N	72.2W
2015	80.3 N	72.6W

Или графички во сферна визуелизација е прикажана на Слика 21.



Слика 21. Промената на положбата на северниот и јужниот геомагнетен пол од 1900 до 2015 година( извор [www. http://wdc.kugi.kyoto-u.ac.jp/poles/polesexp.html](http://wdc.kugi.kyoto-u.ac.jp/poles/polesexp.html))  
Figure 21. Change of the magnetic pole position since 1900 up to 2015 yr( source .  
<http://wdc.kugi.kyoto-u.ac.jp/poles/polesexp.html>)



Слика 22. Нормално и реверзно (спротивно) магнетно поле на Земјата  
Figure 22. Normal and reverse geomagnetic field

Низ геолошкото време магнетното поле на Земјата може да го промени својот поларитет, односно северниот и јужниот магнетен пол да си ги заменат местата. Оваа промена на магнетно поле се нарекува реверзија на магнетното поле од нормално во реверзно или спротивно, Слика 22.

---

## 8. Палеомагнетизам

### 8.1. Основи на палеомагнетизмот

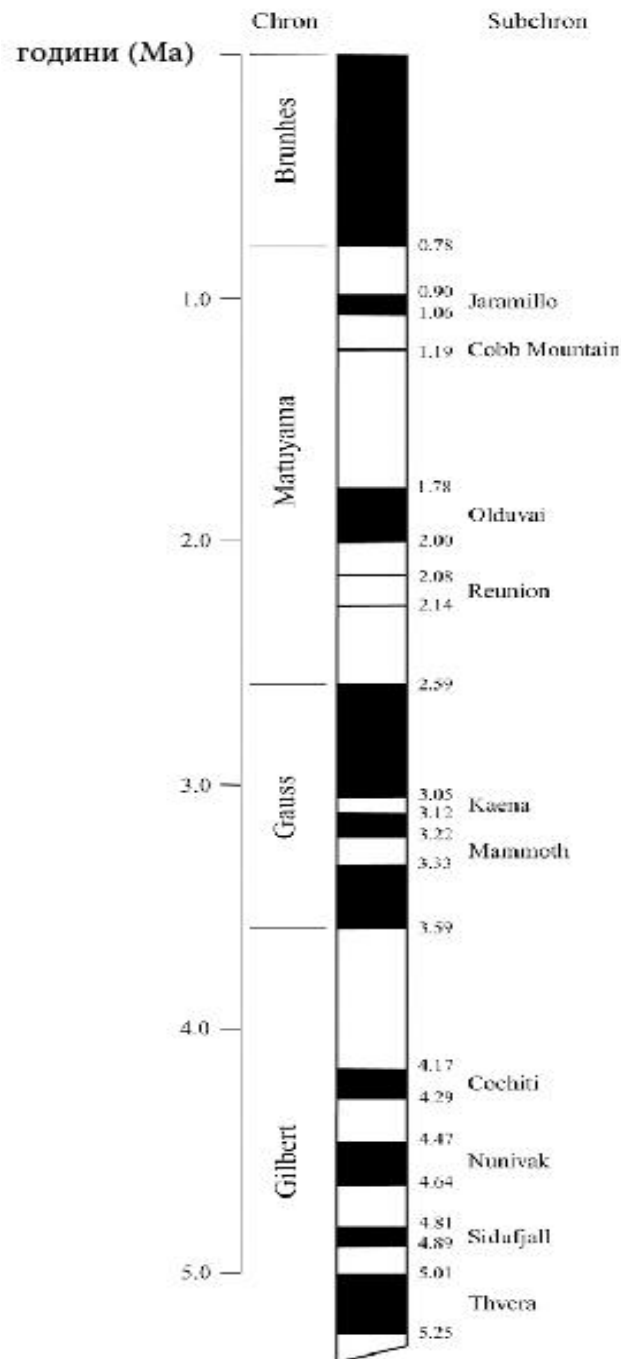
Магнетното поле на Земјата како што веќе споменавме претходно постои од самиот почеток на Земјата. Од ова произлегува и фактот дека и минералите, карпите и рудите на Земјата се наоѓаат под влијание на магнетното поле на Земјата од моментот на нивниот постанок. При тоа тие поседуваат дадена магнетизација сè додека се наоѓаат под влијание на магнетното поле и тој тип на магнетизација се нарекува индуцирана магнетизација. Кога тие ќе се престанат да бидат под влијание на магнетното поле тогаш индуцираната магнетизација се намалува, а во некои случаи и престануваат да бидат намагнетизирани. Доколку и после престанувањето на дејството на магнетното поле тие и понатамо поседуваат магнетизација, тогаш тој вид на магнетизираност се нарекува реманентна магнетизација. Бидејќи реманентната магнетизација на телата може да настане во различно време и во други геолошки услови со испитување на магнетното поле на телата во денешно време, може да се добие слика какво било магнетното поле во минатото низ геолошкото време. Посебна гранка од геомагнетизмот која се занимава со изучување на магнетното поле во минатото врз основа на реманентната магнетизираност на карпите се нарекува палеомагнетизам. Врз основа на палеомагнетните испитувања на магматските и седиментните карпи забележано е дека само дел од карпите имаат реманентна магнетизација која одговара на современото магнетно поле на Земјата кое се нарекува и нормално магнетното поле. Додека пак дел од нив поседуваат реманентна магнетизација која одговара на поле со спротивен карактер од нормалното, кое се дефинира како реверзно магнетно поле. Така врз основа на реманентната магнетизираност на карпите е откриен карактерот на магнетното поле на Земјата во текот на нејзината геолошка историја.

Врз база на ваквите палеомагнетски истражувања добиени се сознанија дека за временски период од повеќе илјади години магнетното поле одговара

на аксијален геоцентричен дипол. Ваквото магнетно поле постои веќе 780 000 години во минатото. Во последните пет милиони години карактерот на магнетното поле на Земјата се менувало од нормално во реверзно ( Слика 22).

За време на нормалното магнетно поле инклинацијата е позитивна на северната хемисфера и негативна на јужната. И обратно во случај на реверзно магнетно поле.

Основата на теоријата дека магнетното поле на Земјата го менувало својот поларитетот била поставена уште во почетокот на дваесетиот век од страна на одредени геофизичари ( Brunhes 1906, Chevallier 1925, Matuyama 1929) кои вршеле испитувања на реманентната магнетизација на вулканските карпи. Тие дошле до заклучок дека кога карпите и останатите примероци на Земјата ја достигнуваат Киријевата температура , а потоа се оладуваат во сегашното слабо поле на Земјата, содржат реманентна магнетизација со поларитет кој одговара со геомагнетното поле во тој период. Исто така и карпите, како магматските така и седиментните поседуваат магнетска меморија врз чија основа е можно проучување на магнетното поле на Земјата низ геолошкото минато, што претставува основа на палеомагнетските истражувања. Магнетостратиграфијата е една од најмладите геофизички гранки која во рамките на палеомагнетизамот се развила во последните неколку десетици години. Заснована е на концептот на одредување на сукцесивните промени на нормалното и реверсното геомагнетно поле во геолошкото минато потврдени со профилите на геомагнетните аномалии на океанското дно. Од посебно значење е континуитетот на создавање на слоеви односно промена на магнетното поле од најнискиот до највисокиот слој врз чија основа се формира магнетостратиграфскиот столб. Со тоа се одредува и основната временска магнетостратиграфска скала со која се овозможува одредување на староста на карпите од денешно време до 163 милиони години во геолошкото минато. Оваа скала денеска претставува основа за секој стратиграфски геолошки столб.



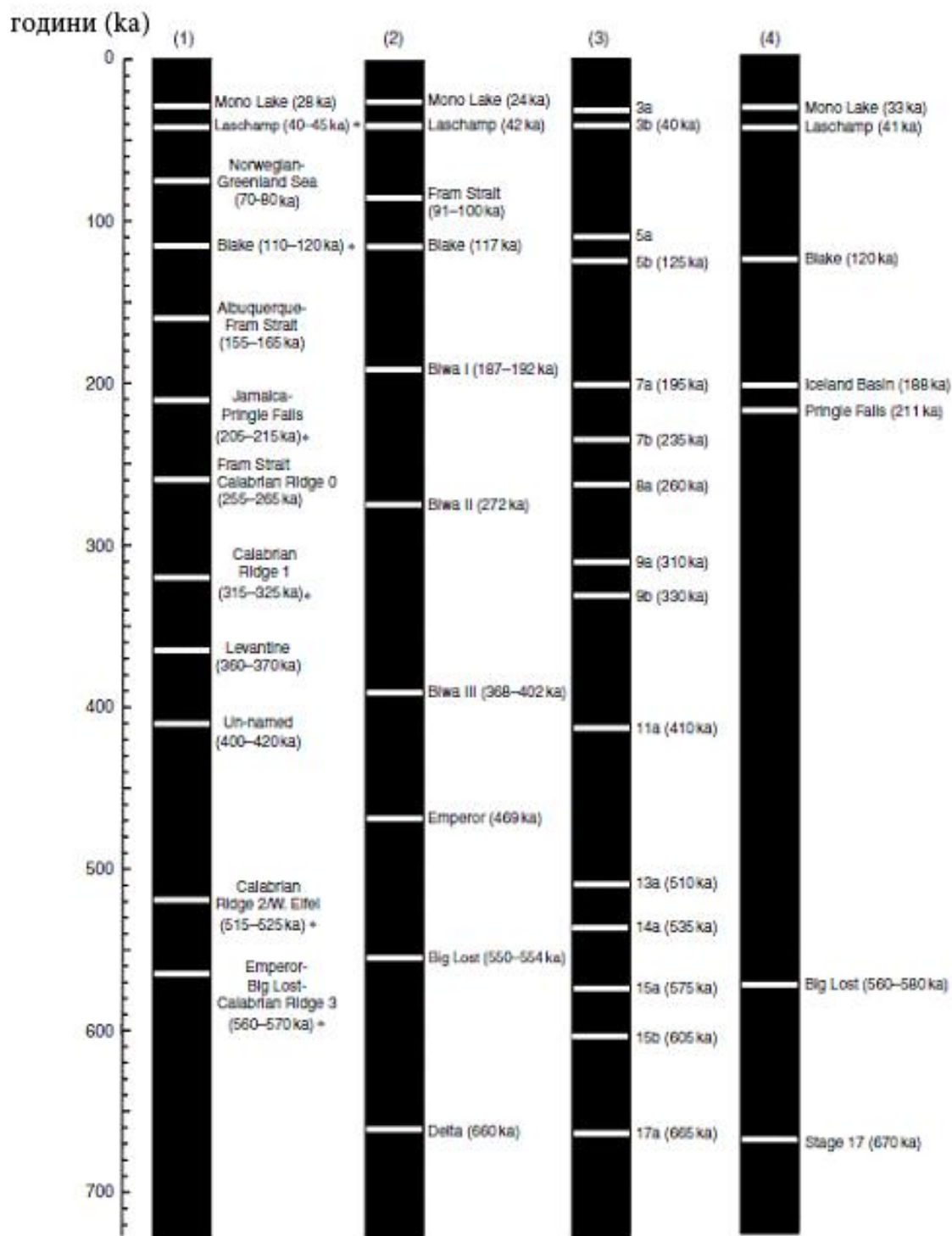
Слика 23. Стратиграфски геолошки столб милиони години во минатото  
(Langereis et al. 1997)

Figure 23. Geomagnetic polarity time scale over the millions years ago  
(Langereis et al. 1997)

При тоа со црна боја се означени периодите кога магнетното поле на Земјата било нормално, а со бела кога било реверзно или обратно. Периодите на временската скала со ист поларитет биле наречени по имињата на научниците кои ги откриле и се наречени хронови. Така на пример хронот на сегашното нормалното магнетно поле е наречен Брунхес и датира уште пред 780 000 години, па сè до денес. Како што можеме да видиме, пред него постоел период на реверзно магнетно поле или хронот на Матиама и траел од пред 2 600 000 години па сè до почетокот на хронот Брунхес. Во тој долг период низ геолошкото време геомагнетното поле може краткотрајно да го промени својот поларитет или нагло да се намали. Оваа појава се нарекува геомагнетна екскурзија и се случува во времетраење на хронот.

Средната честота на промените на поларитетот на магнетното поле е од 30 000 до 500 000 години. Но честотата е повеќе хаотична отколку редовна. Заради овие причини за научниците е многу тешко да го предвидат следното менување на поларитетот на магнетното поле. Со детална анализа на геомагнетното поле во последните еден милион години биле најдени помали промени во насоката на магнетното поле секоја со траење од 5-10 000 години. Овие промени се наречени геомагнетни екскурзии, Слика 24.





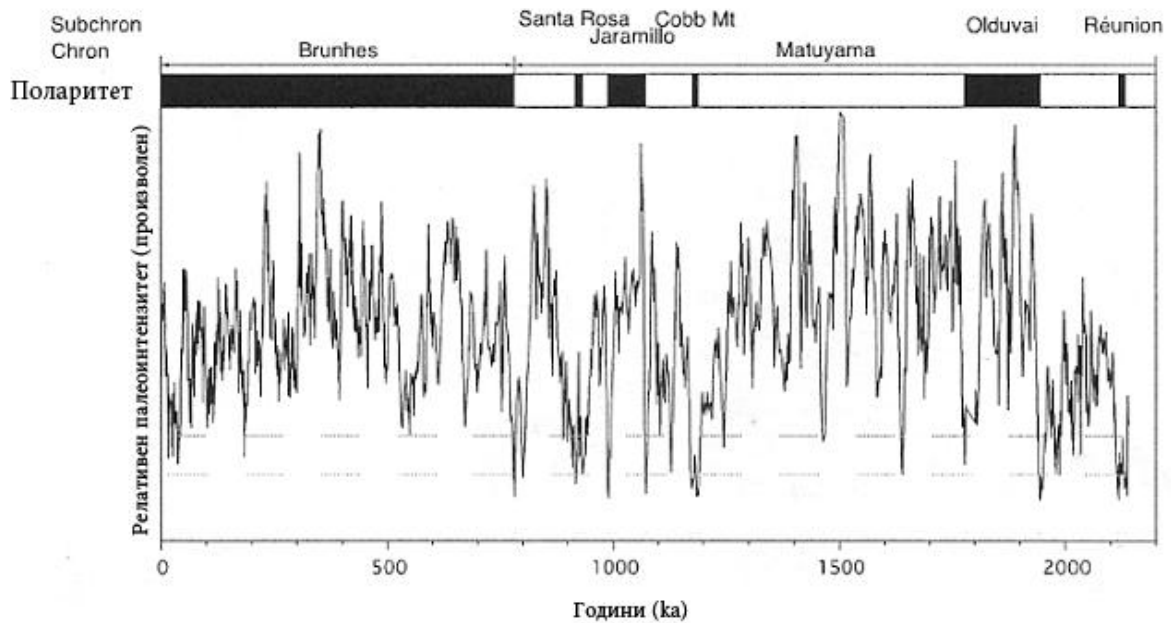
Слика 24. Геомагнетн екскурзии во Брунхес хронот (Langereis et al. 1997)  
Figure 24. Geomagnetic excursions in the Bruhnes chron (Langereis et al. 1997)

Имињата на геомагнетните екскурзии се давале според местото од каде се вршени испитувањата. Тие се разликуваат од реверзијата на геомагнетното поле по тоа што се многу пократкотрајни и по тоа што не се забележани насекаде туку само на неколку места. Освен за блискиот период од геолошкото минато, генерално не се знае колку често тие се појавувале. За разлика од геомагнетните реверзии кои лесно се забележуваат со промена на насоката на геомагнетното поле, геомагнетните екскурзии лесно може да не се забележат низ долгиот период во минатото.

Во зависност на времетраење на хроновите во магнетостратиграфијата. Во Табела 9 се дефинирани термините хронови, субхронови и суперхронови.

Табела 9. Времетраење на хронови, субхронови и суперхронови Table 9. Duration of shrons, subchros and superchrons	
назив	Приближно траење
субхрон	$10^4$ - $10^5$ години
хрон	$10^5$ - $10^6$ години
суперхрон	$10^6$ - $10^7$ години

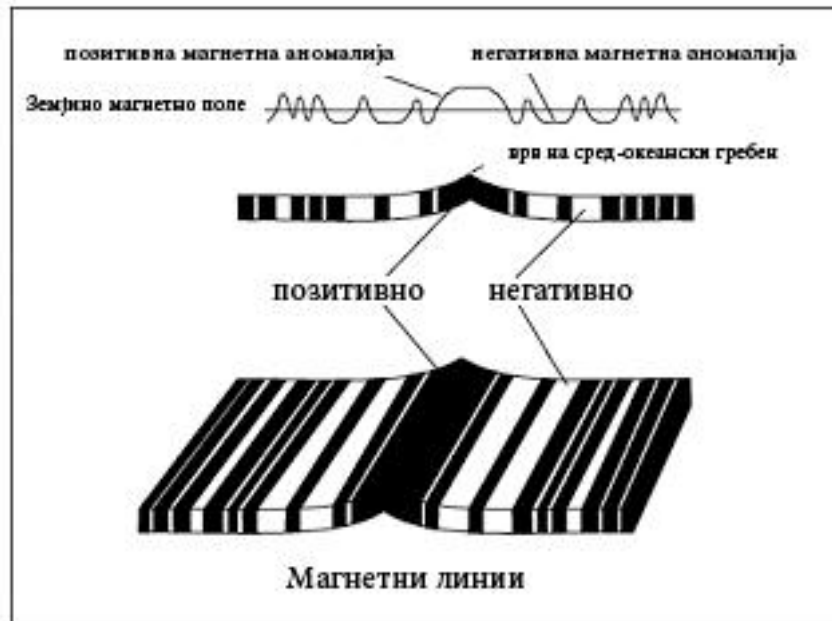
Геомагнетните екскурзии се поврзани со драматично намалување на интензитетот на магнетното поле и со негов брз колапс. Од последната промена на магнетното поле, во Брунхес хронот можат да се забележат неколку вакви аномалии, два пика на висока вредност на геомагнетното поле, и тоа на првиот пред околу 400 000 години и вториот пред околу 700-800 000 години. Помеѓу нив се забележани неколку пикови со ниски вредности на магнетното поле (Слика 25).



Слика 25. Геомагнетно поле на Земјата од пред 2,000,000 години  
Figure 25. Geomagnetic field of the Earth 2,000,000 yr before

Проучувањата на распоредот, карактерот и можната причина за аномалијата на магнетното поле на разни простори, прво на источниот Пацифик, а подоцна и во доменот на океанските гребени е забележана законитоста дека аномалиите се распоредени симетрично во однос на океанските гребени (Слика 26).

Испитувањата на реманентната магнетизација на примероците од дното и анализата на симетријата укажала голема веројатност дека во зоните на гребените доаѓа до сукцесивно излевање на лава и подоцнежна магнетизација на излеаните базалти.



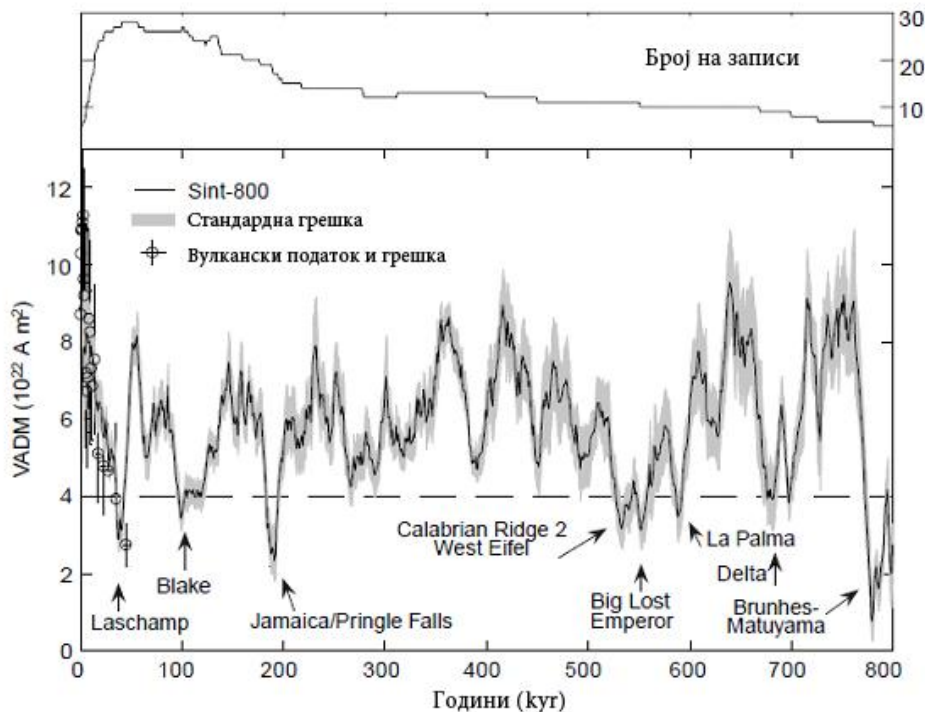
Слика 26. Симетричност на геомагнетите аномалии на двете страни од океанските гребени

Figure 26. Symmetric geomagnetic anomalies on both sides of the oceanic ridge

Дополнителното излевање на лавата условува растргнување на делови на веќе оцврстената лава и нејзино латерално потиснување. На тој начин доаѓа до ширење на океанското дно.

## 9. Хармониска анализа на секуларните промени на орбиталите параметри и геомагнетното поле

Палеомагнетните и климатските истражувања имаат долгогодишна меѓусебна поврзаност. Најновите достигнувања и техники во палеомагнетните истражувања доведоа да се добијат многу попрецизни податоци за промените на геомагнетното поле на Земјата во геолошкото минато. Целта на оваа магистерска работа е да се види дали постои поврзаност на геомагнетното поле, осончувањето и астрономските параметри на Земјата кои биле основа на Миланковиќевата теорија. Заради поголемиот број на информации ќе се ограничиме за геолошкото минато, односно во времето од последната реверзија на геомагнетното поле во времето на Брунхес хронот. На Слика 27 е прикажана кривата на промена на геомагнетното поле во времето на Брунхес хронот од пред 800 000 години.



Слика 27. Промени на геомагнетното поле од пред 800 000 години. (извор NATURE [VOL 399 | 20 MAY 1999 | www.nature.com]).

Figure 27. Changes of the geomagnetic field 800,000 yr before

Временската скала на геомагнетните екскурзии е прикажана во Табела 10.

(Табела 10) Временска скала на геомагнетните екскурзии.	
Референца: A= Minimum in the Tauxe and Shackleton intensity record	
B= Minimum in the Valet and Meynadier intensity record	
C= Tucholka et al. [47]	
D= Champion et al. [49]	
E= Singer and Pringle [50]	
Име	Време и референца
Mono Lake	24 A
Laschamp	42A,B
Norwegian-Greelad Sea and Fram Strait	91B 100A
Blake	117C
Biwa I	187B 192A
Biwa II	272A
Biwa III	386A 368 или 402 B 554B
Emperor	469B
Big Lost	550+-10D 554B
Delta	660B

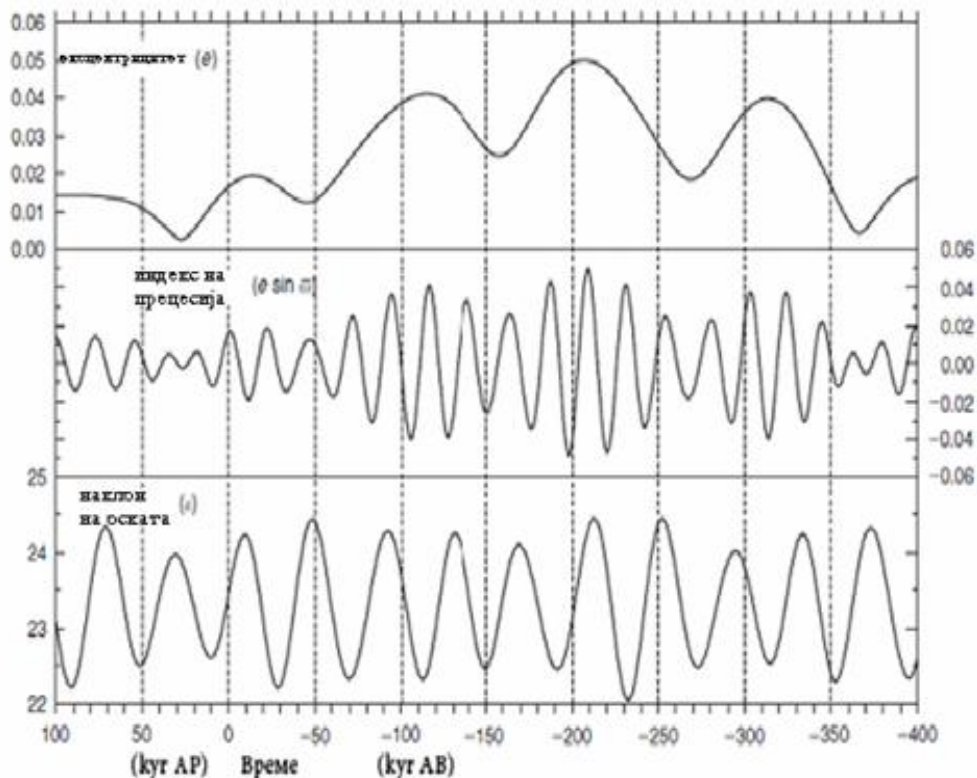
Хоризонталната испрекината линија, Слика 27, одговара на критичната вредност на интензитетот на геомагнетното поле под која се забележани геомагнетните екскурзии, а кривата во горниот дел го означува бројот на мерењата. Се гледа дека тој број се намалува со зголемувањето на периодот во геолошкото минато. Означени се и геомагнетните екскурзии според

локациите на кои тие биле откриени. Податоците за климатските карактеристики на Земјата во блиското минато се добиваат од извршените мерења, но за далечното геолошко минато за кои не постојат мерења се добиваат по пат на различни постапки и извори, како на пример од фосилите, континенталните и океански седименти, ледената покривка и др. Податоците добиени на различни начини даваат слика за климата на Земјата во минатото и постоењето на неколку ладни и топли периоди. Ваквите информации во потполност се совпаѓаат со Миланковиќевите криви на осончување кои исто така ги дефинираат периодите на студено време, или ледените доби. Бидејќи се знае вредноста на орбиталните параметри во минатото и нивното влијание врз температурниот режим на Земјата, во науката се направени нумерички модели кои врз основа на нивната вредност во иднина можат да го предвидат осончувањето (Слика 28), како и орбиталните параметри во минатото и иднина Слика 29.



Слика 28. Секуларни промени на осончувањето пред и после (A.Berger,1978- Long term variations of the insolations)

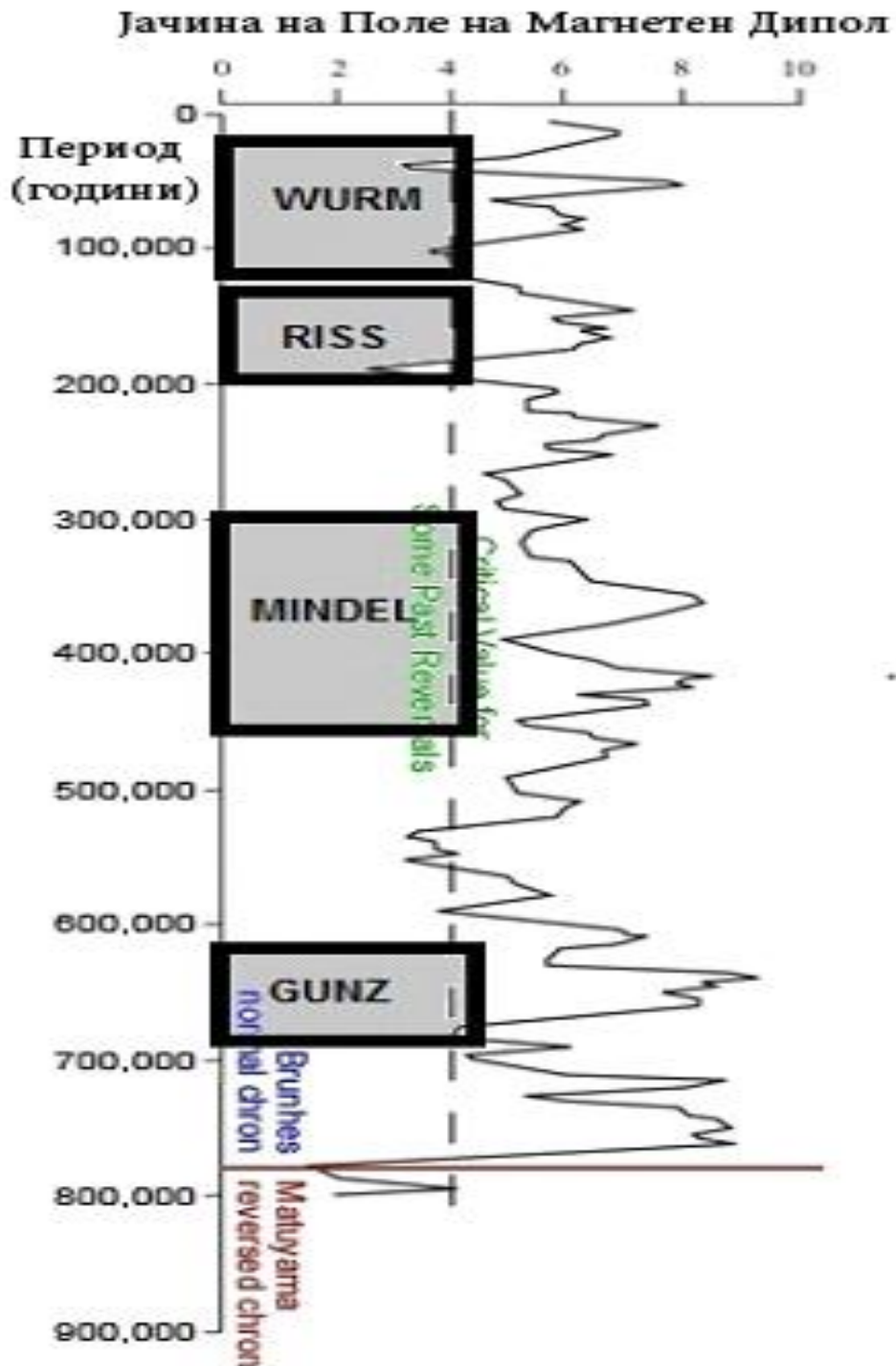
Figure 28. Secular variation of insolation in the past and future(A.Berger,1978- Long term variations of the insolations)



Слика 29. Секуларни промени на астрономските параметри во геолошкото минато и во иднина (A. Berger, 1978 - Long term variations of the astronomical parameters),  
Figure 29. Secular variations of orbital parameters in the geological past and in the future (A. Berger, 1978 - Long term variations of the astronomical parameters)

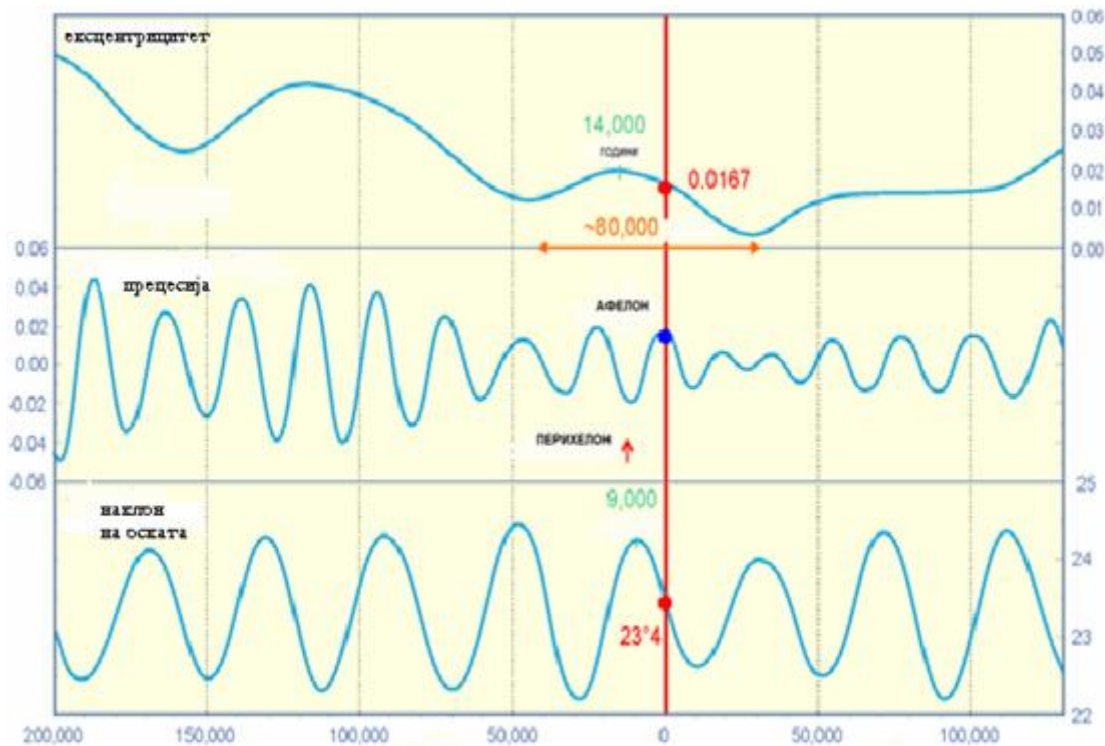
Ако ја споредиме кривата на промена на геомагнетното поле во време на Брунхес хронот и периодите на времетраење на ледените доби (Табела 6) прикажано на Слика 30, ќе се забележи дека повеќето геомагнетни екскурзии во периодот помалку од пред 1 милион години може да се појавиле во времето на ладните периоди (Horst-Ulrich Worm 1997-A link between geomagnetic reversals and events and glaciations).





Слика 30. Промените на геомагнетното поле пред 1 000.000,00години и периодите на времетраење на ледените епохи.

Figure 30. Geomagnetic secular variations 1,000,000yr before and timeline of the ice ages.

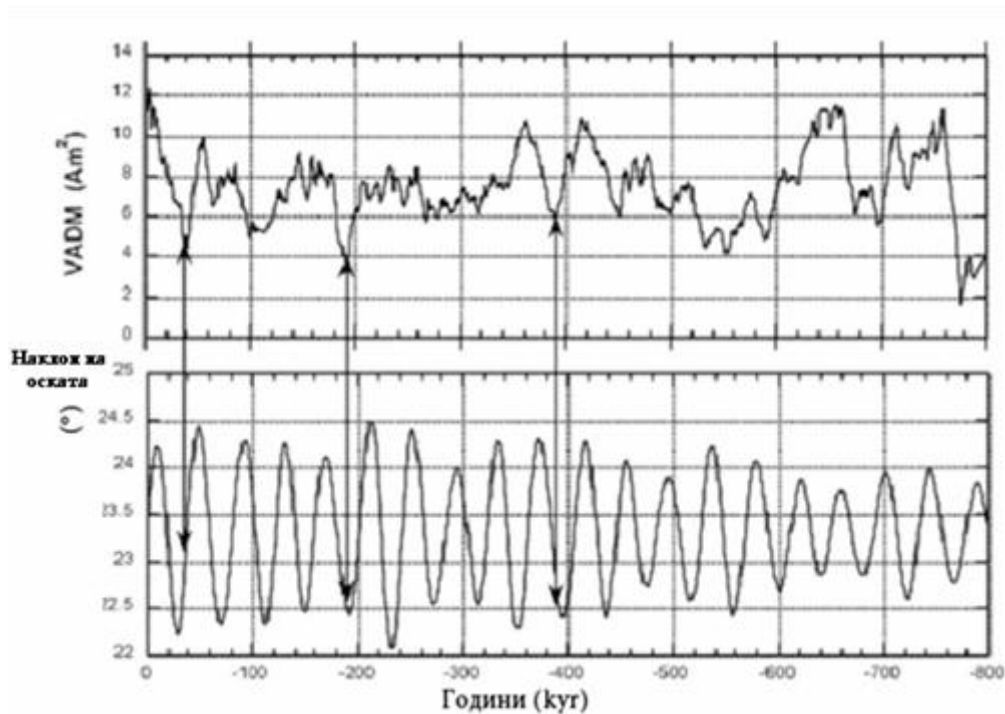


Слика 31. Сегашните вредности на орбиталните параметри и нивните промени во иднина

Figure 31. Current and future values of the orbital parameters

Тенденцијата на опаѓање на вредноста на ексцентрицитет од сегашнава ќе трае и во наредните 50 000 години (Слика 31). Промените на осончувањето на  $65^{\circ}$  северна географска широчина најповеќе ќе бидат под влијание на аголот на оската  $\epsilon$  на ротација на Земјата и според пресметките не би требало да се бележи пад на количината на осончувањето што би предизвикала ледена доба во следните 20.000 години. Најновите студии на Бергер и Лоутре укажуваат дека сегашново глобално затоплување ќе се задржи и во наредниве 50 000 години. ([http://en.wikipedia.org/wiki/Milankovitch\\_cycles](http://en.wikipedia.org/wiki/Milankovitch_cycles))

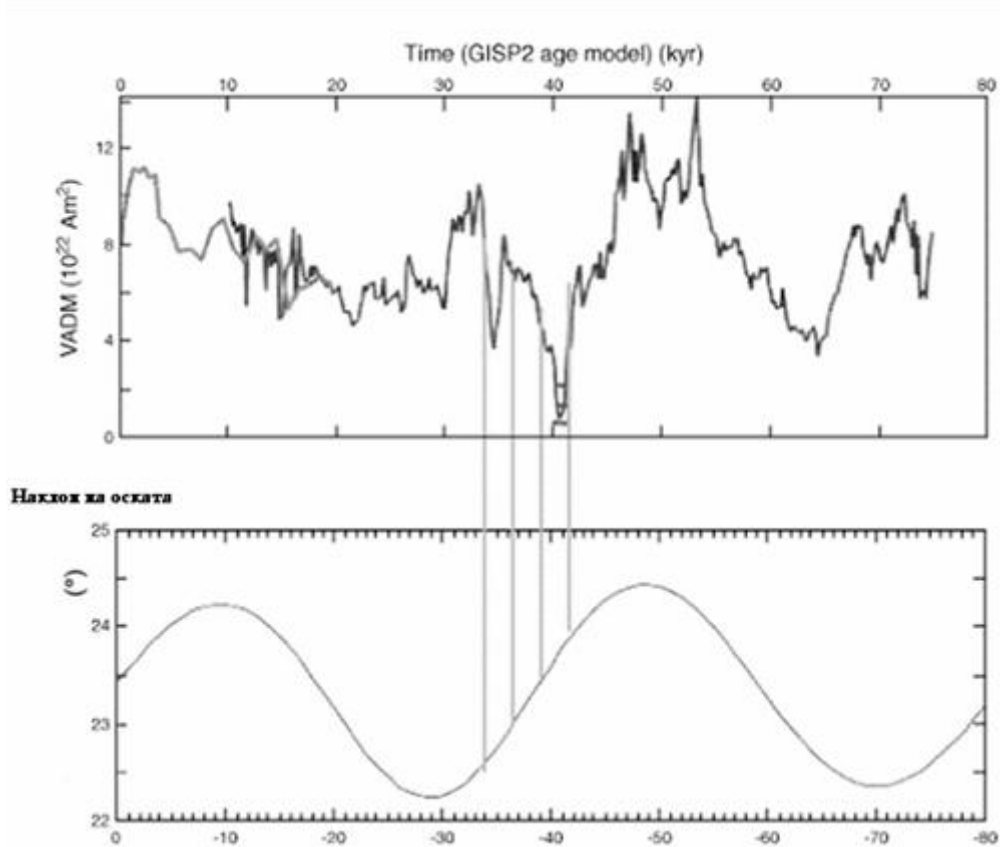
На Слика 32 се прикажани секуларните промени на аголот на наклонот на оската на ротација (Laskar) и интензитетот на магнетното поле на Земјата пред 800 000 години (Guyodo and Valet).



Слика 32. Секуларните промени на аголот на наклонот на оската на ротација (Laskar) и интензитетот на магнетното поле на Земјата пред 800 000 години (Guyodo and Valet).

Figure 32. Secular variations of the obliquity (Laskar) and intensity of the geomagnetic field 800,00yr before

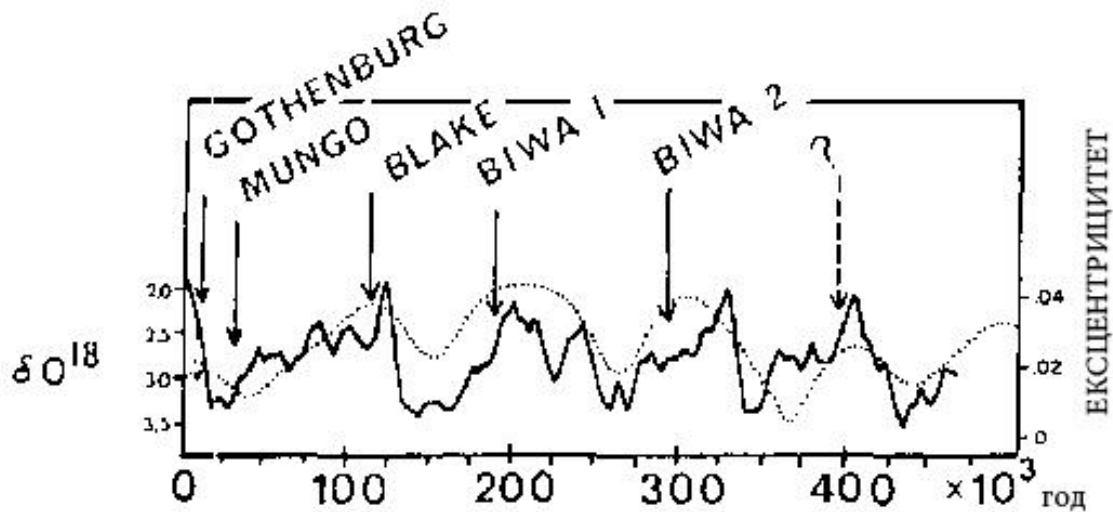
Може да се види дека пиковите на ниска вредност на геомагнетното поле се отприлика помеѓу 30 и 40 000 години, помалку одколку периодот на минимум на наклонот на оската. Најблиските екскурзии се појавуваат во приближно ист период на намалувањето од максималната вредност на вредноста на аголот на оската на ротација, но не се совпаѓаат со нејзината минимална вредност (Слика 33).



Слика 33. Промените на геомагнетното поле на Земјата и аголот на косина на оската на ротација на Земјата

Figure 33. Secular variations of geomagnetic field and the obliquity

Ако се разгледа осончувањето преку кривата на промените на изотопот на кислород со секуларните промени на ексцентритетот (Слика 34).

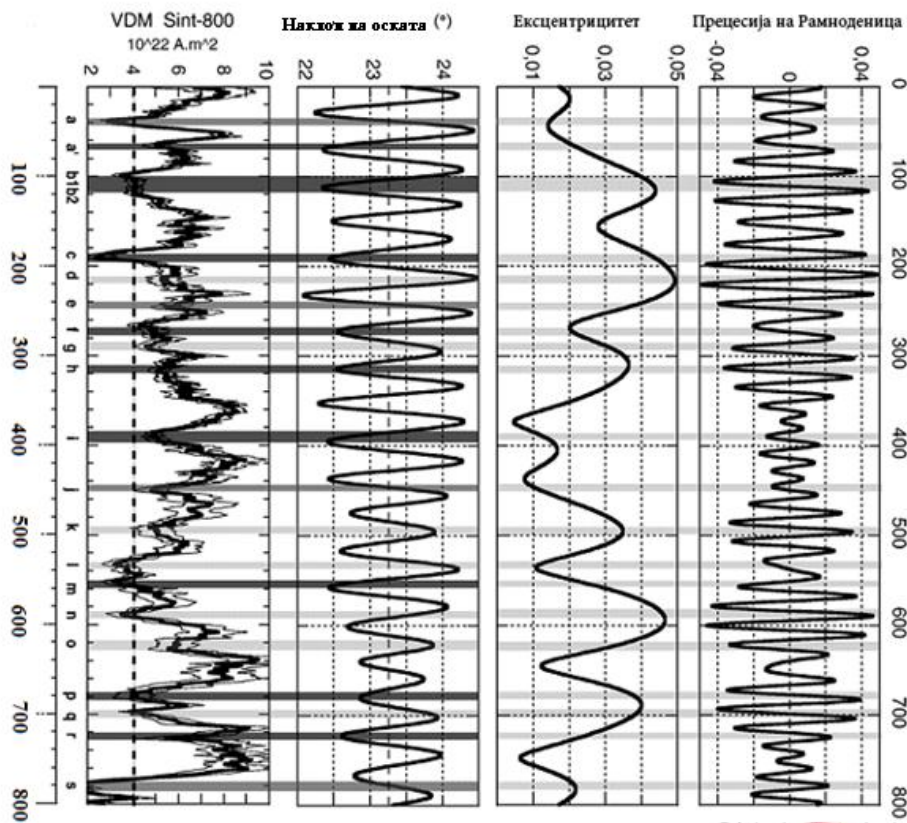


Слика 34. Крива на промени на изотопот на кислород и секуларата промена на  
Ексцентрицитетот пред 1 000.000,00 години

Figure 34. Curve of variations of isotop of oxisen and secular variations of eccentricity  
1,000,000 yr before

може да се забележи дека последните пет максимуми на ексцентрицитетот на орбитата на Земјата приближно се пратени со геомагнетните екскурзии (Michael R.Rampino 1979-Possible relationship between changes i global ice volume, geomagnetic excursions ad the eccentricity of the Earth's orbit)

Или прикажани секуларните промени на сите три астрономски параметри заедно со геомагнетното поле на Земјата (Слика 35).

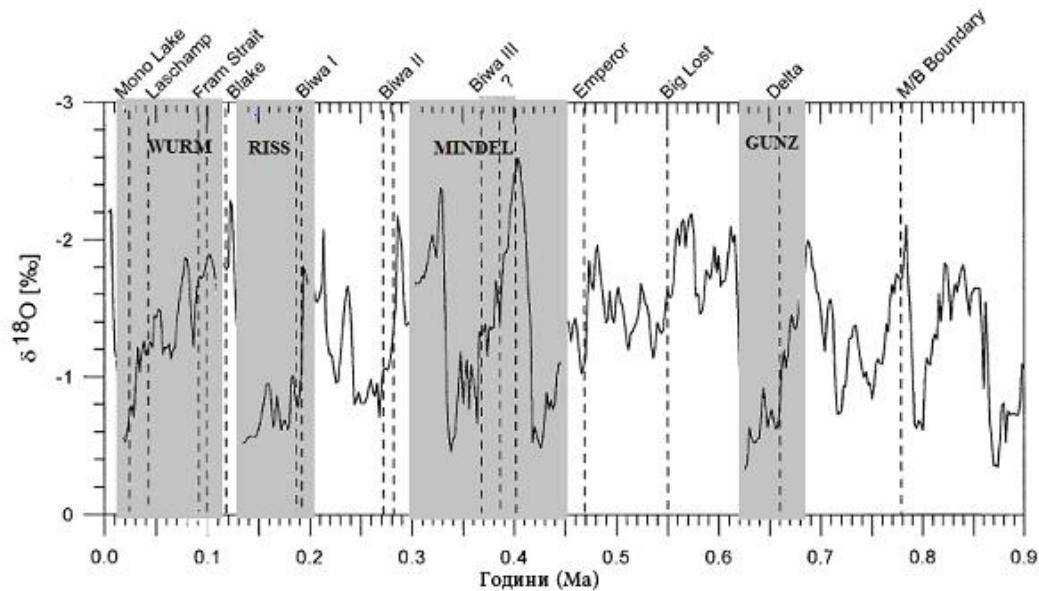


Слика 35. Секуларни промени на трите астрономски параметри и геомагнетното поле на Земјата од пред 800 000 години (Nicolas Thouveny, Didier L. Bourlès a, Ginette Saracco a, Julien T. Carcaillet a,b, F. Bassinot 2008 - Paleoclimatic context of geomagnetic dipole lows and excursions in the Brunhes, cluefor an orbital influence on the geodynamo)

Figure 35. Secular variations of the three astronomical parametars and geomngnetic field 800,000yr before (Nicolas Thouveny, Didier L. Bourlès a, Ginette Saracco a, Julien T. Carcaillet a,b, F. Bassinot 2008 - Paleoclimatic context of geomagnetic dipole lows and excursions in the Brunhes, cluefor an orbital influence on the geodynamo)

При тоа со темни вертикални линии се обележани геомагнетните екскурзии и нивното приближно совпаѓање со периодот на намалувањето од максималната вредност на вредноста на аголот на оската на ротација и приближно со максималната вредност на ексцентрицитетот. Ако на еден график се постават времетраењето на ладните периоди и геомагнетните

екскурзии (Слика 36) и со засенчените делови да се означат ледените епохи се забележува дека поголемиот број на геомагнетните екскурзии се поврзани со појавата на ледените епохи.



Слика 36. Времетраење на ледените епохи кривата на промените на изотопот на кислород и геомагнетните екскурзии во Брунхес хронот (извор [http://en.wikipedia.org/wiki/Timeline\\_of\\_glaciation](http://en.wikipedia.org/wiki/Timeline_of_glaciation), Horst-Ulrich Worm 1997-A link between geomagnetic reversals and events and glaciations)

Figure 36. Durations of the ice ages and course of oxide isotope and geomagnetic excursions in the Brunhes chron (source [http://en.wikipedia.org/wiki/Timeline\\_of\\_glaciation](http://en.wikipedia.org/wiki/Timeline_of_glaciation), Horst-Ulrich Worm 1997-A link between geomagnetic reversals and events and glaciations)

Повеќе од пред 20 години врз база на податоците добиени од испитувања на седименти од дното на Тихиот Океан се дошло до хипотезата дека прецесијата игра важна улога во билансот на енергијата на геодинамото на Земјата. (Orbital modulation of the Earth's magnetic field intensity-J. E. T. Channell, D. A. Hodell, J. McManus & B. Lehman). Но со подоцнежните истражувања се покажало дека енергијата создадена од прецесијата е најмалку една магнитуда помалку од онаа која е потребна за геодинамото. Доколку ги разгледаме двете криви на промени на прецесијата и инсолацијата односно временската рамка на ледените доби ќе се забележи дека периодот на промените на прецесијата и ледените епохи не се совпаѓаат.

## Заклучок

При изработката на оваа магистерска работа беа постигнати следниве цели:

1. Беа разгледани секуларните промени на трите орбитални параметри на Земјата кои според Миланковиќевата теорија имаат големо влијание врз количината на сочевите зраци кои пристигаат на Земјата.
2. Беше разгледано геомагнетното поле на Земјата и неговите промени во геолошкото минато.
3. Се направи хармониска анализа на секуларните промени на трите астрономски параметри и нивната поврзаност со осончувањето.
4. Се направи хармониска анализа на секуларните промени на геомагнетното поле на Земјата.

Според постигнатите созанија може да се дојде до следниот заклучок:

Секуларните вековни промени на геомагнетното поле на Земјата се многу важни за да се разбере изворот на енергијата на геодинамото кое го произведува магнетното поле. И покрај тоа што геодинамото е само одржлив систем во Земјиното јадро кој се одржува со жештината и енергијата од ладењето на Земјата, секуларните промени со периоди на промена подолги од 10000 години можат да укажат на присуство на надворешен извор на енергија.

За оваа поставка постојат многу научни тврдења, но за ни едно нема цврсти научни докази. Од мерењата на геомагнетното поле во геолошкото минато добиени од морските седименти се дошло до резултати дека постојат долгогодишни промени од 10 до 100 000 години за време на Брунхес хронот.

Миланковиќевите периоди на промени на орбиталните параметри од 41 и 10 000 години и претпоставки дека орбиталните сили или палеоклиматските промени го произведуваат геодинамото. Многу пак други теории имале сосема спротивни заклучоци, дека не постојат стабилни причини за поврзаноста помеѓу нивните секуларни варијации. Споредувајќи ги двете криви и периодите на ледените епохи, како што видовме може да се забележи дека постои



извесна корелација помеѓу периодите на ледените доби и геомагнетните екскурзии. Но некои подетални потврди за периодот на нивното појавување досега не се докажани и покрај многуте напори на голем број научници. Секако заради долгиот период во геолошкото минато, без некои точни мерења, потврдата на ваквите хипотези е многу сложена работа. Бидејќи главната причина за кривата на осончување на Миланковиќ се орбиталните параметри на Земјата, голем број на научници ја испитуваат поврзаноста на промената на астрономските параметри со секуларната промена на геомагнетното поле. Бидејќи нивната вредност е точно определена како во минатото така и во иднина постојат многу научни трудови за наоѓање на корелација помеѓу нивните промени и промените на геомагнетното поле, но до ден денес нема официјална потврда на ваквите истражувања, ниту пак постојат точно детерминирани научни потврди на овие хипотези.

За разлика од периодот во времето на Брунхес хронот, во подалечното геолошко минато од пред 900 000 години не може да се види некоја појасна поврзаност помеѓу осончувањето и геомагнетните настани. Во трудот од францускиот научник Y. Gallet et al "Does Earth's magnetic field secular variation control centennial climate change? / Earth and Planetary Science Letters 236 (2005) 339–347) се потврдува теоријата дека секоја геомагнетна екскурзија е пратена со минимумот на осончување на Земјата, односно со ледените доби. Едно од објаснувањата на оваа хипотеза е дека колку е послабо магнетното поле на Земјата толку е поголем и бројот на честичките што продираат до атмосферата кои би го зголемувале создавањето на облаци, а со тоа и намалувањето на температурата и ладење на Земјата.

Генерално, промените на геомагнетното поле директно влијаат на интензитетот на зрачењето што доаѓа до Земјата, а посебно влијание имаат на процесите во атмосферата. Соодветно на ова, може да се заклучи дека промените на геомагнетното поле имаат силно влијание врз климатскиот режим на Земјата.

На крајот се поставува прашањето дали појавата на озонските дупки не е поврзана со наглото слабеење на интензитетот на геомагнетното поле на јужната хемисфера, токму каде што е и најголема озонската дупка.

## Користена литература (References)

1. Делипетров Тодор - Основи на Геофизика, 2003, Штип
2. Nicolas Thouveny, Didier L. Boulès a, Ginette Saracco a, Julien T. Carcaillet a,b, F. Bassinot 2008 - Paleoclimatic context of geomagnetic dipole lows and excursions in the Brunhes, clue for an orbital influence on the geodynamo?
3. Milutin Milankovic 2008 - Astronomska teorija klimatskih promena i njena primena u geofizici
4. Robert F Butler-Department of Geosciences University of Arizona Tuscon, Arizona, PALEOMAGNETISM: Magnetic Domains to Geologic Terranes- Electronic Edition, May 1998
5. Milutin Milankovic 1997 -Kanon osuncavanje Zemje i njegova primena na problem ledenih Doba
6. Horst-Ulrich Worm 1997-A link between geomagnetic reversals and events and glaciations
7. J. E. T. Channell, D. A. Hodell, J. McManus& B. Lehman 1997 - Orbital modulation of the Earth's magnetic field intensity
8. Michael R.Rampino 1979-Possible relationship between changes in global ice volume, geomagnetic excursions and the eccentricity of the Earth's orbit
9. Internet:

<http://www.thenakedscientists.com/forum/index.php?topic=43568.0>

<http://www.thenakedscientists.com/forum/index.php?topic=43568.0>

[http://www.geologos.com.pl/geologos5/Geologos5\\_Nowaczyk.pdf](http://www.geologos.com.pl/geologos5/Geologos5_Nowaczyk.pdf)

[http://www.geologos.com.pl/geologos5/Geologos5\\_Nowaczyk.pdf](http://www.geologos.com.pl/geologos5/Geologos5_Nowaczyk.pdf)

<http://geology.geoscienceworld.org/content/7/12/584.full.pdf+html>

<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0012821X06002457>

[http://scholar.google.com/scholar?start=10&q=orbital+parameters+and+geomagnetic+field&hl=en&as\\_sdt=0,5&as\\_vis=1](http://scholar.google.com/scholar?start=10&q=orbital+parameters+and+geomagnetic+field&hl=en&as_sdt=0,5&as_vis=1)

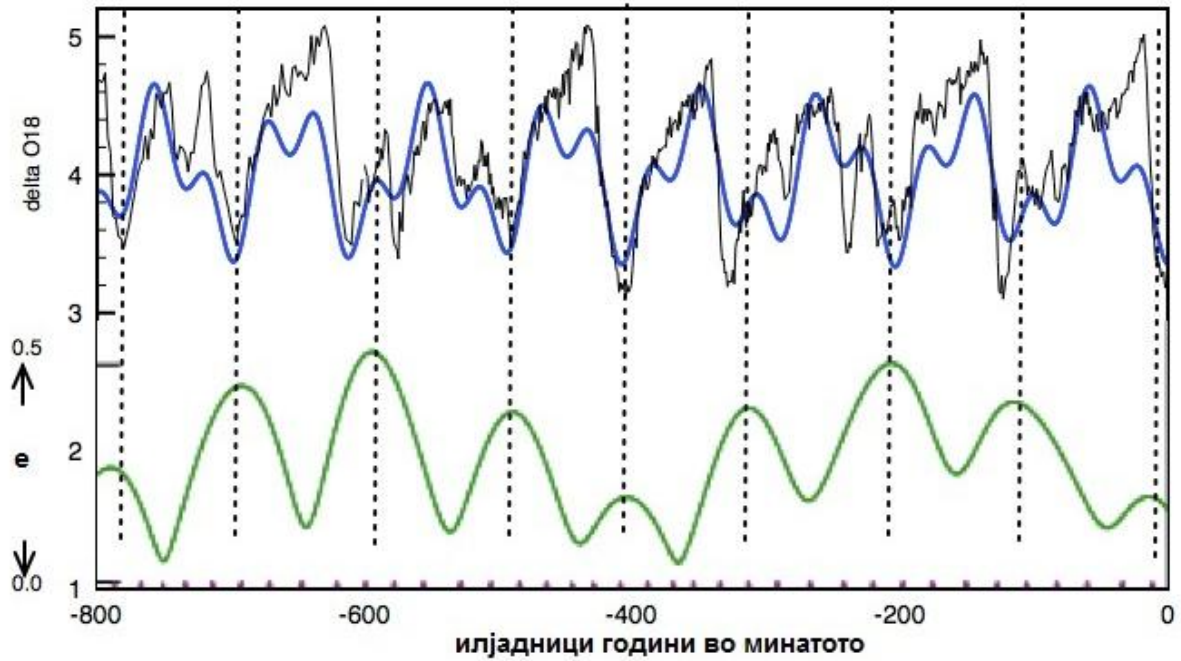
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0012821X97000083>

<https://s100.copyright.com/AppDispatchServlet?publisherName=ELS&contentID=S0012821X97000083&orderBeanReset=true40833763>

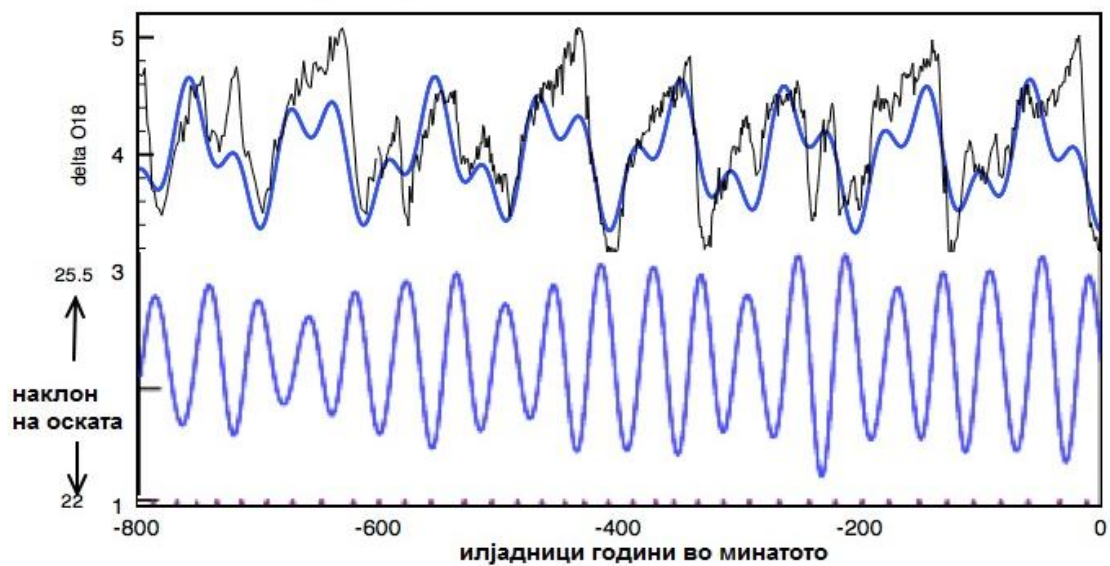
<http://www.detectingdesign.com/milankovitch.html>

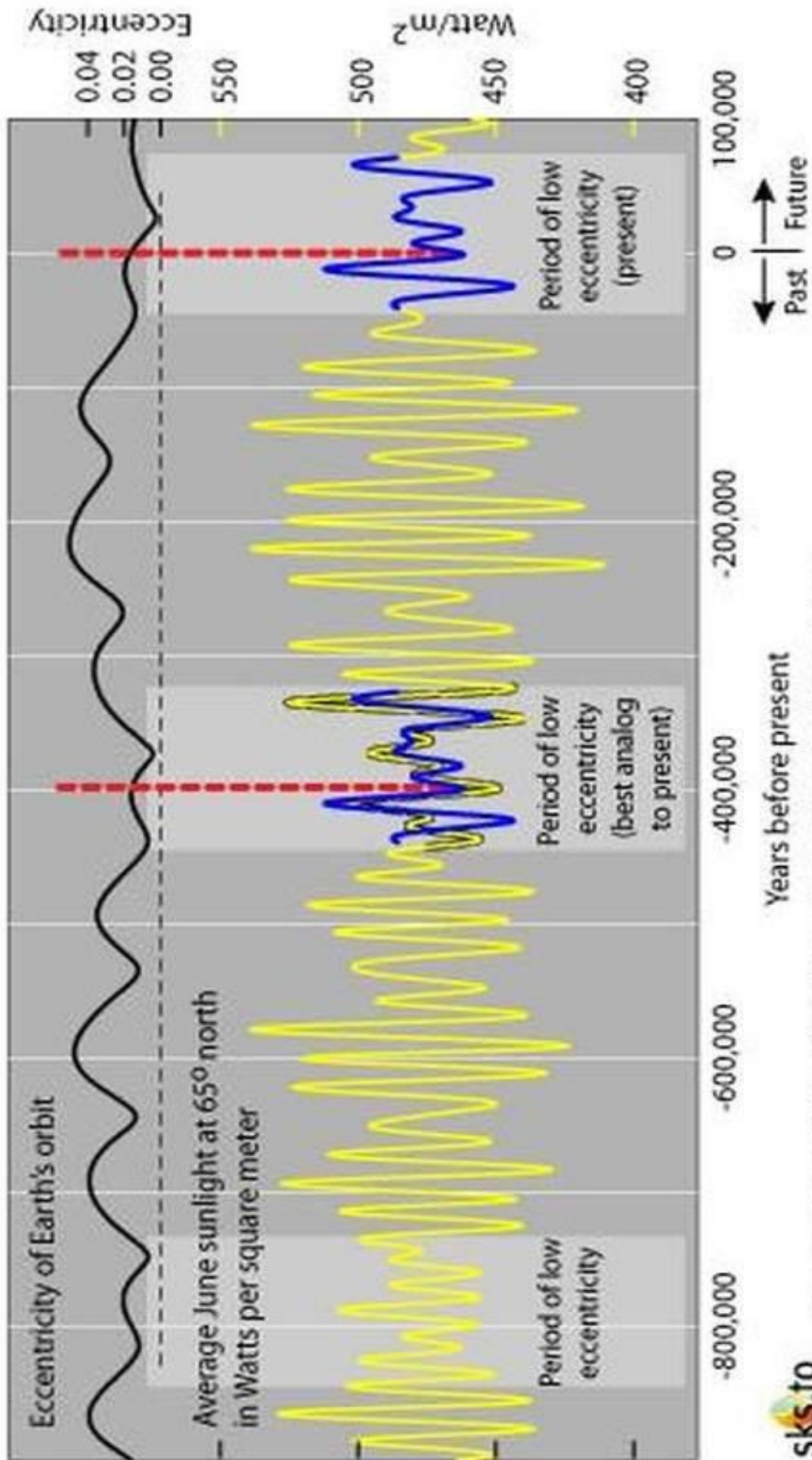
## Прилози

корелација помеѓу ледените доби и ецентрицитетот

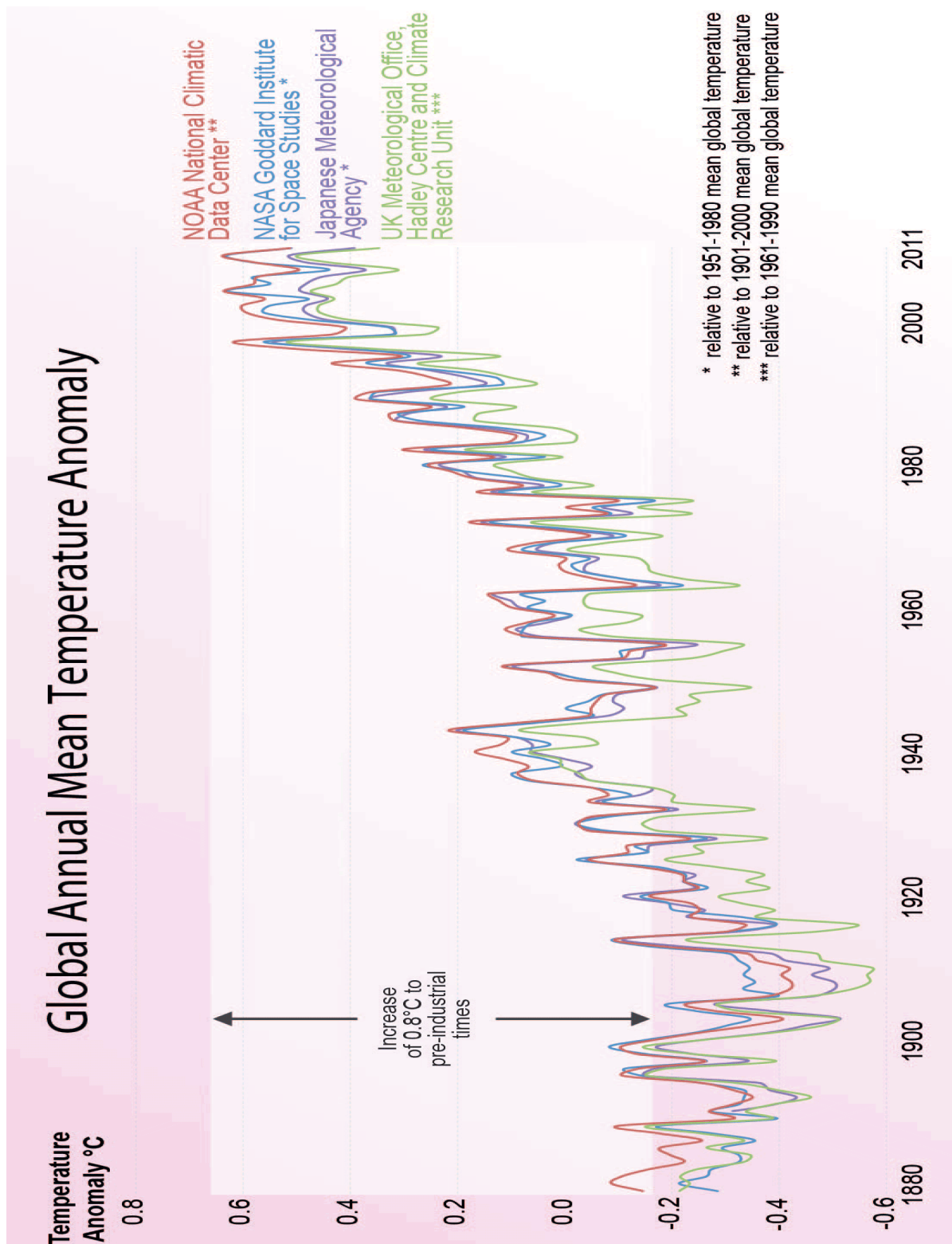


корелација помеѓу наклонот на оската и ледени доби

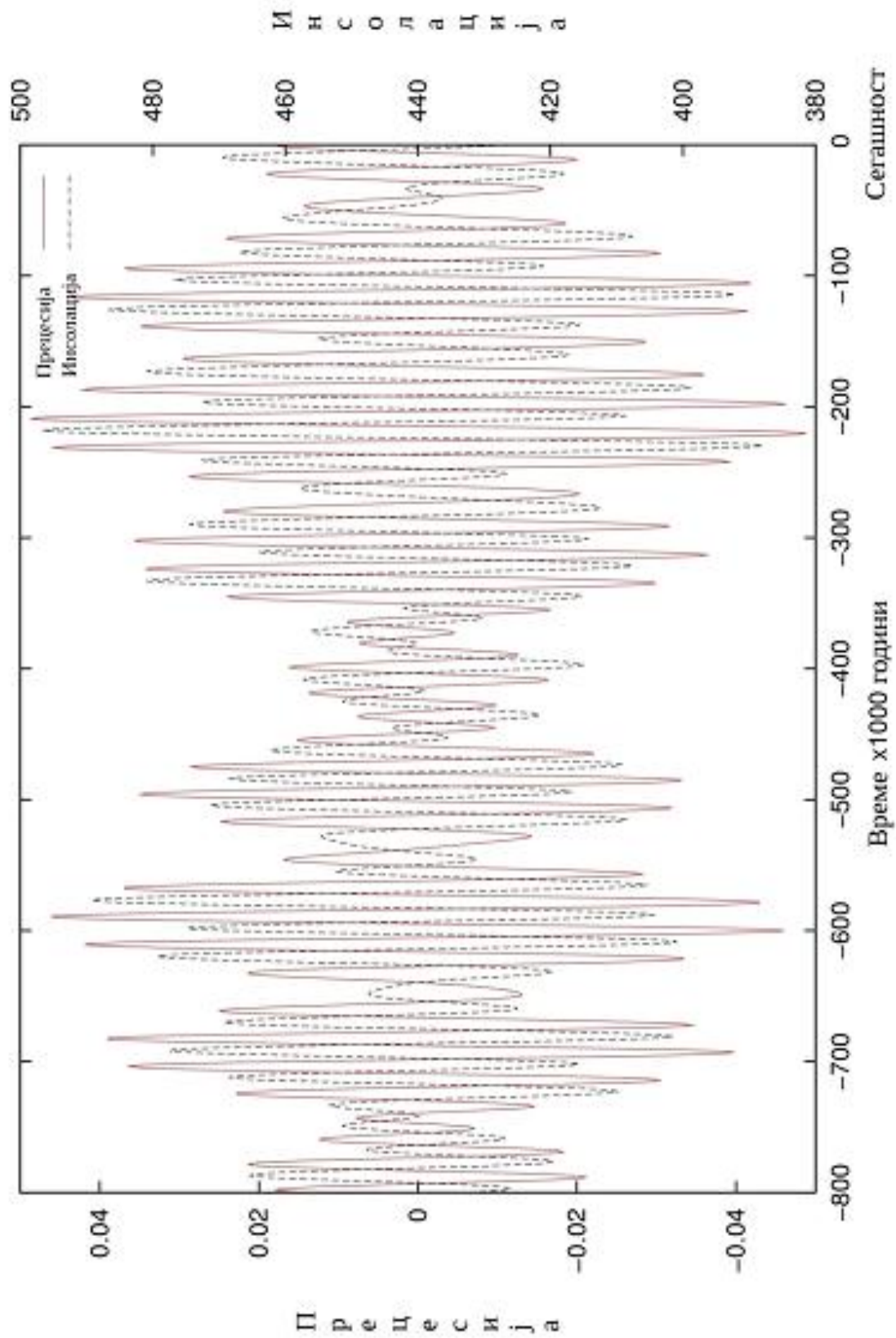


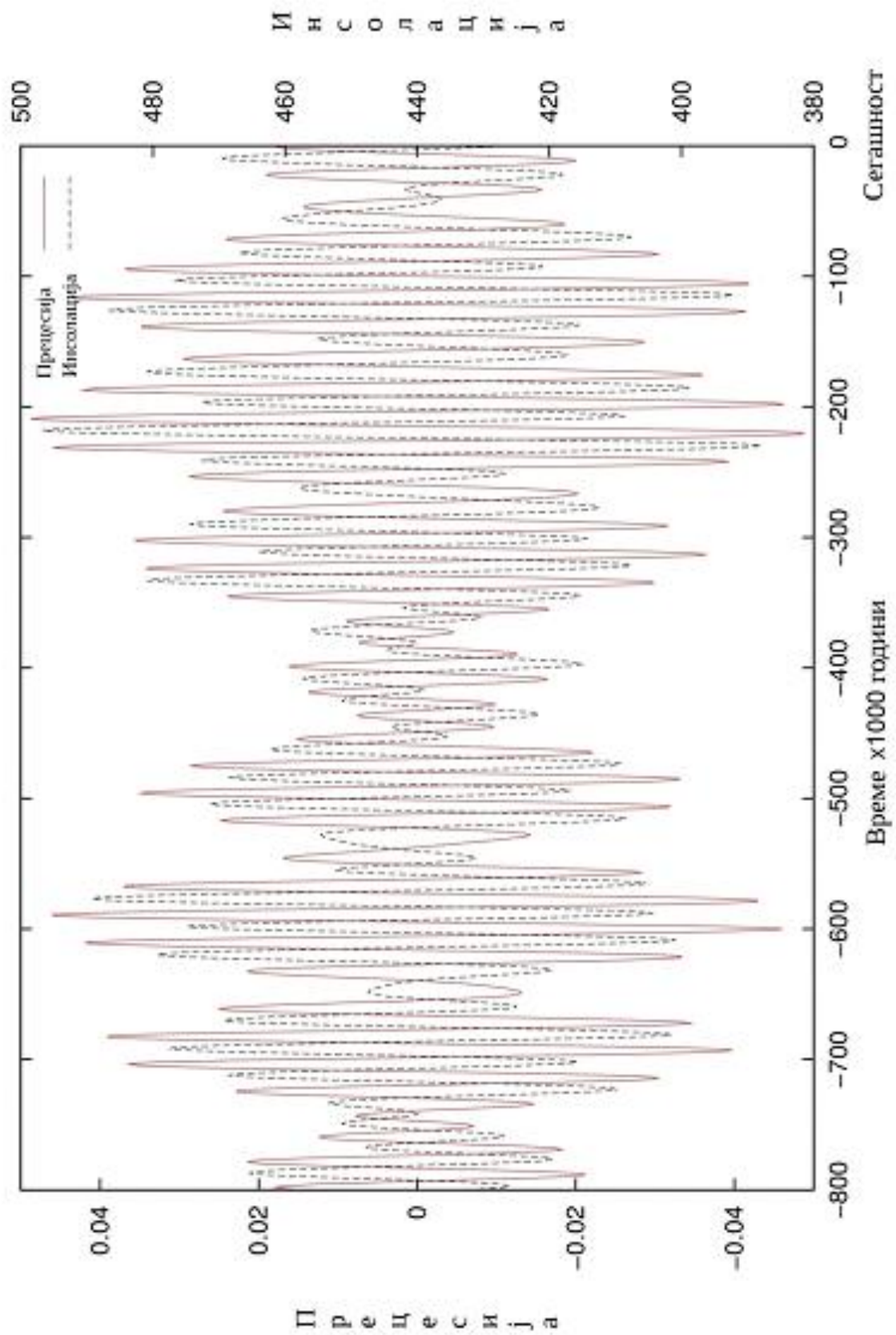




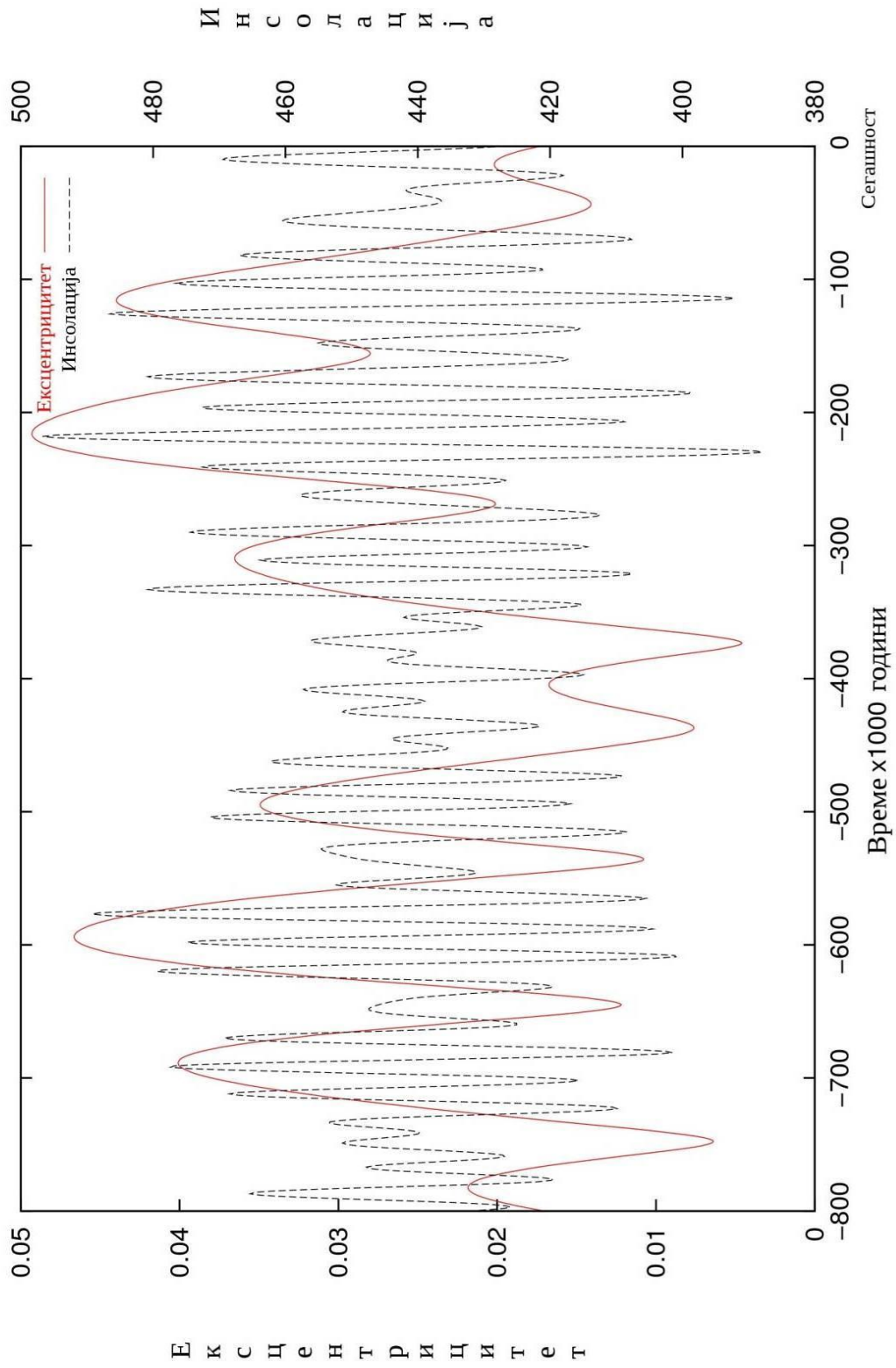


Global mean temperatures are on the rise. Source: NASA 2011, NOAA 2011, UK MetOffice 2011 and JMA 2011.









Noa Paleoclimatology- web page  
<ftp://ftp.ncdc.noaa.gov/pub/data/paleo/insolation/orbit91>

	ECC	OMEGA	OBL	PREC	INSOLATION			
					65NJul	65SJan	15NJul	15SJan
0	0.017236	101.37	23.446	0.01690	426.76	455.58	440.60	470.35
-1	0.017644	84.26	23.573	0.01756	430.12	455.48	442.48	468.57
-2	0.018024	67.23	23.697	0.01662	434.69	454.07	445.62	465.49
-3	0.018376	50.30	23.815	0.01414	440.20	451.57	449.77	461.39
-4	0.018697	33.45	23.923	0.01031	446.28	448.30	454.60	456.65
-5	0.018988	16.68	24.019	0.00545	452.48	444.63	459.67	451.70
-6	0.019249	359.99	24.100	0.00000	458.31	441.00	464.53	446.98
-7	0.019477	343.37	24.163	-0.00557	463.29	437.78	468.75	442.94
-8	0.019674	326.82	24.206	-0.01077	467.00	435.33	471.92	439.91
-9	0.019839	310.32	24.229	-0.01513	469.12	433.88	473.76	438.17
-10	0.019971	293.86	24.229	-0.01826	469.44	433.59	474.08	437.87
-11	0.020071	277.45	24.207	-0.01990	467.92	434.48	472.84	439.05
-12	0.020139	261.07	24.161	-0.01989	464.67	436.45	470.17	441.60
-13	0.020175	244.71	24.093	-0.01824	459.95	439.29	466.28	445.34
-14	0.020180	228.37	24.004	-0.01508	454.12	442.71	461.52	449.93
-15	0.020154	212.04	23.895	-0.01069	447.62	446.33	456.31	455.01
-16	0.020098	195.71	23.769	-0.00544	440.92	449.76	451.09	460.14
-17	0.020012	179.38	23.627	0.00022	434.50	452.58	446.30	464.87
-18	0.019898	163.04	23.475	0.00580	428.77	454.45	442.31	468.80
-19	0.019756	146.69	23.315	0.01085	424.07	455.10	439.45	471.60
-20	0.019589	130.34	23.151	0.01493	420.64	454.36	437.91	473.01
-21	0.019398	113.98	22.989	0.01772	418.62	452.20	437.81	472.93
-22	0.019183	97.61	22.832	0.01901	418.00	448.74	439.11	471.40
-23	0.018948	81.26	22.685	0.01873	418.70	444.19	441.68	468.57
-24	0.018693	64.91	22.553	0.01693	420.51	438.90	445.26	464.73
-25	0.018422	48.60	22.439	0.01382	423.19	433.26	449.54	460.23
-26	0.018136	32.33	22.348	0.00970	426.41	427.67	454.14	455.48
-27	0.017839	16.13	22.282	0.00496	429.86	422.56	458.66	450.88
-28	0.017532	0.00	22.244	0.00000	433.20	418.28	462.73	446.79
-29	0.017218	343.99	22.235	-0.00475	436.19	415.11	466.05	443.52
-30	0.016902	328.11	22.255	-0.00893	438.63	413.23	468.37	441.26
-31	0.016585	312.37	22.305	-0.01225	440.38	412.75	469.59	440.12
-32	0.016272	296.80	22.382	-0.01452	441.42	413.65	469.67	440.11
-33	0.015966	281.42	22.485	-0.01565	441.79	415.84	468.69	441.16
-34	0.015671	266.24	22.610	-0.01564	441.59	419.16	466.81	443.11
-35	0.015390	251.28	22.754	-0.01458	440.95	423.40	464.24	445.76
-36	0.015127	236.54	22.913	-0.01262	440.04	428.30	461.20	448.90
-37	0.014886	222.02	23.082	-0.00997	439.02	433.61	457.94	452.29
-38	0.014672	207.73	23.257	-0.00683	438.04	439.06	454.66	455.72
-39	0.014486	193.65	23.433	-0.00342	437.22	444.41	451.57	458.99
-40	0.014333	179.77	23.605	0.00006	436.66	449.45	448.80	461.94
-41	0.014215	166.06	23.769	0.00342	436.42	453.98	446.48	464.45
-42	0.014134	152.51	23.922	0.00652	436.54	457.86	444.69	466.41
-43	0.014093	139.09	24.059	0.00923	437.05	460.97	443.49	467.76
-44	0.014093	125.77	24.178	0.01143	437.94	463.21	442.91	468.46
-45	0.014133	112.50	24.277	0.01306	439.21	464.53	442.95	468.49
-46	0.014215	99.27	24.353	0.01403	440.82	464.90	443.63	467.86
-47	0.014337	86.04	24.405	0.01430	442.75	464.32	444.91	466.59
-48	0.014498	72.79	24.433	0.01385	444.95	462.83	446.77	464.72
-49	0.014697	59.47	24.437	0.01266	447.35	460.48	449.14	462.32

---

-50	0.014931	46.07	24.416	0.01075	449.88	457.38	451.95	459.48
-51	0.015198	32.57	24.371	0.00818	452.43	453.67	455.08	456.32
-52	0.015495	18.95	24.305	0.00503	454.87	449.50	458.39	452.98
-53	0.015819	5.20	24.218	0.00143	457.06	445.09	461.72	449.63
-54	0.016168	351.31	24.113	-0.00244	458.83	440.65	464.88	446.46
-55	0.016540	337.27	23.992	-0.00639	460.00	436.41	467.65	443.67
-56	0.016931	323.07	23.859	-0.01017	460.41	432.60	469.84	441.46
-57	0.017339	308.72	23.715	-0.01353	459.91	429.44	471.23	440.01
-58	0.017762	294.21	23.565	-0.01620	458.39	427.11	471.67	439.48
-59	0.018198	279.55	23.411	-0.01795	455.80	425.74	471.03	439.98
-60	0.018646	264.74	23.258	-0.01857	452.14	425.42	469.28	441.55
-61	0.019103	249.78	23.108	-0.01793	447.51	426.15	466.45	444.19
-62	0.019569	234.69	22.965	-0.01597	442.09	427.86	462.67	447.78
-63	0.020043	219.48	22.831	-0.01274	436.12	430.40	458.15	452.14
-64	0.020522	204.14	22.710	-0.00839	429.91	433.53	453.19	457.00
-65	0.021008	188.71	22.603	-0.00318	423.84	436.97	448.14	462.02
-66	0.021498	173.17	22.514	0.00256	418.27	440.39	443.37	466.83
-67	0.021993	157.56	22.442	0.00840	413.57	443.44	439.28	471.01
-68	0.022493	141.88	22.391	0.01389	410.07	445.79	436.20	474.19
-69	0.022997	126.14	22.360	0.01857	408.05	447.14	434.43	476.04
-70	0.023505	110.35	22.350	0.02204	407.69	447.29	434.17	476.34
-71	0.024017	94.54	22.360	0.02394	409.08	446.15	435.52	474.99
-72	0.024534	78.70	22.390	0.02406	412.19	443.73	438.46	472.01
-73	0.025055	62.85	22.440	0.02229	416.90	440.19	442.85	467.59
-74	0.025581	47.00	22.507	0.01871	422.94	435.79	448.41	462.03
-75	0.026111	31.16	22.590	0.01351	429.97	430.88	454.79	455.75
-76	0.026646	15.33	22.687	0.00705	437.53	425.88	461.51	449.22
-77	0.027186	359.52	22.797	-0.00023	445.14	421.25	468.08	442.96
-78	0.027731	343.74	22.916	-0.00777	452.26	417.42	473.96	437.45
-79	0.028281	327.98	23.043	-0.01500	458.38	414.79	478.66	433.14
-80	0.028836	312.25	23.175	-0.02135	463.07	413.70	481.76	430.39
-81	0.029395	296.54	23.310	-0.02630	465.99	414.37	482.95	429.45
-82	0.029958	280.87	23.444	-0.02942	466.91	416.92	482.08	430.46
-83	0.030526	265.23	23.576	-0.03042	465.81	421.35	479.15	433.42
-84	0.031097	249.61	23.703	-0.02915	462.80	427.51	474.35	438.18
-85	0.031671	234.01	23.822	-0.02563	458.15	435.13	468.01	444.49
-86	0.032247	218.43	23.932	-0.02004	452.28	443.80	460.58	451.95
-87	0.032825	202.87	24.030	-0.01275	445.69	453.01	452.62	460.06
-88	0.033403	187.31	24.115	-0.00425	438.95	462.17	444.72	468.24
-89	0.033980	171.75	24.184	0.00488	432.63	470.62	437.46	475.87
-90	0.034556	156.19	24.236	0.01395	427.28	477.72	431.41	482.34
-91	0.035128	140.61	24.270	0.02229	423.36	482.88	427.04	487.09
-92	0.035697	125.02	24.285	0.02923	421.23	485.65	424.72	489.67
-93	0.036260	109.41	24.281	0.03420	421.14	485.70	424.68	489.78
-94	0.036816	93.75	24.256	0.03674	423.16	482.93	427.02	487.34
-95	0.037363	78.06	24.212	0.03655	427.23	477.48	431.66	482.44
-96	0.037900	62.32	24.147	0.03356	433.10	469.67	438.39	475.41
-97	0.038424	46.53	24.065	0.02789	440.36	460.05	446.78	466.75
-98	0.038936	30.67	23.964	0.01986	448.47	449.28	456.29	457.12
-99	0.039432	14.74	23.849	0.01003	456.74	438.16	466.22	447.26
-100	0.039911	358.73	23.719	-0.00088	464.41	427.48	475.78	437.94
-101	0.040372	342.64	23.579	-0.01204	470.73	417.99	484.16	429.92
-102	0.040812	326.47	23.432	-0.02254	474.98	410.37	490.57	423.85
-103	0.041230	310.20	23.280	-0.03149	476.59	405.15	494.36	420.26
-104	0.041624	293.85	23.127	-0.03807	475.23	402.69	495.08	419.51
-105	0.041993	277.40	22.978	-0.04164	470.81	403.15	492.54	421.76
-106	0.042335	260.86	22.836	-0.04180	463.53	406.46	486.88	426.93

---

-107	0.042649	244.24	22.706	-0.03841	453.91	412.36	478.53	434.73
-108	0.042933	227.54	22.591	-0.03168	442.67	420.34	468.21	444.59
-109	0.043185	210.78	22.494	-0.02210	430.73	429.72	456.83	455.76
-110	0.043406	193.96	22.420	-0.01047	419.06	439.65	445.39	467.28
-111	0.043592	177.10	22.370	0.00221	408.61	449.21	434.90	478.12
-112	0.043744	160.21	22.346	0.01481	400.23	457.48	426.28	487.25
-113	0.043860	143.31	22.349	0.02621	394.61	463.64	420.25	493.76
-114	0.043940	126.41	22.380	0.03536	392.20	467.10	417.31	497.01
-115	0.043983	109.54	22.438	0.04145	393.21	467.52	417.70	496.65
-116	0.043988	92.71	22.520	0.04394	397.60	464.94	421.39	492.75
-117	0.043954	75.93	22.625	0.04264	405.10	459.67	428.05	485.71
-118	0.043882	59.22	22.750	0.03770	415.17	452.31	437.14	476.26
-119	0.043771	42.59	22.891	0.02962	427.07	443.67	447.89	465.31
-120	0.043622	26.04	23.043	0.01915	439.91	434.64	459.38	453.88
-121	0.043434	9.59	23.202	0.00723	452.72	426.10	470.63	442.96
-122	0.043208	353.23	23.364	-0.00509	464.51	418.84	480.68	433.43
-123	0.042945	336.98	23.523	-0.01680	474.37	413.52	488.69	426.00
-124	0.042644	320.82	23.676	-0.02694	481.60	410.59	494.00	421.16
-125	0.042308	304.76	23.818	-0.03476	485.71	410.29	496.23	419.18
-126	0.041936	288.80	23.945	-0.03970	486.53	412.67	495.28	420.10
-127	0.041531	272.92	24.054	-0.04148	484.15	417.55	491.35	423.77
-128	0.041094	257.12	24.142	-0.04006	478.95	424.58	484.87	429.83
-129	0.040626	241.39	24.207	-0.03567	471.51	433.24	476.47	437.79
-130	0.040129	225.73	24.247	-0.02874	462.57	442.87	466.91	447.02
-131	0.039605	210.14	24.262	-0.01988	452.91	452.74	456.96	456.79
-132	0.039058	194.59	24.251	-0.00984	443.29	462.08	447.40	466.37
-133	0.038488	179.08	24.214	0.00061	434.42	470.18	438.89	475.02
-134	0.037900	163.62	24.154	0.01069	426.86	476.39	431.99	482.12
-135	0.037295	148.18	24.071	0.01966	421.05	480.24	427.11	487.15
-136	0.036677	132.77	23.967	0.02692	417.23	481.44	424.47	489.80
-137	0.036051	117.39	23.847	0.03201	415.52	479.93	424.17	489.92
-138	0.035418	102.02	23.712	0.03464	415.86	475.87	426.13	487.62
-139	0.034783	86.66	23.568	0.03472	418.04	469.59	430.12	483.15
-140	0.034151	71.32	23.417	0.03235	421.77	461.59	435.80	476.94
-141	0.033525	56.00	23.265	0.02779	426.64	452.46	442.72	469.52
-142	0.032910	40.69	23.116	0.02146	432.17	442.86	450.36	461.50
-143	0.032311	25.41	22.974	0.01386	437.90	433.39	458.16	453.45
-144	0.031732	10.16	22.844	0.00560	443.34	424.65	465.57	445.94
-145	0.031178	354.95	22.729	-0.00275	448.07	417.09	472.07	439.44
-146	0.030655	339.78	22.632	-0.01059	451.74	411.11	477.24	434.32
-147	0.030166	324.67	22.557	-0.01744	454.11	406.94	480.77	430.83
-148	0.029717	309.63	22.505	-0.02289	455.06	404.72	482.48	429.11
-149	0.029312	294.66	22.478	-0.02664	454.57	404.47	482.33	429.17
-150	0.028955	279.76	22.476	-0.02854	452.74	406.11	480.42	430.94
-151	0.028650	264.96	22.498	-0.02854	449.75	409.47	476.95	434.23
-152	0.028400	250.23	22.544	-0.02673	445.86	414.32	472.21	438.80
-153	0.028208	235.59	22.611	-0.02327	441.35	420.36	466.55	444.35
-154	0.028075	221.04	22.698	-0.01843	436.54	427.25	460.33	450.54
-155	0.028003	206.56	22.800	-0.01252	431.73	434.65	453.94	457.01
-156	0.027993	192.14	22.915	-0.00589	427.23	442.15	447.75	463.39
-157	0.028043	177.79	23.039	0.00108	423.31	449.40	442.08	469.33
-158	0.028152	163.47	23.169	0.00801	420.22	456.01	437.24	474.48
-159	0.028319	149.18	23.301	0.01451	418.17	461.64	433.49	478.56
-160	0.028542	134.91	23.432	0.02021	417.32	466.01	431.03	481.31
-161	0.028816	120.64	23.557	0.02479	417.81	468.87	430.00	482.55
-162	0.029139	106.36	23.676	0.02796	419.70	470.05	430.51	482.16
-163	0.029506	92.06	23.783	0.02949	422.99	469.49	432.57	480.12

---

-164	0.029913	77.72	23.879	0.02923	427.63	467.21	436.14	476.51
-165	0.030356	63.33	23.960	0.02713	433.46	463.36	441.07	471.50
-166	0.030831	48.89	24.026	0.02323	440.25	458.18	447.15	465.37
-167	0.031333	34.38	24.075	0.01769	447.69	451.99	454.08	458.45
-168	0.031859	19.80	24.107	0.01079	455.38	445.22	461.47	451.17
-169	0.032403	5.15	24.122	0.00291	462.87	438.33	468.86	444.00
-170	0.032963	350.42	24.119	-0.00549	469.64	431.79	475.75	437.41
-171	0.033534	335.60	24.100	-0.01385	475.19	426.07	481.63	431.85
-172	0.034113	320.70	24.064	-0.02161	479.04	421.61	486.02	427.76
-173	0.034697	305.71	24.014	-0.02818	480.80	418.76	488.50	425.47
-174	0.035284	290.63	23.950	-0.03302	480.20	417.76	488.78	425.22
-175	0.035870	275.45	23.873	-0.03571	477.15	418.75	486.73	427.16
-176	0.036453	260.19	23.784	-0.03592	471.71	421.71	482.38	431.25
-177	0.037030	244.83	23.687	-0.03352	464.16	426.50	475.96	437.34
-178	0.037602	229.39	23.582	-0.02854	454.95	432.79	467.91	445.12
-179	0.038164	213.85	23.471	-0.02126	444.67	440.14	458.77	454.09
-180	0.038717	198.22	23.356	-0.01211	434.02	447.95	449.23	463.65
-181	0.039259	182.51	23.240	-0.00172	423.71	455.57	440.00	473.08
-182	0.039789	166.71	23.124	0.00914	414.46	462.26	431.81	481.61
-183	0.040306	150.84	23.011	0.01964	406.92	467.36	425.31	488.49
-184	0.040810	134.88	22.902	0.02892	401.60	470.27	421.05	493.04
-185	0.041300	118.85	22.800	0.03617	398.89	470.57	419.41	494.78
-186	0.041775	102.75	22.707	0.04074	398.99	468.06	420.62	493.44
-187	0.042236	86.59	22.626	0.04216	401.91	462.81	424.69	489.03
-188	0.042682	70.37	22.557	0.04020	407.48	455.14	431.41	481.87
-189	0.043114	54.10	22.502	0.03492	415.30	445.61	440.37	472.50
-190	0.043530	37.79	22.464	0.02668	424.81	434.96	450.93	461.71
-191	0.043933	21.45	22.444	0.01607	435.27	424.04	462.30	450.38
-192	0.044321	5.08	22.442	0.00393	445.83	413.75	473.55	439.47
-193	0.044694	348.70	22.459	-0.00875	455.62	404.90	483.71	429.87
-194	0.045053	332.32	22.496	-0.02093	463.78	398.23	491.86	422.35
-195	0.045399	315.94	22.552	-0.03157	469.59	394.31	497.23	417.52
-196	0.045731	299.58	22.627	-0.03977	472.53	393.49	499.29	415.77
-197	0.046049	283.23	22.719	-0.04483	472.37	395.95	497.81	417.27
-198	0.046353	266.93	22.828	-0.04629	469.16	401.62	492.91	421.94
-199	0.046645	250.66	22.951	-0.04401	463.26	410.22	485.02	429.48
-200	0.046922	234.44	23.086	-0.03817	455.27	421.25	474.83	439.35