



Милутин  
Миланковић

ПУТНИК КРОЗ ВАСИОНУ И ВЕКОВЕ

Milutin  
Milankovitch

A TRAVELER THROUGH  
DISTANT WORLDS AND TIMES

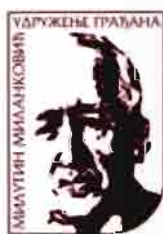


# МИЛУТИН МИЛАНКОВИЋ

ПУТНИК КРОЗ ВАСИОНУ И ВЕКОВЕ

# MILUTIN MILANKOVITCH

A TRAVELER THROUGH DISTANT  
WORLDS AND TIMES



2008

<b>Издавач:</b>	<b>Publisher:</b>
Удружење “Милутин Миланковић”, Београд Завод за унапређивање образовања и васпитања, Београд	Association “Milutin Milankovich”, Belgrade Institute for Improvement of Education, Belgrade
<b>За издавача:</b>	<b>For the publisher:</b>
<b>Славко Максимовић</b>	<b>Slavko Maksimovic</b>
<b>Љубомир Протић</b>	<b>Ljubomir Protic</b>
<b>Текст приредили:</b>	<b>Text prepared by:</b>
<b>Даница Спасова</b>	<b>Danica Spasova</b>
<b>Ђуро Радиновић</b>	<b>Djuro Radinovic</b>
<b>Владо Милићевић</b>	<b>Vlado Milicevic</b>
<b>Славко Максимовић</b>	<b>Slavko Maksimovic</b>
<b>Уредник:</b>	<b>Editor:</b>
<b>Ратомир Пешић Ра</b>	<b>Ratomir Pešić Ra</b>
<b>Превод на енглески језик:</b>	<b>Translation to English language:</b>
<b>Милица Јеремић</b>	<b>Milica Jeremic</b>
<b>Коректор:</b>	<b>Proofreader:</b>
<b>Слађана Грба</b>	<b>Lynne Katcikas</b>
<b>Дизајн:</b>	<b>Design:</b>
<b>Атеље РА, Београд</b>	<b>Atelje RA, Belgrade</b>
<b>www.ateljera.co.yu</b>	<b>www.ateljera.co.yu</b>
<b>Прелом:</b>	<b>Computer setting:</b>
<b>Жељко Хрчек</b>	<b>Željko Hrček</b>
<b>Штампа:</b>	<b>Printer:</b>
<b>МСТ Гајић, Добрачина 73</b>	<b>MST Gajic, Dobracina 73</b>
<b>Београд, 2008</b>	<b>Belgrade, 2008</b>
<b>Друго издање</b>	<b>Second edition</b>
<b>Тираж:</b>	<b>Circulation:</b>
<b>1.000</b>	<b>1.000</b>
<b>ISBN 978-86-910617-0-8</b>	<b>ISBN 978-86-910617-0-8</b>

Приређивачи се захваљују  
професору Федору Месингеру на  
корисним саветима

Editors appreciated to  
Professor Fedor Mesinger for  
useful suggestions

## ПРЕДГОВОР FOREWORD

**М**ноги вероватно замишљају научнике као људе који за писаћим столом или у лабораторијама раде дан и ноћ на монотоним пословима, пропуштајући „оно што живот пружа“ у забавнијем и веселијем виду. За њих животна прича Милутина Миланковића, прелепо приказана на страницама испред читаоца, ће бити знатно друкчија него што очекују!

„Научници су као истраживачи“ је наслов једне од кратких личних историја написаних од стране већег броја научника, објављених у збирци таквих прилога коју је недавно објавио угледни међународни центар близу Трста. Миланковићева прича савршено илуструје ту тврдњу. Поново и поново он би се упуштао у подухвате чији успешан завршетак није био на видуку, па ни загарантован. Али типично, његов избор теме и усредсређеност на тражени циљ, и његове способности како у потребној математици тако и у досетљивости у склапању делова загонетке пред њим, су га доводили до решења значајног проблема којим би одлучио да се бави.

Најдуже овакво Миланковићево путовање се може поредити са путовањима истраживача правог света око нас, Колумба, Васка да Гаме, Магелана, Амундсена. То је био подухват да установи шта се догађа са сунчевим зрачењем након што оно уђе у атмосферу Земље, и како се то мења током стотина миленијума у зависности од промена елементарне земљине путање око Сунца. И затим, како би све то могло да објасни узастопност ледених доба како су се она догађала током последњих пола милиона година земљине историје. То је било путовање од готово тридесет година савладавања препрека ка постављеном циљу – прекиданом повремено догађајима ван Миланковићевог утицаја, или опет успутним излетима ка другим вредним подухватима.

Али при путовањима кроз неистражене пределе, као и у детективским причама, догађају се изненађења. Изненађења

*Probably many people think of scientists as sitting in a study or laboratory toiling away hours on end working on dull chores, while missing out on brighter sides of life. For those, the life story of Milutin Milanković, beautifully put together and masterfully presented on pages in front of you, contains more than one surprise.*

*„Scientists are like explorers“ reads the title of one contribution to a collection of short personal essays written by a number of scientists invited to do so for a book published recently by an international center near Trieste. The Milanković story more than amply illustrates this point. Over and over he would embark on a journey for which a successful outcome was not in sight, and not guaranteed. But typically, his choice of topic, his focus on the objective sought, and his abilities not only in mathematics but also in seeing how the pieces of the puzzle in front of him fit together, would take him to the solution of the important problem addressed.*

*Milanković's longest journey is comparable to real world journeys of Columbus, Vasco da Gama, Magellan, Amundsen: a quest to figure out what happens with solar radiation as it enters the Earth's atmosphere, and how this changes over hundreds of millennia as the Earth's motion in the solar system changes. Furthermore, how does all that explain, if it does, the sequence of ice ages recorded over the last half a million years of the Earth's history. This was a journey of almost 30 years of work toward the objective at hand - interrupted at times with events beyond Milanković's control, or side trips to other worthwhile destinations.*

*But in journeys into unknown territories, just as in detective stories, there tend to be surprises. Unpleasant surprises for the Milanković theory of ice ages started appearing during the sixties of the last century. Geological evidence began to be*

неповољна за Миланковићеву теорију почела су да се догађају током шездесетих година прошлог века, у несугласици геолошких налаза са временима ледених доба како се веровало да су она установљена по седиментима алпских тераса. То су била времена четири ледена доба са именима која су учили напамет чак и ђаци у школама! Али следовало је још једно изненађење: четири ледена доба којима су дата та имена нису се била ни догодила! Анализа седимената са дна океана средином седамдесетих година недвосмислено је међутим показала да заиста „Миланковићеви механизми“ одређују „пулс“ смене ледених доба, како их је Земља преживљавала током последњих пола милиона година.

Миланковић је међутим урадио за науку и више него да установи те важне законитости. Он је био пионер коришћења фундаменталних закона физике и математике у покушајима да се објасни клима и промене климе. То је основни метод који се користи у данашњим напорима да се разуме глобално загревање које се догађа, и које ако не буде ефикасно сузбијено прети да промени живот на Земљи како га ми данас знамо.

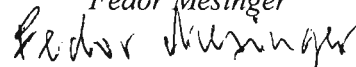
Али по мом мишљењу, топли и истовремено забавни текстови које нам је Миланковић оставио у својим успоменама, романтичним писмима имагинарној пријатељици у књизи „Кроз васиону и векове“, и образовне а и поново романтичне историјске приче о кључним људима „царства науке“, нису ништа мање блистави од његових монументалних доприноса науци. Искрено се надам да ће се читаоци упутити у том смислу и даље од атрактивних страница пред нама, које су толико умешно креирали Даница Спасова, Ђуро Радиновић, Владо Милићевић, и Славко Максимовић. Они који то ураде неће се покајати!

discovered in conflict with his theory as it was believed to explain a record of ice ages presumably seen in Alpine sediments, four ice ages that had names and were taught even in high schools. But another surprise followed: the four ice ages with names were a mistake! Analyses of ocean sediments in the early seventies proved that it is the „Milanković mechanisms” that indeed do explain the sequence of ice ages that the Earth has gone through during the last half a million years.

But there is more to what Milanković has done for science than just figure out these essential relationships. He was the pioneer in using the tools of fundamental laws of physics and mathematics to explain climate. It is these tools that are essential in today's efforts to understand the global warming taking place, that unless effectively addressed threatens to change the life on Earth as we know it.

But in my view, the warm and entertaining texts that Milanković left for us in his memoirs, his romantic letters to an imaginary lady-friend in „Through Distant Worlds and Times”, and his educational, entertaining and again often romantic historic fiction stories on the key people of the „Kingdom of Science” are no less beautiful than his monumental contribution to the actual science. Some of it is available in English in the book „Milutin Milanković 1979-1958” prepared by his son Vasko and published by the European Geophysical Society. I strongly hope that readers will be enticed to venture in this direction beyond these admiring pages in front of us, put together so skillfully and attractively by Danica Spasova, Djuro Radinović, Vlado Milićević, and Slavko Maksimović. Those who do, will find it really worthwhile!

Fedor Mesinger



Федор Месингер  
Fedor Mesinger

# САДРЖАЈ CONTENTS

ПРЕДГОВОР	FOREWORD.....	5
УВОД	INTRODUCTION .....	6
ОБЕЛЕЖЈА И ПРИЗНАЊА	AWARDS AND RECOGNITIONS.....	7
1. ДЕТИЊСТВО И ШКОЛОВАЊЕ	CHILDHOOD AND EDUCATION .....	11
1.1. Породица и детињство	Family and childhood .....	11
1.2. Школовање у Осиеку	Education in Osijek.....	18
1.3. Матурантски састанак у Београду	Graduation Meeting in Belgrade.....	19
1.4. Школовање у Бечу	Education in Vienna .....	20
1.5. Први српски доктор техничких наука	The First Serbian Doctor of Technical Sciences.....	22
2. ГРАЂЕВИНСКА ПРАКСА	CIVIL ENGINEERING PRACTICE.....	25
2.1. Рад у Бечу и Србији	Work in Vienna and Serbia.....	25
2.2. Патенти	Patents.....	26
3. НАУЧНИ РАД НА БЕОГРАДСКОМ УНИВЕРЗИТЕТУ	SCIENTIFIC WORK ON BELGRADE UNIVERSITY .....	29
3.1. Долазак на Београдски универзитет	Arrival to Belgrade University.....	29
3.2. Рад на астрономској теорији	Work on Astronomic Theory.....	32
3.3. Сарадња Миланковића, Кепена и Вегенера	Cooperation of Milankovitch, Köppen and Wegener .....	54
3.4. Реформа јулијанског календара	Reform of the Julian calendar.....	60
3.5. Кроз васиону и векове	Through Distant Worlds and Times .....	61
3.6. Нови резултати астрономске теорије климатских промена	New results of the astronomic theory of climate changes.....	63
3.7. Канон осунчавања Земље	Cannon of Insolation of the Earth.....	63
4. ЖИВОТНИ ПУТ И ПОТВРДА ТЕОРИЈЕ	LIFE AND RECOGNITION OF THE THEORY .....	67
4.1. Путник кроз васиону	Traveler through Distant Worlds .....	67
4.2. Докази и потврда Миланковићеве теорије	Proofs and confirmations of Milankovitch's theory .....	69
5. ЛИТЕРАТУРА	LITERATURE .....	72

## УВОД

Са проучавањем васионе и планете Земље као њеног дела бавили су се највећи умови света. Довољно је да поменемо Галилеја, Кеплера и Коперника. Један међу њима, који спада међу највеће научнике 20. века је и Милутин Миланковић.

Миланковић је дао два фундаментална доприноса светској науци. Први допринос представља „Канон осунчавања Земље“, којим су одређене климе свих планета Сунчевог система. Други допринос је објашњење промена климе на Земљи условљених променама положаја Земље у односу на Сунце. Тиме су објашњена ледена доба која су се десила у геолошкој прошлости Земље, као и климатске промене на Земљи које се могу очекивати у будућности.

То су разлози који указују да треба детаљније да упознамо живот и дело Милутина Миланковића, што је циљ ове брошуре.

## INTRODUCTION

The greatest minds of the world studied space and the planet Earth as a part of it; it suffices to mention only Galileo, Kepler and Copernicus. Milutin Milankovitch is among them ranking as one of the greatest scientist of the XX century.

Milankovitch gave two fundamental contributions to global science. The first contribution is the „Canon of the Earth's Insolation“, which characterizes the climates of all the planets of the Solar system. The second contribution is the explanation of climate change on the Earth caused by changes in the position of the Earth in comparison to the Sun. This explained the ice ages occurring in the geological past of the Earth, as well as the climate changes on the Earth which can be expected in the future.

These are the reasons indicating that we should study more closely the life and work of Milutin Milankovitch, which is the purpose of this brochure.



Родна кућа Милутина Миланковића у Даљу  
Native house of Milutin Milankovitch in Dalj



## ОБЕЛЕЖЈА И ПРИЗНАЊА

**М**илутин Миланковић спада у великане светске науке 20. века. О каквом великану је реч, и са чиме може да се поноси српски народ и свет када изговара његово име нека послужи следећи подаци.

Миланковићу у част једном кратеру на тамној страни Месеца дато је његово име. Ово је званично усвојено на конгресу Међународне астрономске уније 1970. године у Брајтону (Енглеска). Иста та организација је у Сиднеју (Аустралија) 1973. године донела одлуку да се и на Марсу једном кратеру да име Миланковић.

Једно небеско тело, планетоид, којег су открили српски астрономи Протић и Ђурковић носи име 1605 Миланковић. Налази се у астероидном појасу и можда баш тамо обитава Милутинова душа.

На Колумбија универзитету 1982. године одржан је светски симпозијум под називом „Миланковић и клима“, а у Белгији у

## AWARDS AND RECOGNITIONS

**М**ilutin Milankovitch belongs amongst the great men of world science of the XX century. The following data can illustrate his greatness and the pride that his name evokes among Serbian people and the world.

In honor of Milankovitch, a crater on the dark side of the Moon was named after him. The name was officially adopted on the Congress of International Astronomic Union in Brayton (England) in 1970. The same organization decided in Sidney (Australia) in 1973 to give the name of Milankovitch to one crater on the Mars too.

Acelestialbody, a planetoid, discovered by the Serbian astronomers Protic and Djurkovic bears the name 1605 Milankovitch. It is in the asteroid belt and maybe his soul dwells just there.

A world symposium with the topic „Milankovitch and Climate” was held on Columbia University and an exhibition devoted to Milankovitch was organized in Lowen-la-Neuf in Belgium in 1988.



Милутин Миланковић (1879-1958)  
Milutin Milankovitch (1879-1958)



**Кратер на Марсу који носе име Милутина Миланковића  
Crater on the Mars bearing the name of Milutin Milankovitch**

Лувен-ла-Неву 1988. године организована је изложба посвећена Миланковићу.

Европско геофизичко друштво (EGS) установило је медаљу „Милутин Миланковић” 1993. године. Она се додељује научницима за изузетне заслуге у дугопериодичном проучавању и моделирању климе. Од 2003. године ова медаља се додељује од стране Европске уније за геонауке (EGU).

У једну од својих тема Међународни програм геолошке корелације (IGCP) уврстио је Миланковићеву теорију климатских колебања.

Академски сенат Велике техничке школе у Бечу је 1954. године поводом 50-годишњице проглашења доктором техничких наука доделила Милутину Миланковићу златну докторску диплому за успешан рад на развоју техничких наука и подизању угледа те велике школе.

У својој земљи дуго је био оспораван или чак и заборављен. Ипак, после периода неразумевања наступило је ново време и сазревање сазнања да је у питању генијални научник. Тек тада дошла су и признања.

The European Geophysical Society (EGS) established a medal „Milutin Milankovitch” in 1993. It is awarded to scientists for exceptional merits in extended climate study and modeling. Since 2003, this medal has been awarded by the European Geosciences Union (EGU).

The International Geological Correlation Program (IGCP) included Milankovitch’s theory of climate variation as one of its topics.

On the occasion of the 50th anniversary of being awarded the title of the Doctor of Technical Sciences, the Academic Senate of the High Technical School in Vienna awarded Milutin Milankovitch a gold doctoral diploma for successful work on the development of technical sciences and upgrading the reputation of the high school.

In his own country, he was disputed for a long time and even forgotten. Nevertheless, after a period of misunderstanding, the time changed and the knowledge that he is a genius prevailed. Only then, came recognition.

On the occasions of his 100th (in 1979) and 125th (in 2004) birth anniversary inter-

Поводом стогодишњице (1979. године) и стодвадесетпетогодишњице (2004. године) рођења, у Београду су одржани међународни научни скупови посвећени животу и делу Милутина Миланковића у организацији Српске академије наука и уметности.

На Рударско-геолошком факултету 1999. године одржан је први домаћи симпозијум под називом „Миланковић – јуче, данас, сутра”.

Две школе у Београду, Средња геолошка и хидрометеоролошка школа и Приватна гимназија носе име Милутин Миланковић.

Данас се бивши Трећи булевар на Новом Београду зове „Булевар Милутин Миланковић”.

national scientific meetings dedicated to the life and work of Milutin Milankovitch were held in Belgrade organized by the Serbian Academy of Science and Art.

On the Mining-Geological Faculty, the first national symposium was held in 1999 with the topic „Milankovitch-yesterday, today, tomorrow”

Two schools in Belgrade bear the name of Milutin Milankovitch – the Secondary Geological and Hydrometeorological School and a private high school.

The street formerly named the Third Boulevard in Novi Beograd is now named „The Boulevard of Milutin Milankovitch”

Astronomic Society in Zrenjanin bears the name „Milutin Milankovitch”.



**Златна докторска диплома Милутина Миланковића  
Gold Doctoral Diploma of Milutin Milankovitch**

Астрономско друштво из Зрењанина носи назив „Милутин Миланковић”.

Поводом обележавања 120 година Метеоролошке опсерваторије у Београду, 2007. године, основан је Национални центар за климатске промене Србије који носи име Милутина Миланковића.

Завод за уџбенике и наставна средства Србије штампао је 1998. године Издабрана дела Милутина Миланковића у седам књига. Међу њима по први пут налазио се „Канон осунчавања Земље и његова примена на проблем леденог доба” на српском језику.

Коначно, и родна кућа Милутина Миланковића у Даљу је реновирана заједничком акцијом Влада Србије и Хрватске и постала Међународни научни центар.

Све што је набројано није и коначно. Миланковић заслужује и више, али то ће долазеће време, нарастајућа свест и нове генерације да исправе.

Наведени примери недвосмислено показују да је Миланковићево дело из домена вечности, како је то предвиђао сам научник. Колико је Миланковић био сигуран у своју теорију најбоље сведоче редови из његове непоновљиве књиге „Кроз васиону и векове”.

On the occasion of the celebration of 120 years of Meteorological Observatory in Belgrade, the National Center for Climate Changes of Serbia was established with the name of Milutin Milankovitch.

In 1998, the Institute for Textbooks and Teaching Material of Serbia printed „Selected Works of Milutin Milankovitch” in seven books. For the first time „Canon of Earth’s Insolation and its application to the problem of the ice ages” was included among them.

Finally, the native house of Milutin Milankovitch in Dalj has been renovated in a joint action of the Governments of Serbia and Croatia and became an International Scientific Center.

The abovementioned list is not final. Milankovitch deserves even more and in time to come growing awareness and new generations will rectify it.

The mentioned examples undoubtedly indicate that the work of Milankovitch belongs to eternity, as envisaged by the scientist himself. Paragraphs from his unique book „Through Distant Worlds and Ages” give the best evidence of Milankovitch’s belief in his theory.



**Обновљена родна кућа Милутина Миланковића у Даљу**  
**Restorated native home of Milutin Milankovitch in Dalj**

# 1. ДЕТИЊСТВО И ШКОЛОВАЊЕ

# CHILDHOOD AND EDUCATION

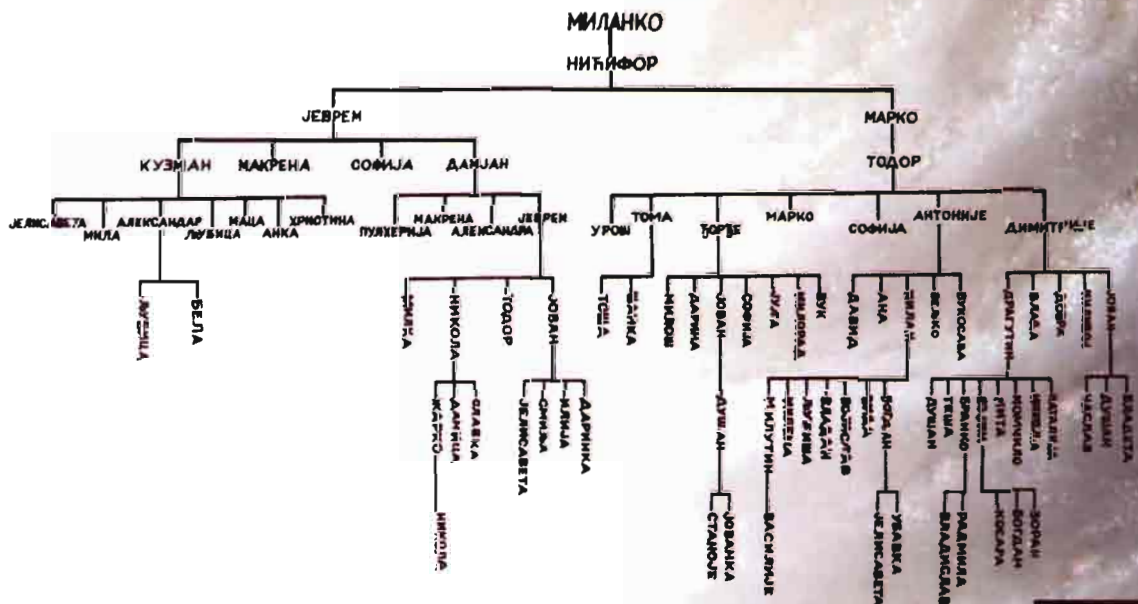
## 1.1. Породица и детињство

## Family and childhood

**З**бог подршке аустријској војсци, у аустро-турским ратовима у другој половини 17-ог века, српски народ је био присиљен да често напушта своје вековно огњиште и да се, уз сагласност аустријских власти, насељава у панонску равницу. У једној од таквих сеоба, под вођством патријарха Арсенија III Чарнојевића, 1690. године, на обалу Дунава у место Даљ, доселили су се са Косова и преци Милутина Миланковића.

**B**ecause of their support of the Austrian Army in the Austrian-Turkish wars in the second half of the 17th century, Serbian people were often forced to leave their ancient hearth and to settle, with the approval of the Austrian authorities, in the Pannonian plain. In one such migration under the leadership of the Patriarch Arsenije III Carnojevic in 1690, ancestors of Milutin Milankovitch migrated from Kosovo and settled in the place Dalj on the banks of the Danube River.

### РОДОСЛОВ МИЛАНКОВИЋА ОД 1690 ДО 1940 ГОД.



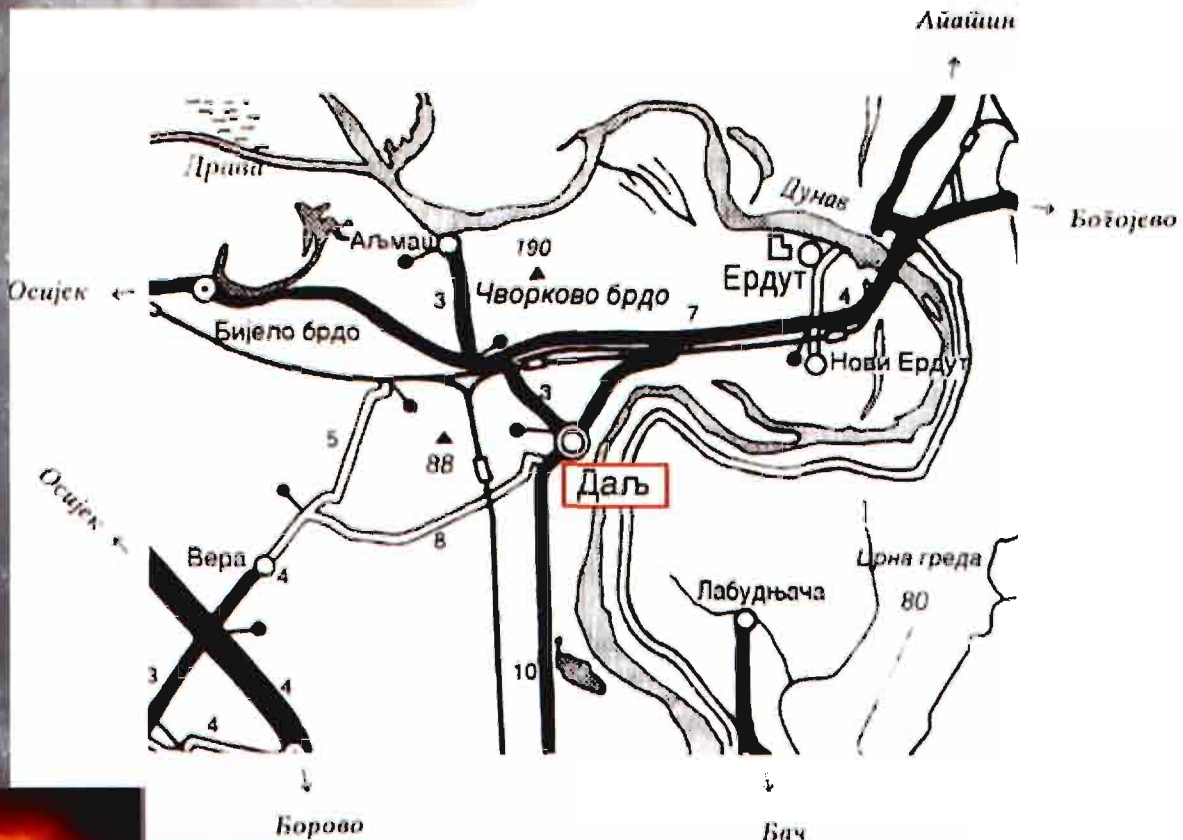
Родослов Миланковића од 1690. до 1940. године  
Genealogy of Milankovitch family since 1690 to 1940

Тај део српскога народа, одвојен државним границама од осталих својих сународника, живео је својим засебним животом. Но, упркос тим границама, духовне везе Срба Аустријске монархије са осталим деловима српског народа биле су врло јаке, и ти „пречански“ Срби играли су значајну улогу у духовном и културном развоју целога Српства. Оданде су дошли у Србију први наставници њихових школа и положили темеље и осталим васпитним заводима и просветним установама.

Породица Миланковић, не само да је била једна од најстаријих, већ и једна од највиђенијих српских породица која се населила на обале Дунава. Својим способностима и тежњама ка вишем, Миланковићи се попеше у ранг интелектуалаца и факултетлија већ својим т р е ћ и м коле-

This part of the Serbian folk was separated by state borders from the others and lived its own separate life. However, despite such borders, spiritual links of Serbs from the Austrian monarchy with the other parts of Serbian people were very strong and these Serbs „of beyond” played a significant role in the spiritual and cultural development of all Serbs. First teachers came to Serbia from there and laid the foundation for schools and other institutions for education and upbringing.

Milankovitch family was not only one of the oldest, but also one of the most prominent Serbian families to settle on the banks of the Danube. The capabilities of the Milankovitch family and their efforts aimed at higher values raised them to the rank of intellectuals and academics already in their



Насеље Далј на десној обали Дунава  
Town Dalj on the right bank of the Danube



### АСТРОНОМСКИ ПРЕГЛЕД

#### КЛИМА НА ПЛАНЕТАМА.

Питање, да ли и на другим планетама може да се нађе живот, или да је негде постоји, једно је од најважнијих питања које се данас постављају. Да би се одговорило на ово питање, неопходно је да се упитају о могућности или немогућности постојања живота на другим планетама. Да се одговори на ово питање, неопходно је да се упитају о могућности или немогућности постојања живота на другим планетама. Да се одговори на ово питање, неопходно је да се упитају о могућности или немогућности постојања живота на другим планетама.

Питање о животу на другим планетама једно је од најважнијих питања које се данас постављају. Да би се одговорило на ово питање, неопходно је да се упитају о могућности или немогућности постојања живота на другим планетама. Да се одговори на ово питање, неопходно је да се упитају о могућности или немогућности постојања живота на другим планетама.

Друго питање које се поставља је да ли је у срединама других планета могуће постојање живота. Ово питање је једно од најважнијих питања које се данас постављају. Да би се одговорило на ово питање, неопходно је да се упитају о могућности или немогућности постојања живота на другим планетама.

Питање о животу на другим планетама једно је од најважнијих питања које се данас постављају. Да би се одговорило на ово питање, неопходно је да се упитају о могућности или немогућности постојања живота на другим планетама.

Друго питање које се поставља је да ли је у срединама других планета могуће постојање живота. Ово питање је једно од најважнијих питања које се данас постављају. Да би се одговорило на ово питање, неопходно је да се упитају о могућности или немогућности постојања живота на другим планетама.

Питање о животу на другим планетама једно је од најважнијих питања које се данас постављају. Да би се одговорило на ово питање, неопходно је да се упитају о могућности или немогућности постојања живота на другим планетама.



ном. Милутинов прадеда Тодор је свршио правне науке. Из ове породице потекао је низ угледних и учених људи, међу којима се посебно истичу Урош Миланковић, филозоф природе, Андрија Радовановић, главни инжињер фабрике „Шкода“, Милутинов отац Милан, трговац и земљопоседник и други.

У својој биографији Милутин Миланковић наводи: „Године 1878. мој отац Милан оженио се мојом мајком Јелисаветом из познате српске породице Муачевић. Идуће 1879. године бог им је подарио близанце, моју сестру Милену и мене, а затим још петоро деце“.

Милутинов отац био је вредан, образован и предузимљив човек. Држао

third generation. Milutin's great grandfather, Todor, graduated in Law. A series of respectable and educated individuals belonged to this family, the most prominent being Uros Milankovitch, a natural philosopher, Andrija Radovanovic, chief engineer in the factory Skoda, Milutin's father Milan, a trader and landowner, etc.

In his autobiography, Milutin Milankovitch wrote: „In the year 1878, my father Milan married my mother Jelisaveta from the prominent Serbian family Muacevic. In the next year, 1879, God gave them twins, my sister Milena and me, and then a further five children.“

Milutin's father was a hardworking, educated and enterprising man. He had a



Панорама Даља (Извор: Часлав Оцић, приватна архива)  
View of Dalj (Source: Chaslav Ocic, private Archive)





**Родитељи Милутина Миланковића: отац Милан и мајка Јелисавета**  
**Parents of Milutin Milankovitch: father Milan and mother Jelisaveta**

је добро уређену трговачку радњу и бавио се земљорадњом. Одушевљен пољопривредном науком, успешно је примењивао на свом поседу нове научне методе у обрађивању земљишта и модерне машине. Имао је богату библиотеку и предано се бавио образовањем малог Милутина, налазећи узор и инспирацију у популарном делу „Емил“ просветитеља Жан-Жак Русоа.

Но, мали Милутин је, за разлику од Русовљевог Емила и од своје браће и сестара, био слабуњаво и болешљиво дете. До пете године је преболео и дифтерију и запаљење плућа. У вези са тим Милутин каже:

*„Изгледа ми несумњиво да је моја слаба физичка конструкција имала за последицу да су се моје духовне способности развијале брже но код друге деце, па да сам у том погледу сазрео пре времена“.*

well organized trade shop and dealt in agriculture. He was an enthusiast of agricultural science and successfully applied new scientific methods in land cultivation and advanced machines on his land. He had a rich library and was devoted to the education of small Milutin, finding example and inspiration in the popular book „Emil“ by the adherent of the Enlightenment Movement, Jean Jacques Rousseau.

However, unlike Rousseau's Emil and his brothers and sisters, little Milutin was a weak and sickly child. Before reaching the age of five, he had already had diphtheria and pneumonia. Commenting on this, Milutin said:

*„It seems that my weak physical constitution undoubtedly had as a consequence the faster development of my spiritual capabilities in comparison to other children, so I matured in that sense well before my time“.*

Сва његова дотадашња дечја занимања и забаве биле су, углавном, духовне природе. Вероватно да је томе био узрок његово слабашно тело, неспособно за физичке напоре. Зимогрожљивост и стална бојазан од прехладе вероватно су га касније усмерили на проучавање ледених доба, на испитивање узрока хладноће на Земљи и, што је за науку најважније, могућност да се предвиди, и то што тачније. Отуд обраћање за помоћ математици за наступање новог леденог доба, како би се упозориле остале науке, а с њима и техника, да предузму све не би ли се човечанство оспособило да преживи наступајућу катаклизму. Већ је као дечачић сањао о томе да читавом човечанству буде лепо и топло као њему у наручју гувернанте Зорке.

Родитељи су рано открили Милутинову надареност за математику. Поред математике, отац је Милутину тумачио разне слике и фигуре, учио га да их премерава и прецртава, и читао му епске песме.

Отац Милутинов је умро 27. октобра 1886. године, и од тада је сву бригу о њему преузео ујак Василије Муачевић, који ће му до краја живота помагати у сваком погледу.

У родном Даљу, Милутин је завршио основну школу приватно, а школовале су га гувернанте. Једна од њих била је Зорка које се Милутин радо сећа, јер га је учила првим знањима, па каже:

*„Нисам волео да учим као папагај, већ сам све желео да прозрем својим духовним оком. Наша драга гувернанта Зорка је то опазила и помагала ми у томе! Тумачила ми је шта су екватор, полови, упоредници и меридијани. Она ми је усадила љубав према грчкој митологији коју је изванредно познавала“.*

Можда у овим првим знањима стеченим у Даљу леже

All his childhood interests and amusements were mostly of an intellectual nature. A possible reason for this was that his weak body did not allow for physical efforts. His sensitivity to cold temperatures and constant fear of sickness probably later directed him to study the ice ages, to research not only the causes of cold on the Earth, but also the possibility of forecasting them as accurately as possible, this being the most important for science. Thus, he turned to mathematics for help in forecasting new ice ages in order to warn other sciences together with technics, so that everything could be undertaken to make humanity capable of surviving the forthcoming cataclysm. Even as a little boy, his dream was that all mankind should be fine and warm as he was in the arms of his governess Zorka.”

Milutin's parents discovered his talent for mathematics in his early age. In addition to mathematics, his father explained to him various figures and bodies, taught him to measure and copy them and read epic poetry to him.

Milutin's father died on the 27th of October 1886 and from that time on his uncle, Vasilije Muacevic, took all care of him and continued to support him in everything until the end of his life.

In his native Dalj, Milutin finished private primary school and governesses taught him at home. One of them was Zorka who Milutin had fond memories of because she was his first teacher, as he says:

*„I did not like learning like a parrot, but wanted to clarify everything with my spiritual eye. Our dear governess Zorka noticed that and she helped me with it. She explained to me the equator, poles, latitude and longitude. She had excellent knowledge of Greek mythology and she made me love it too.“*

The causes of Milankovitch's constant turning to his roots and the beginnings of all

корени сталног Миланковићевог освртања на своје корене и почетке свих људских знања и првих наука дарованих свету.

То је било време када је Милутин велики део свог слободног времена проводио крај Дунава и када се родила трајна и безгранична љубав Милутина према рајској реци Фисон. Дунав је својом величином и својим током постао опсесија времена и простора за Миланковића. Рођен крај Дунава, проживевши читав живот у близини или непосредно на њему, Миланковић га је обожавао, и то изразио следећим речима:

*„Цео мој живот прошао је крај велике реке. У младости, јутром сам гледао Дунав како откида комаде очеве земље. Студентске дане у Бечу провео сам крај њега. Са Капетан Мишиног здања Београдског универзитета често сам гледао на Дунав у пролеће и у јесен. У изгнанству, у Пешти, њиме сам се тешио. Ево ме под старост опет крај Дунава...“*

human knowledge and first sciences given to the world might lie in this first knowledge acquired in Dalj.

That was the time when Milutin spent major parts of his free time along the Danube and when he developed his lasting and infinite love to the heavenly River Fisson. The Danube with its magnitude and its flow became to Milankovitch an obsession of time and space. Born near the Danube and living his whole life in its vicinity or directly on it, Milankovitch adored it, as he expressed in the following words:

*„My whole life was spent along the great River. In my youth, I would watch the Danube in the morning, how it cuts off pieces of my father's land. I spent my student days in Vienna on its banks. From the building „Kapetan Misino zdanje“ of the Belgrade University, I would often watch the Danube in spring and in autumn. It consoled me in my exile in Pesta. And now in my old age I am again here along the Danube...“*



**Поглед на Дунав са породичног имања Миланковић  
(Извор: Часлав Оцић, приватна архива)  
View of the Danube from the family estate of Milankovitch  
(Source: Chaslav Ocic, private Archive)**

## 1.2 Школовање у Осијеку

Реалку је Миланковић похађао у Осијеку. Већ на крају првог семестра Миланковић је заузео место првог ђака у разреду и тај положај је задржао за време целог школовања.

О начину учења, Миланковић сам каже: „Исти метод да лекцију пажљиво прочитам, разумем њен садржај и саопштим га професору својим речима, примени сам код свих предмета, а својим одговорима задовољио сам све своје наставнике“.

У то време, Миланковић упознаје једног правог инжењера и проналазачика-Андрију Радовановића који је својим проналасцима у Шкодиној фабрици топова у Плзењу прибавио светски глас. Гутао је његове приче о инжењерском позиву и животу.

После сусрета са чика-Андријом и прочитаних написа о посети Николе Тесле Београду, Милутин је почео да машта о томе како би то било дивно да постане проналазач или инжењер као чика-Андрија или Никола Тесла!

У Реалци у Осијеку предавао је математику један млади, 28-годишњи српски наставник, доктор филозофије, математи-

## Education in Osijek

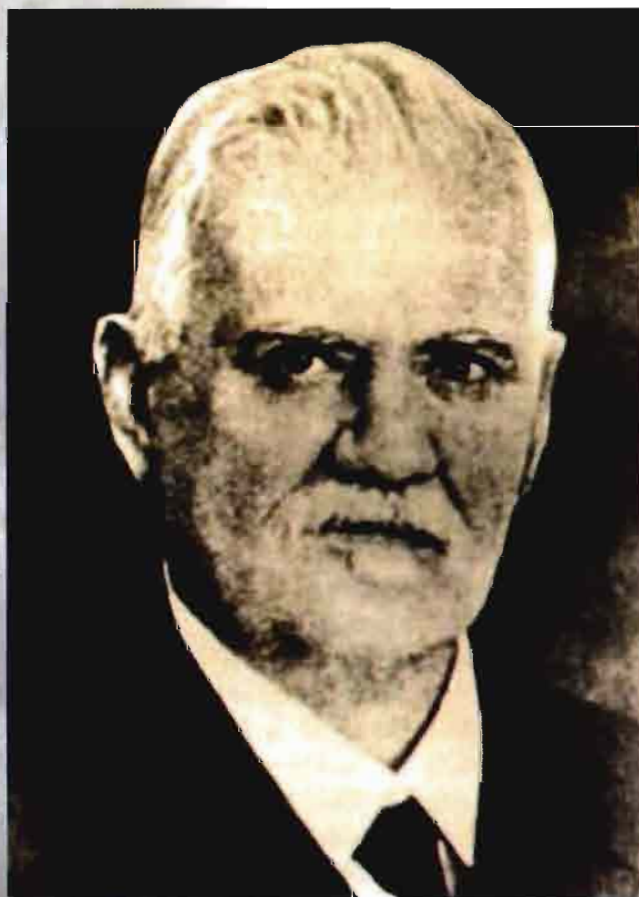
Milankovitch attended the high school, Realka, in Osijek. Already at the end of his first semester, Milankovitch became the best student in his class and kept the position until the end.

Milankovitch wrote this about his way of studying: „In all subjects I used the same method of carefully reading the lesson, understanding its content and retelling it to the teacher in my own words and all teachers were satisfied with my answers.“

At that time, Milankovitch met a real engineer and inventor, his uncle Andrija Radovanovic whose inventions in the Skoda cannon factory in Pilzen brought him world recognition. Milankovitch would devour his stories about an engineer's profession and life.

After meeting his uncle Andrija and reading articles about the visit of Nikola Tesla to Belgrade, Milutin started imagining how wonderful it would be if he could become an inventor or engineer like his uncle Andrija or Nikola Tesla!

In the Realka high school in Osijek, the teacher of mathematics was the young, 28 years old Serbian, Doctor of Philosophy, mathematician Vladimir Varicak



Владимир Варићак ( 1865-1942)  
Vladimir Varicak ( 1865-1942)

чар – Владимир Варићак, који је учивши посебне Милутинове склоности за математику, имао велике заслуге у његовом опредељивању за позив научника. За њега Миланковић каже:

*„Учио ме је да егзактно мислим и јасно се изражавам. Развијао је моју математичку довитљивост и васпитавао ме у њеној елеганцији. Код њега сам стекао солидна знања, потребне самокритике и полетна самопоуздања. Оспособио сам се да будем самоук, а да при томе моје знање не покаже пукотина и празнина, већ да буде сигуран хомоген темељ на којем се може зидати спрат за спратом“.*

who noticed Milutin's special inclination to mathematics. He had a great influence in Milutin's choice of scientific vocation. Milankovitch wrote about him:

*„He taught me to think exactly and speak clearly. He developed my mathematical ingenuity and developed its elegance in me. From him I acquired solid knowledge, the necessary self-criticism and zealous self-confidence. I was enabled to be self-taught without gaps and blanks in my knowledge, but with a solid homogeneous foundation that could stand multiple floors built upon it.“*

### 1.3. Матурантски састанак у Београду

Миланковић је матурирао 1896. године као најбољи ђак Реалке у Осијеку, и као представник Срба-матураната из Аустријске монархије учествује на састанку свршених матураната Краљевине Србије. Обилазак Велике школе у Београду оставио је на Миланковића дубок утисак, који је изразио следећим речима:

*„Осетих да се велике идеје могу родити и у уским срединама и да величина и сјај колевке не одређују судбину новорођенчета. Тај кратки боравак у Београду постаде, тринаест година доцније, узрок моме пресељењу у Београд, где се одигра већи део мога живота и научничког рада“.*

### Graduation Meeting in Belgrade

Milankovitch graduated in 1896 as the best pupil of the Realka High School in Osijek and participated, as a representative of Serbian high school graduated students from the Austrian monarchy, at the meeting of all graduate students in the Kingdom of Serbia.

The tour of the High School in Belgrade greatly impressed Milankovitch and he expressed it in the following words:

*„I felt that great ideas can be created even in minor communities and that the size and luxury of the cradle does not define the fate of the new born. That short stay in Belgrade caused, thirteen years later, my moving to Belgrade where the major part of my life and scientific work would take place.“*

## 1.4. Школовање у Бечу

Породица је желела да Милутина усмери на неку високу пољопривредну школу, јер је требало обезбедити вођење великог имања. Сам Милутин желео је да студира електротехнику, али, како такве школе тада није било у Бечу, одлучио се за студије грађевине.

Милутинов рођак Веселин, који је годину дана раније отишао у Беч на студије технике, знатно је допринео да Милутин донесе своју животну одлуку о наставку школовања у Бечу. „Причао ми је о Бечкој Политехници и њеним професорима светског гласа, а нарочито о професору математике Емануелу Чуберу. И Варићак ми је потврдио да је Чубер најбоља школа математике и да ћу код њега много научити, а да ће ми техника пружити широке примене за своја математичка знања“.

*„Коцка је пала: одлучих да пођем у Беч, да будем ђак професора Емануела Чубера!“*

Петог октобра 1896, Милутин са Веселином одлази у Беч.

Треће године студирања у Бечу Миланковић је схватио да ће своје школовање завршити без велике муке, па одлучи да се посвети ширем образовању но што га је школа давала. Пуну пажњу посвећује бечким монументалним грађевинама, полагао схватајући сву лепоту архитектуре. Обилази бечке музеје и галерије слика, где среће и упознаје познатог српског сликара Пају Јовановића. У вечерњим часовима чита дела лепе књижевности или одлази у позориште или оперу. У познатој бечкој кафани „Кафе Елизабетрике“ проводио је дневно по сат или два читајући новине и часописе којих је ту било безброј. Уз све то доживео је и неколико љубавних веза са дивним Бечлијкама.

## Education in Vienna

The Milankovitch family wanted to direct Milutin to some high agricultural school because it was necessary to secure someone to manage their spacious land. Milutin himself wanted to study electrical engineering, but since there was no such school in Vienna, he opted for studying civil engineering.

Milutin's cousin Veselin who had left for Vienna the year before to study engineering, greatly influenced Milutin's life decision to continue his education in Vienna. „He was telling me about the Viennese Polytechnic School and its world known Professors, and especially about the Professor of mathematics, Emanuel Cuber. Varicak also confirmed that Cuber himself was the best school of mathematics and that I would learn much from him and that engineering would give me wide array of possibilities to apply my mathematical knowledge.“

*„The die was cast: I decided to go to Vienna to be a student of Professor Emanuel Cuber!“*

Milutin left for Vienna with Veselin on the 5th of October 1896.

In the third year of his studies in Vienna, Milutin realized that he could finish his education without great effort and thus he decided to devote himself to wider education than his school could give him. He paid his full attention to the monumental buildings of Vienna, thereby gradually understanding all the beauty of architecture. He visited the Viennese museums and picture galleries, where he met the famous Serbian painter Paja Jovanovic. In the evening he would read literary masterpieces or go to the theatre or opera. In the famous Viennese „Café Elisabethtrike“, he spent an hour or two daily reading numerous newspapers or magazines. In addition to all this he had several love af-

Ти догађаји су били најсрећнији тренуци његове младости.

О предавањима на Техници Миланковић у својим сећањима каже: „Математику нам је предавао професор Чубер. Свака његова реченица била је мајсторско дело строге логике, без иједне сувишне речи, без иједне омашке. Положио сам испит код њега на његово и моје задовољство. Истим успехом положио сам и остале испите“.

Професор науке о грађењу мостова, Јохан Брик, тада први стручни капацитет Бечке механике, предавао је најважнији предмет пете школске године. У предавањима Брика млади Миланковић налази снажну инспирацију за каснија бављења научним радом, о чему сам каже: „Бри-

fairs with beautiful Viennese girls. All these events were the happiest time of his youth.

In his memoirs, Milankovitch wrote about his lectures on engineering: „Professor Cuber was teaching us mathematics. His every sentence was the masterpiece of strict logic, without any extra word, without any error. I passed his exam to his and my satisfaction. I also passed the other exams with the same success.“

The professor of the science of building bridges, Johann Brick, the top expert of Viennese Mechanics of that time, taught the most important subject of the fifth school year. In Brick's teaching, young Milankovitch found strong inspiration for later scientific work, as he described it: „Brick's lectures were very interesting to me. His mastering



Студентски дани Милутина Миланковића  
Student days of Milutin Milankovitch

кова предавања су ме врло занимала. Одлично је владао математичком анализом и стално би је примењивао у својим предавањима. Она добром математичару даје извесну самосталност и слободу при решавању проблема“.

Он даље каже:

*„Радећи на пројекту засвођеног моста код професора Брика, упознао сам се поближе са једном кривом, линијом притиска, геометријског места нападних тачака резултанте сила које дејствују на поједине пресеке свода. Увидео сам већ онда значај те криве и могућност да се њене особине подвргну строгој математичкој анализи, што дотле још није учињено! Та крива постала је предметом мојих каснијих самосталних научних испитивања“.*

Своје студије грађевине Миланковић је успешно окончао 1902. године.

## 1.5. Први српски доктор техничких наука

По одслужењу једногодишње војне обавезе у Хабзбуршкој монархији, Миланковић се 1903. године враћа у Беч у жељи да настави докторске студије. Миланковићу није било стало да добије докторску диплому већ да се оспособи за самосталног научног радника. У вези са тим Миланковић каже:

*„То ми је био циљ живота. Тај велики подухват могао сам отпочети и успешно завршити само у таквом духовном центру као што је био Беч, у којем су била скупљена сва научна блага света“.*

of mathematical analysis was excellent and would constantly apply it in his lectures. To a good mathematician it gives certain independence and freedom in solving problems.”

He continued:

*„Working on the project of an arched bridge with Professor Brick, I more closely studied a curve, pressure line, of the geometrical place of the acting points of the resultant force that acts on certain cross-sections of the arch. Already then I realized the significance of that curve and the possibility to subject its properties to strict mathematical analysis, which had never been done before! That curve was to become the subject of my later, independent scientific research.“*

Milankovitch successfully graduated in civil engineering in 1902.

## The First Serbian Doctor of Technical Sciences

After completing one year of military service in the Hapsburg monarchy, Milankovitch returned to Vienna in 1903 with the intention of continuing doctoral studies. Milankovitch did not care about the title only, but about becoming able to work as an independent scientist. In relation to that, Milankovitch wrote:

*„That was my life goal. I could initiate that great undertaking and successfully finish it only in such intellectual center such as Vienna, where all the scientific treasures were collected“.*





ЊЕГОВО ВЕЛИЧАНСТВО  
**ПЕТАР ПРВИ**

ПО МИЛОСТИ БОЖЈОЈ И ВОЉИ НАРОДНОЈ

**КРАЉ СРБИЈЕ**

на предлог министра  
Кривичне и Црквене Правде  
заповедио је поставити превишеки указом  
Србији из година септембра 1909 године:  
У Универзитету за науке и уметности у Београду,  
после у Француском Универзитету у Лиону,  
универзитет Милана у Милану, уметности,  
и науке.

У Београду 9 септембра 1909 год.  
П. П. 15397

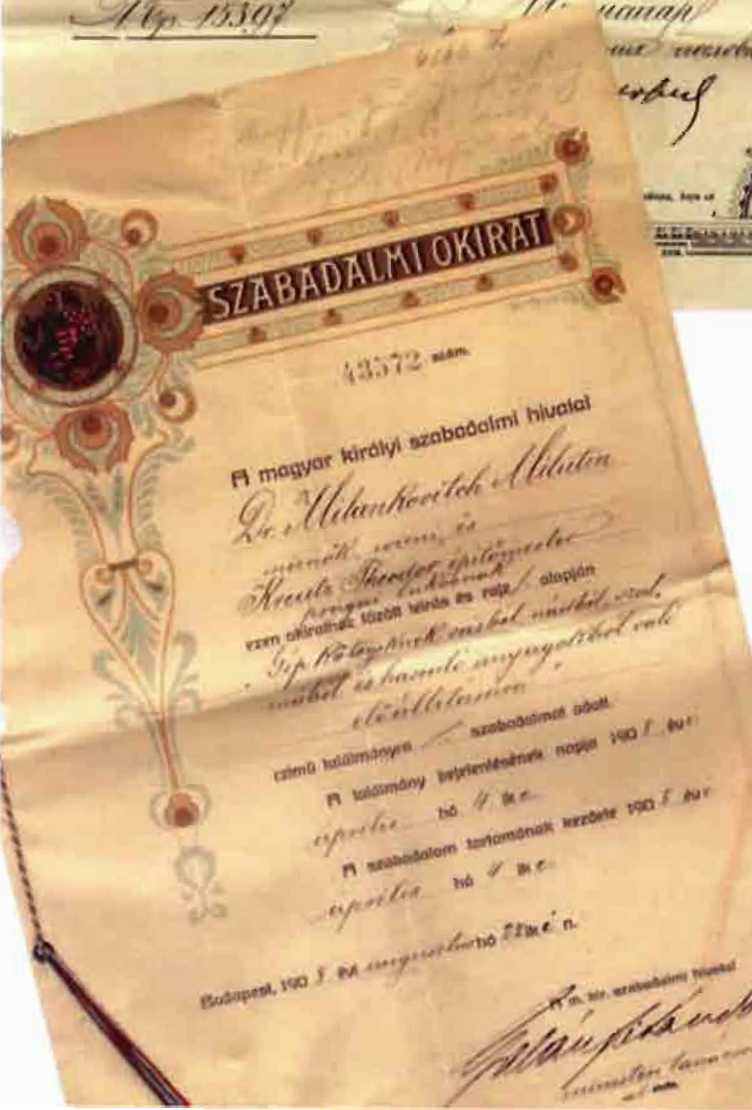


**SZABADALMI OKIRAT**

18734 szám.

A magyar királyi szabadalmi hivatal  
Dr. Milankovitch Milutin  
mivoltát  
kutatási lakosnak  
ezen okiratban fűzött leírás és rajz alapján  
„Patentált”

című találmányra szabadalmat adott.  
A találmány bejelentésének napja 1909  
május hó 28-án.  
A szabadalom tartománya kezdete  
május hó 28-án.  
Budapest, 1909. évi november hó 20-án.



**SZABADALMI OKIRAT**

43572 szám.

A magyar királyi szabadalmi hivatal  
Dr. Milankovitch Milutin  
mivoltát, a  
Kisváltó Állami Igazgatóság  
ezen okiratban fűzött leírás és rajz alapján  
„Patentált”

című találmányra szabadalmat adott.  
A találmány bejelentésének napja 1909. évi  
aprilis hó 4-én.  
A szabadalom tartománya kezdete 1909. évi  
aprilis hó 4-én.

Budapest, 1909. évi szeptember hó 22-én.  
Dr. Milankovitch Milutin



**NUMQUAM OTIOSUS**



In im Jahre 1672 gegründet, im Jahre 1677 durch Kaiser Leopold I. als Akademie der Heiligen Römischen Reiches Kaiserlicher Naturforschende Academie und 1742 von Kaiser Kaiser VII. erneut privilegierte

**Kaiserlich Deutsche Akademie der Naturforscher**

ehrenamtlich

**Herrn Dr. Milutin Milanković, Belgrad**  
Professor der Astronomie

in Anerkennung seiner hervorragenden Forschungen zu ihrem Mitglied.  
Das Bewußtsein der Schmach des Einzelnen dem ungeheuren Forschungsgebiet der Naturwissenschaften und der Heilkräfte gegenüber, die Erkenntnis der Kraft, die dem einmütigen Zusammenwirken einer Gemeinschaft geistig tätiger Männer verliehen ist, die Überzeugung, daß erst wissenschaftliche Arbeit den einzelnen Menschen veredelt und hebt, das Wohlergehen von Städten und Staaten fördert und ein Band des Friedens zwischen den Völkern knüpft, vereinigte die Stifter der Akademie zu einem festen Bunde.  
Nur auf die ausgezeichneten Männer, die ihr angehört haben – so auf Agazzi, Berzelius, Dammbeck, H. v. Döbel, de Lalande, Cassius, Linné, Dörmann, Ehrenberg, Forst, Haller, Herchel, Alexander v. Humboldt, Müller, Kirby, Linné, Lull, Scheuchzer, Siemens, W. Thomson, Vuchow, Wöhler, Weber, Westphal und hunderte von Anderen – und nicht minder stolz auf ihre hervorragenden lebenden Mitglieder bezieht die Akademie die in der Sicherheit, daß die im Sinne ihrer Stifter weitergehen mit voller Schaffensfreude und aller ihrer Kraft mitwirken werden.

die Natur zu erforschen zum Segen der Menschheit.

Stalls am 4. Oktober 1909

Der Präsident der Akademie

Бавећи се тим проблемом Миланковић је одлучио да испита аналитички особине притисака, важних у статистици масивних грађевинских конструкција. Он каже: „То је био математички, дакле, несумњиво научни, проблем, који би, решен у ономе обиму какав сам замишљао, представљао стваран допринос науци.“

Своју докторску дисертацију под називом „Теорија линија притиска“ или у оригиналу „Beitrag zur Theorie der Druckkurven“ Миланковић је одбранио 1904. године са својих 25 година. Са поносом он каже:

*„Тако сам, први од свих Срба, постао доктор техничких наука, на свечаној промоцији 17. децембра, 1904. године. Та година доктората била је пресудна за мој духовни развитак и каснији научнички позив“*

Dealing with this problem Milankovitch decided to research the analytical pressure properties that were important in the statics of massive building constructions. He said:

„That was a mathematical, thus, undoubtedly, a scientific problem, the solution of which in the scope I envisaged would be a real contribution to the development of science.“

Milankovitch earned his PhD in 1904, when he was 25, with the thesis entitled „Theory of Pressure Curves“, or in the original „Beitrag zur Theorie der Druckkurven“. He proudly stated:

*„So I, the first among all Serbs, became a Doctor of Technical Sciences on the official promotion on the 17th of December 1904. That year of my obtaining a PhD was crucial for my intellectual development and later scientific vocation“.*



**Један од патената Милутина Миланковића**  
**One of the patents of Milutin Milankovitch**

## 2. ГРАЂЕВИНСКА ПРАКСА

## CIVIL ENGINEERING PRACTICE

### 2.1. Рад у Бечу и Србији

### Work in Vienna and Serbia

После свечаног уручења докторске дипломе Миланковић је одлучио да ступи у какво велико грађевинско предузеће. Убрзо су наступили божићни празници, те се Миланковић одлучи да зимски период до почетка грађевинске сезоне проведе у родном Даљу. Тај боравак Миланковић описује:

*„Ту сам студирао астрономију и небеску механику, пошто сам се снабдео потребном литературом. Била је цича зима, а у ноћној тами неосветљена села, небо пуно звезда каквог га у Бечу никад не видех. Из наше велике баште са чијих је стабала опало сво лисје, а нарочито са обале Дунава, видео сам целу небеску хемисферу у њеном пуном сјају. Ту сам могао посматрати Јупитерове сателите, маглине и окултације звезда. Постао сам астроном, упирао поглед ка небеском своду и размишљао о његовим звездама; нисам се бринуо о томе како се стичу паре, већ како се стичу знања. Својим мислима могао сам дати слободан лет“.*

Почетком 1905. године Миланковић се запошљава као инжењер у грађевинској фирми барона Питела. Истиче се и као конструктор и као проналазач, патентирајући неколико својих проналазака. Ин-

After officially receiving his PhD diploma, Milankovitch decided to commence working in some major construction company. Soon the Christmas holidays came and he decided to spend the winter period until the start of the building season in his native Dalj. This is how Milankovitch described that period:

*„There I studied astronomy and celestial mechanics since I furnished myself with the necessary literature. It was bitterly cold and in the night darkness the villages were without light and the sky was full of stars which I had never observed in Vienna. From our large garden with trees bare of any leaves and, especially, from the bank of the Danube, I could see the whole celestial hemisphere in its full glory. There I could watch Jupiter's satellites, nebulae and star occultations. I became an astronomer, I directed my gaze to the celestial sphere and pondered its stars; I did not worry about how to collect money, but rather how to collect knowledge. I could allow my thoughts to soar freely.“*

At the beginning of 1905, Milankovitch was employed as an engineer in the construction company of Baron Pittel. He excelled both as a constructor and

интензивно ради на градњи брана, мостова, виааквадукта. Чак му се тада поверава и реконструкција једног крила Техничке велике школе у Бечу, што је морало значити огромно признање једном младом стручњаку. Као представник наведене фирме учествује у изградњи колектора београдске канализације на савској падини.

## 2.2. Патенти

Значајан је и Миланковићев пројекат резервоара за воду у Осијеку који је Миланковић замислио у облику ротационе површи. Миланковићево откриће аналогije између облика капи воде и великог резервоара за воду уврштено је у уџбенике Форхајмера и друге публикације.

Осврћући се на тај период Миланковић закључује:

*„У то време завршава се моја проналазачка каријера. За искоришћавање патената потребно је имати трговачког духа и бити спреман на праве спорове са препреденим људима. Нисам имао тих способности нити нерава. Кад то увидех, одлучих да своје проналазачке способности употребим на ширем пољу где су њихови плодови заштићени, а то је поље науке. Што се ту створи, остаје неприкосновена својина за векове...!“*

По преласку у Београд 1909. године, Миланковић не прекида везу са својом изворном струком. У току 1912. године израдио је пројекат првих армирано-бетонских мостова у Србији (мостови у долини Тимока на железничкој прузи Ниш-Књажевац). У периоду после 1921. године у Београду се интензивно развија грађевинска делатност,

inventor, patenting several of his inventions. He worked intensively on the construction of dams, bridges, aqueducts. He was then even entrusted with the reconstruction of one wing of the High Technical School in Vienna, which must have meant an immense recognition of the young expert. As a representative of the mentioned company, he participated in the construction of a collector within the Belgrade sewage system on the banks of the Sava River.

## Patents

Milankovitch's project of the water reservoir in Osijek is also important. Milankovitch designed it in the form of a rotational surface. His invention of the analogy between a drop of water and a great reservoir for water is included in the textbooks of Forhaimer and other publications.

Looking back on that period, Milankovitch concludes:

*„At that time my inventor's career finished. It is necessary to have commercial skills for the exploitation of patents and be prepared for real conflicts with crafty individuals. I had neither the ability nor the nerves for that. Having realized that, I decided to use my inventing abilities in a wider field where their results could be protected and that was the field of science. What is created there remains inviolable property for ages...!“*

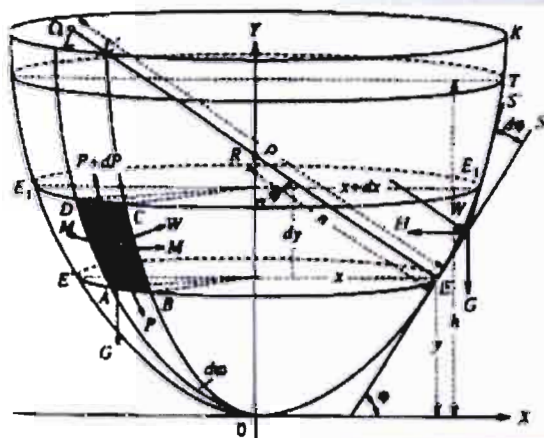
After moving to Belgrade in 1909, Milankovitch did not sever his ties with his original vocation. During 1912, he made the project for the first reinforced bridges in Serbia (bridges in the valley of the Timok on the railway line Nis-Knjazevac). In the period after 1921, building construction and civil engineering were intensively developed in Belgrade and, for the needs of the Air

а Миланковић за потребе Команде ваздухопловства израђује детаљне планове и статичке прорачуне свих већих армирано-бетонских конструкција, а нарочито великих хангара и радионица на аеродромима на територији читаве Краљевине Југославије. Поред тога, Миланковић је извршио преглед бетонских конструкција и статичког прорачуна за зграду Народне банке за израду новчаница у Топчидеру у Београду, оцену пројекта градње цркве Св. Марка у Београду, надзор приликом зидања зграде Команде ваздухопловства, бројне експертизе по позиву Министарства војске и морнарице, разних банака и других институција.



**Изградња армирано-бетонског моста на прузи Ниш-Књажевац (Источна Србија) по пројекту Миланковића (Извор: Железнички музеј, Београд)**

**Building of reinforced-concrete bridge on the railway Nis-Knjazevac (Eastern Serbia) as per the project of Milankovitch (Source: Railway Museum, Belgrade)**



**Миланковићево оригинално решење идеалног резервоара воде (Извор: М. Миланковић, Архив САНУ)**

**Milankovitch's original solution of ideal water reservoir (Source: M. Milankovitch, Archive of Serbian Academy of Sciences and Art)**

Force Headquarters, Milankovitch made detailed plans and static calculations for all major reinforced concrete constructions, especially big hangars and workshops on the territory of the whole Kingdom of Yugoslavia. In addition, Milankovitch made the survey of concrete constructions and static calculations for the building of the National Bank's Mint building in Topcider, Belgrade an assessment of the project for the building of the church of St. Marko in Belgrade, a survey of the building of the Air Force Headquarters, numerous expert studies on the commission of the Ministry of the Army and Navy, various banks and other institutions.



1. XI. 1921. ПЕРШУ ЛУКА КРСЕ



## 3. НАУЧНИ РАД НА БЕОГРАДСКОМ УНИВЕРЗИТЕТУ

## SCIENTIFIC WORK ON BELGRADE UNIVERSITY

### 3.1. Долазак на Београдски универзитет

### Arrival to Belgrade University

**П**реломна година за Милутина Миланковића била је 1909. Миланковић добија позив са Филозофског факултета Београдског универзитета да пређе у Београд као предавач на Катедри за примењену математику. Нађе се у великим дилемама, па каже:

**T**he year 1909 was crucial for Milutin Milankovitch. Milankovitch was invited by the Philosophical Faculty of Belgrade University to move to Belgrade and become a Professor at the Department for Applied Mathematics. He was in great dilemma, as he described it:

*„Размислих, не питајући никога шта да радим. Не бих ли болно осетио огромну разлику између великог Беча и малог Београда? Да ли је моја дужност да живим, радим и умрем у свом рођеном народу, који ми нуди оно што може да ми пружи? А катедра примењене математике је као поручена за мене. На њој ћу наћи све услове да развијем своје способности и одужим се своме народу. Тачно оне три гране егзактних наука којима сам се највише бавио и које би ми, у њиховом заједничком саставу, дале широко поље за онакав научнички рад којем сам тежио и на којем бих тако сам мислио-могао створити велика дела. Мене је очарао сам назив катедре Примењене математике. Математику сам одувек ценио као диван*

*„I was thinking what to do without consulting anyone else. Maybe I would painfully feel the immense difference between great Vienna and small Belgrade. Is my duty to live, work and die among my native people who offer me what they can? The Applied Mathematics Chair is my great desire. There I could find all the conditions to develop my abilities and repay my people. That would combine those three branches of exact science which I had studied the most and, taken together, they would offer me wide possibilities for such scientific work that I wanted and there I thought I could create great works. I was enchanted with the very title of the Chair for Applied Mathematics. I always appreciated mathematics as a wonderful tool for solving the problems we face when*

*алат при решавању проблема на које наилазимо у проучавању природе и васионе, а чија се изванредност најјаче испољила у Небеској механици и Теориској физици. А те две науке биле су саставни део моје катедре”.*

У тој дилеми као да је назрео поруку свог инстинкта: „Иди из фројдовског Беча у аласовски Београд, од западних страна према балканским источницима, одакле ћеш са Акропоља платонским оком боље видети све стране света и из цариградске Патријаршије Новим календаром тачније мерити време, а најбоље и најтачније – пронаћи израз Свега у овом свету и изнад њега: Свет Идеја и Врх Ума”.

Попут бројних српских интелектуалаца из расејања, ношен дубоким патриотизмом, Миланковић напушта удобан живот, успешан и финансијски веома уносан посао грађевинског инжињера у Бечу, те долази у Београд за професора на Универзитету.

Одлуку да остане у Београду донео је из дубоког уверења да ће се само онда осећати срећним и сматрати да је постигао прави циљ свога живота ако постане научник од формата. Тако Миланковић закључује:

*studying nature and space, the extraordinary nature of which is best reflected in Celestial Mechanics and Theoretical Physics. And these two sciences were integral parts of my Chair”.*

It seems that in this dilemma he felt the message of his instincts: „Go from Freudian Vienna to the Belgrade of Alas, from the western side to the Balkan East, where from the Acropolis you could better see with Platonian eyes all the sides of the world and more accurately measure time with a New Calendar from the Patriarchate of Constantinople, and find the best and the most true expression of everything in this world and beyond: the World of Idea and the Summit of Mind.”

Moved by deep patriotism, as other numerous Serbian intellectuals in Diaspora, Milankovitch leaves the comfortable life, a successful and financially very lucrative job of civil engineer in Vienna and comes to Belgrade to the post of University Professor.

His decision to stay in Belgrade was the result of a deep conviction that he could feel happy and knew that he could achieve the true aim of his life only if he becomes a distinguished scientist. As Milankovitch concludes:



**Павле Вујевић (1881-1966)**  
**Pavle Vujevic (1881-1966)**





**Капетан Мишино здање - Зграда Универзитета у Београду у доба доласка Миланковића на Универзитет**  
**Foundation building "Kapetan Misino zdanje" - the building of the Belgrade University at the time of Milankovitch's arrival to the University**

*„Тог дана завршио се 30-годишњи период мога живљења у Хабсбуршкој монархији, а и доба моје младости. Доласком у Београд вратио сам се у крило свога народа и своје породице.“*

Напуштајући Беч, Милутин Миланковић није прекинуо пријатељске везе и научну сарадњу са бројним аустријском научницима и институцијама са којима је сарађивао и размењивао научне информације и идеје. Када год су му могућности дозвољавале користио је прилику да посети Беч и друга места у Аустрији, сретне пријатеље и сараднике, да учествује у раду значајних научних скупова, или да у својству консултанта или пројектанта учествује у изради великих грађевинских објеката. У том циљу 43 пута је посетио Аустрију.

*„That day marked the end of the period of 30 years of my living in the Hapsburg monarchy and also of my youth. By coming to Belgrade, I returned to my people and my family.“*

Leaving Vienna, Milutin Milankovitch did not break friendly ties and scientific cooperation with numerous Austrian scientists and institutions that he cooperated with and exchanged scientific information and ideas. Whenever the circumstances permitted, he would take the opportunity to visit Vienna and other places in Austria, to meet friends and collaborators, to participate in the work of important scientific gatherings or to participate in major construction works as a consultant or designer. In that capacity he visited Austria 43 times.

## 3.2 Рад на астрономској теорији

Одмах по доласку на Београдски универзитет Миланковић креће у потрагу за оријентацијом целокупног свог будућег рада. О томе је, како сам рече, размишљао данима. То је било доба његовог интензивног и дубоког размишљања, када се се тио и речи свога професора Варићака:

*„Већ ми је Варићак говорио да у царству науке има негде ненасељених и необрађених крајева изван или између густих научничких насеља. Стадох да размишљам где се налазе ти сасвим или недовољно обрађени крајеви да бих онде могао стећи свој скромни научнички посед, а можда и цело властелинство“.*

Посматрајући области „дескриптивних анорганских природних наука“ и тражећи поље које би могао „заорати својим математичким оруђем, засејати их и сачекати њихове плодове“, Миланковић каже „Одлучих да завири у те граничне области науке и пођох од Метеорологије. Обратих се своме другу Павлу Вујевићу, наставнику метеорологије и климатологије. Запитах Вујевића да ли у његовој науци има расправа у којима се издашније примењује математичка наука...“ Он му даде на увид главна дела те науке која су предочавала савремено стање. Међу њима су била и дела бечког метеоролога Хана и париског Ангоа.

Миланковић је брзо увидео да је број оваквих расправа сасвим скроман, а да математика и тога малог броја расправа није увек како треба: „Виша математика још није била продрла у ту науку, нити су метеоролози оног доба били у стању да се њоме успешно служе“. При

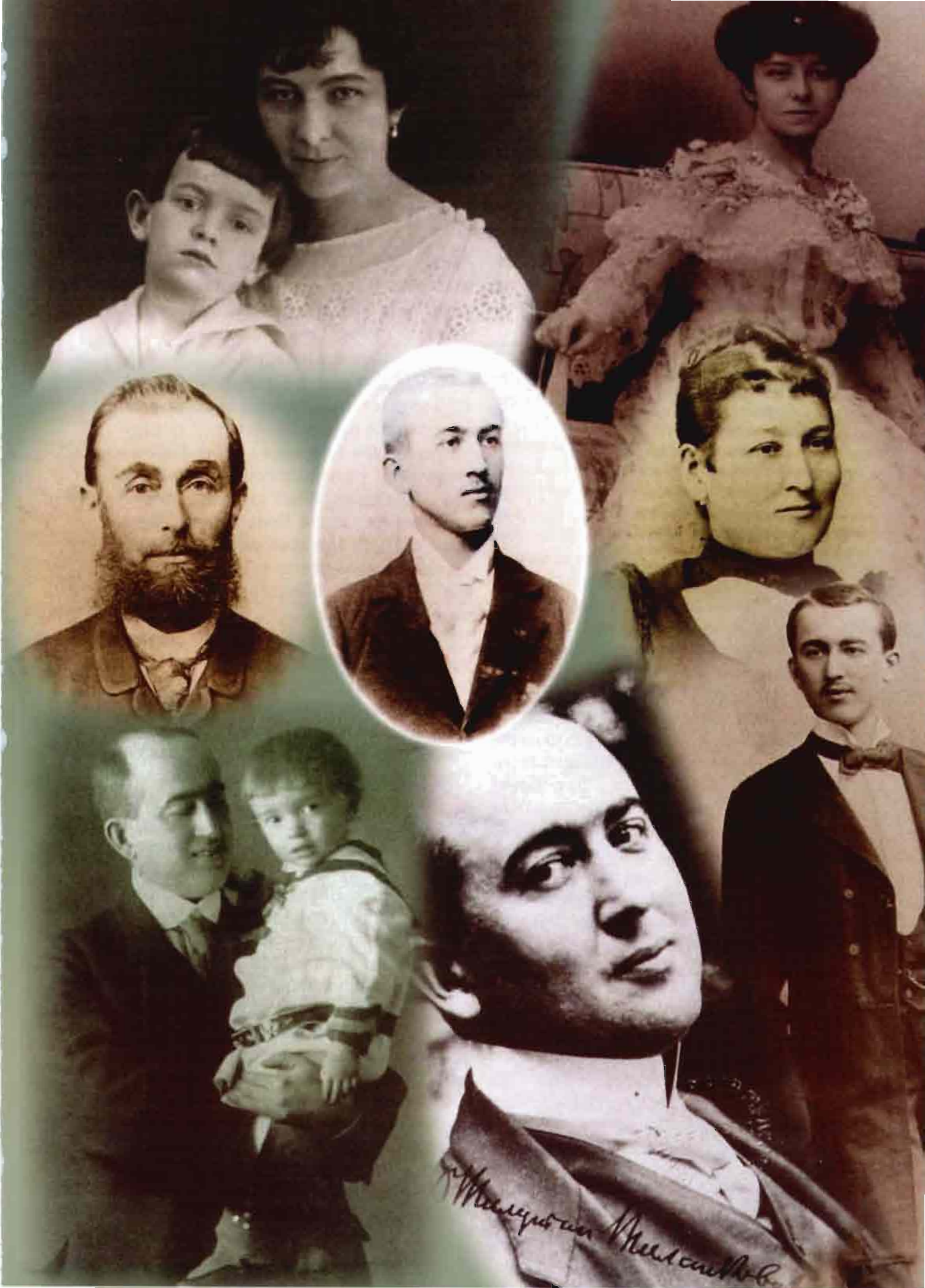
## Work on Astronomic Theory

Immediately after arriving to Belgrade University, Milankovitch commenced to search for the orientation of his entire future work. He said that he was thinking for days about that. It was the time of his intensive and deep thinking and the words of his Professor Varicak came to his mind:

*„Already Varicak had told me that in the kingdom of science there were unpopulated and uncultivated areas outside of or in between dense scientific settlements. I started thinking where were those completely or insufficiently cultivated areas, in order to be able to acquire my humble scientific plot and maybe even the whole fief.“*

Thinking about the areas of „descriptive inorganic natural sciences“ and searching for the field that he could „plough with his mathematical tools, sow and wait for its yield“, Milankovitch said: „I decided to peek to these bordering areas of science and started from meteorology. I contacted my friend Pavle Vujevic, Professor of Meteorology and Climatology. I asked Vujevic whether in his science existed any papers where mathematical science could be applied in a greater extent...“ Vujevic gave Milankovitch major works of that science that reflected contemporary achievements. Among them were the works of Viennese meteorologist Hann and the Parisian Angeau.

Milankovitch soon realized that the number of such papers was quite modest and that the mathematics applied even in such a small number of papers was not always up to the necessary standards. „Neither has higher mathematics reached that science yet nor have the meteorologists of that time been able to use it successfully“. He always bore



томе је стално имао на уму речи великог филозофа Канта да се у свакој од природних наука налази само толико праве науке колико је у њој заступљена математика.

Проучавајући радове тада најпознатијег климатолога Хана уочио је један значајан проблем који је постао један од главних предмета његових испитивања. Био је то проблем ледених доба.

### Шта су то ледена доба?

Стогодишњим радом геолога доказано је да се у доба најмлађег геолошког периода, квартара, одиграо велики догађај ледених доба, а што је последица периодичних смењивања жарких и хладних клима. Када су геолози открили ту слику Земљине прошлости, наука се нашла пред великом загонетком: шта је био узрок тим страшним климатским променама. Миланковић је ту нашао њиву где је очекивао богату жетву.

Други метеоролошки проблем о коме је Миланковић размишљао, јесте математичка израда прогнозе времена. Виљем Бјеркнес је 1904. године формулисао систем диференцијалних једначина које садрже све физичке законе који утичу на ваздух, али није дао решење тих једначина. Комплексност ових закона у математичком погледу условила је да се тек почетком двадесетог столећа, први пут почело размишљати о могућностима прогнозирања будућег стања атмосфере на основу њеног садашњег стања, решавајући нумеричким путем сложени систем диференцијалних једначина. О овом проблему прогнозе времена, независно од других научника у свету, још 1912. године размишљао је и Милутин Миланковић. Миланковић је одмах схватио сву тежину проблема истичући још тада да: „Неправилност распореда копна и

мора, набораност континента, морске струје и струјања у атмосфери праћена њеним талозима, смена дана и ноћи и узастопност годишњих доба,

in mind the words of the great philosopher Kant that in each natural science the extent of present true science corresponded to the extent of mathematics present.

Studying the works of the best-known climatologist of that time, Hann, Milankovitch noticed a significant issue which became one of the major topics of his research. It was the issue of the ice ages.

### What are the ice ages?

Hundred years of geological research showed that the major event of ice ages occurred in the time of the youngest geological period, the Quaternary, being the consequence of periodic successions of warm and cold climate. When geologists discovered that fact of the Earth's past, science was faced with a great puzzle: what was the cause of these impressive climatic changes. **Here Milankovitch found a field with an expected rich yield.**

The other meteorological problem which Milankovitch studied was the making of numerical weather forecasts. In 1904 William Bierkness had formulated a system of differential equations which contained all the physical laws influencing the air, but did not give the solution of these equations.

The mathematical complexity of these laws was the reason that only at the beginning of the 20th century were the possibilities of forecasting future atmospheric condition on the basis of its present condition first considered by solving, in a numerical way, the complex system of differential equations. As early as 1912, Milutin Milankovitch also studied this problem of weather forecast, independently from other scientists in the world Milankovitch immediately grasped all the difficulties of the problem, pointing out even then that: „ The irregular distribution of land and sea, the roughness of the continents, sea currents and atmospheric currents accompanied by its sediments, shifts of days and nights and the suc-



све то има одјека на термичке и динамичке појаве у Земљиној атмосфери, и све се то дешава у толико компликовасној мери да, бар за сада, изгледа немогућно подврћи те појаве математичкој анализи у толикој мери да би се могла предсказивати њихова узастопност”.

Српски народ имао је срећу да се у метеоролошкој науци у истом веку појави нова генерација научника са Универзитета у Београду, која ће, следећи размишљања Милутина Миланковића, снагом свога талента проникнути у тајне и вештине моделирања атмосфере. Изабравши за своје поље рада нумеричку прогнозу времена, ону област на чију је сложеност указао Миланковић још почетком столећа, утемељили су у свету познату „Београдску нумеричку школу“ већ у другој половини 20. века, и развили данас у свету један од најуспешнијих регионалних нумеричких модела за потребе прогнозе времена и истраживања климе.

**Како и на који начин је Миланковић решио загонетку ледених доба?**

И поред тога што су геолози и климатолози дали вредне податке о распрострањењу ледених доба, они, ипак, нису могли да нађу основне узроке тих промена, а то је различито осунчавање Земље током прошлих епоха, што је било изван видокруга ових наука.

Истина, Адемар и Крол, пионири астрономске теорије о леденим добима, опширно су писали о утицајима промена орбите на климу, али ни један ни други није имао довољно математичког искуства да тачно израчуна величину таквих утицаја.

Један од кључних разлога што се наука још увек налазила пред великом загонетком о узроцима огромних климатских промена које су се догодиле у геолошкој историји Земље, Миланковић налази у томе што то питање изискује решење целог низа компли-

cession of annual seasons all have an influence on the thermal and dynamic events in the atmosphere of the Earth and it all happens in such a complicated manner that, at least for now, it seems impossible to subject all these phenomena to mathematical analysis to such an extent as to be able to forecast their successive nature”.

The Serbian people were lucky that in meteorological science in the same century appeared a new generation of scientists from Belgrade University who would, following the thinking of Milutin Milankovitch and with the strength of their own talent, grasp the secrets and skills of atmospheric modeling. They chose numerical weather forecasting for their field of work, the same field of work the complexity of which was pointed out by Milankovitch already at the beginning of the 20th century, and developed a regional numerical model, one of the most successful in the world, for the purpose of weather forecasting and climate research.

**How and in what way has Milankovitch solved the enigma of the ice ages?**

Despite having valuable data on the distribution ice ages given by geologists and climatologists, they could not discover the basic causes of such changes, that is, the different insolation of the Earth during past ages remained beyond the reach of these sciences.

Adhemar and Croll, pioneers of the astronomical theory of the ice ages, did write extensively on the influences of orbital changes on the climate, but neither of them had sufficient mathematical experience to correctly calculate the magnitude of such influences.

One of the key reasons why the science of that time could not have solved the great puzzle of the causes of the immense climate changes occurring in geological history of the Earth was explained by Milankovitch as being connected with the solution of all of the series of complicated problems belonging to various scientific fields, Spherical Ge-

кованих проблема, и то из разноврсних области науке, Сферне геометрије, Небеске механике, Теоријске физике. Одатле Миланковић закључује:

*„Катедра Београдског универзитета која ми је била поверена 1909. године обухватила је баш те три научне дисциплине. Зато могадох да уочим овај космички проблем, да увидим његов замахај и да приступим његовом решењу“.*

Тако он почиње да размишља о осунчавању планета, а посебно Земље, и о крајњем ефекту овог осунчавања. Подробно анализира тај, како каже, велики космички проблем и закључује: „треба, дакле, наћи везу између осунчавања планета и температуре њихове површине и атмосфере, решити тај физикални проблем...“ Па наставља:

„Обазрех се по научној литератури и видех да та веза није пронађена. Ако би ми, дакле, пошло за руком да и њу нађем, па тај проблем решим, бар у његовим главним линијама, у целом његовом пространству, онда бих тиме створио математичку теорију којом бих могао рачунским путем пратити ефекте Сунчевих зракова у атмосфери и на површини Земље и тим путем оцртати главне линије Земљине климе створене дејством тих зракова и кретања Земље око Сунца и око своје осе“

„Та математичка теорија би, обухвативши главне црте садашње климе Земљине, могла да испита и опише климу давне прошлости када су елементи Земљине путање били различити од садашњих, па тиме да реши и проблем ледених доба.“

*„И отишла би још много даље будући да се све планете Сунчевог система крећу око наше звезде приближно кружним пу-*

ometry, Celestial Mechanics and Theoretical Physics. Thus Milankovitch concludes:

*“The Chair of Belgrade University which was entrusted to me in 1909 encompassed the very three scientific disciplines. This is why I could indicate this cosmic problem, to understand its extension and to undertake its solution.”*

Hence, he began to study the insolation of the planets, especially of the Earth, and the final effect of this insolation. He analyzed in detail that, as he called it, great cosmic problem and concluded: „a connection should be found between the insolation of the planets and the temperature of their surface and the atmosphere and this physical problem would be solved...“ And he continues:

„I consulted scientific literature and found that such a connection has not been found. If I could find it and solve that problem, even in its main points, in its whole space, I would in that way create a mathematical theory for the calculation of the effects of Sun rays in the atmosphere and on the surface of the Earth and in that way draw the main lines of the climate of the Earth created by the action of such rays and the movement of the Earth around the Sun and around its own axis“.

„That mathematical theory would cover the main points of present climate of the Earth and it could examine and describe the climate of the long past when the elements of the Earth’s orbit were different from present ones, and solve in this way the problem of the ice ages.“

*„And it would go even further since all the planets of the Solar system rotate around our star in approximately circular*



Положај планета у Сунчевом систему (Извор: NASA's Planetary Photojournal)  
Position of planets in Solar system (Source: NASA's Planetary Photojournal)

*тањама које леже у скоро истој равни. Математички принципи осунчавања морали би да важе за њих подједнако као и за Земљу. За то би резултати моје теорије важили и за те планете. Они би нам пружили прве поуздане податке о климатским приликама тих далеких светова, о којим се сада ништа поуздано не зна. Једном речју, таква теорија би била у стању да прекорачи границе наших непосредних опажања, не само у простору, већ и у времену“.*

Миланковић је пронашао изазов за којим је жудео, довољно крупан проблем да закупи његову енергију и даровитост генија – развиће математичку теорију која је у стању да објасни климу на Земљи, Марсу и Венери, сада, и у прошлости. Моћи ће прецизно да израчуна промене у клими не само Земље, већ и других планета Сунчевог си-

*orbits, which lie in almost the same plane. The mathematical principle of insolation must be relevant for all of them to the same extent, including the Earth. As a result of this, the results of my theory would also be valid for this planet. They would offer us the first reliable data on the climate conditions in those far away worlds about which nothing reliable is known. In short, such a theory would be capable of stepping over the limits of our immediate perception, not only in space but in time as well.“*

Milankovitch had found the challenge he longed for, great enough to capture his energy and talent of a genius - he would develop a mathematical theory which could explain the climate on the Earth, Mars and Venus, now and in the past. He would be able to precisely calculate the changes in the climate not only of the Earth, but also of the other planets of the solar system - hundreds



стема-стотинама хиљада година у прошлост, и исто тако да их предвиди у далекој будућности.

На крају Миланковић закључује: „Увидео сам да би се тим нарочитим великим делом, могло сазидти здање једне нове научне области. Размишљао сам о домашају математичког оруђа што сам га постепено израдио. Увидех да, кад би га још нешто допунио, да бих био у стању да приступим решењу тог великог космичког проблема. Мало по мало, могадох га обухватити мислима у његовој целини”.

Али пут ка решењу није био очигледан, а ни лак изгледа, па Миланковић каже „Устукнух пред тежином тога задатка. Шаренило земљиних климата збуни ме, облаци нашег неба наоблачише моје че-

of thousands years in the past and also be able to forecast them in the distant future.

Finally, Milankovitch concludes: „I discovered that such an exceptionally great accomplishment could construct the building of a new scientific area. I was thinking about the reach of the mathematical tool which I gradually made. I realized that if I could slightly supplement it, I would be able to undertake the solving of such a great cosmic problem. Bit by bit, I became capable of encompassing it in its entirety in my thoughts.”

But it seems that the road to the solution was neither obvious nor easy, and Milankovitch said: „I flinched before the difficulties of that task. Variation in the Earth's climates confused me. The clouds of our sky



Ђуди Еолове  
The whims of Eol

ло, свака киша учини ме покислим, а када би дунуо ветар, а нарочито београдска кошава, запитао бих се: Ко би могао похватати у математичке обрасце све ћуди Еолове.....?"

Као својеврсни познаваоц Њутнових закона гравитације из којих се развила небеска механика, Миланковић је добро знао колику улогу игра закон ширења топлотне снаге Сунца. Објединивши ова два закона доказао је улогу астрономских чинилаца у покретању механизма топлотних промена. Доказао је да геометрија планетарне орбите условљава количину Сунчеве енергије која стиже на јединицу површине горњег слоја атмосфере, а њене периодичне промене мењају сезонску и просторну расподелу осунчавања, што има за последицу промену климе.

Топлотна количина која са Сунца доспева на Земљину површину зависи од квадрата растојања од Сунца, облика и димензија орбите, као и од угла под којим Сунчеви зраци падају на одређену површину, која се мења просторно, са променом географске ширине, и временски, пратећи сталне, споре али постојане промене оријентације и нагиба осе ротације.

У самом зачетку својих прорачуна Миланковић је пошао од чињенице да се растојање између Сунца и Земље током времена мењало, а самим тим мењао се и угао под којим су Сунчеви зраци доспевали до Земљине површине. Услед прецесије и нутације мењао се и нагиб Земљине осе према еклиптици као и положај и облик еклиптике у простору. Све то доводило је до промене у количини топлоте коју је Сунце емитовало појединим упоредницима на Земљи. Ако би се знали положаји упоредника кроз протекло време, тада

би распоред Сунчеве топлоте и варијације топлоте могле да се израчунају коришћењем одређеног математичког апарата. Исти принцип могао би

clouded my forehead, each rain made me wet, and whenever wind would start blowing, especially the Belgrade Koshava wind, I would ask myself: Who could capture in mathematical forms all the whims of Eol...?"

Since he had good knowledge of the Newton's laws of gravitation which gave rise to Celestial Mechanics, Milankovitch knew the role of the law of the distribution of the thermal energy of the Sun. Uniting these two laws, he proved the role of astronomical factors in the initiation of the mechanism of thermal changes. He proved that the geometry of a planetary orbit determines the quantity of solar energy arriving on a surface area of the upper atmospheric layer, and that its periodic changes modify the seasonal and spatial distribution of insolation, which has as a consequence the changes of the climate.

The quantity of heat from the Sun which reaches the surface of the Earth depends on the square distance from the Sun, the shape and dimensions of the orbit, as well as the angle of the solar rays falling on a certain surface, which changes spatially with the change of geographic latitude and temporally, following the constant, slow but steady changes in the orientation and inclination of the rotation axis.

At the very beginning of his calculations, Milankovitch commenced from the fact that the distance between the Sun and the Earth changed in time and with it also the angle of the solar rays when attaining the Earth's surface. Due to the precession and rotation, the tilt of the Earth's axis also changed towards the elliptic, as well as its position and shape in space. All this brought about the changes in the quantity of heat emitted by the Sun arriving at particular parallels on the Earth. **If the past positions of parallels were known, then the distribution of the solar heat and the thermal variations could be calculated by the use of a certain mathematical tool.** The

да се примени и за будуће време. То су биле Миланковићеве полазне основе.

Миланковић је свој научни план решавања овог великог космичког проблема израдио веома темељно. Његов је први циљ био да опише **геометрију путање сваке планете** и да покаже како се та геометрија мењала током протеклих векова.

Миланковић је уживао да ради наплетане и без журбе, што му је било омогућено на Универзитету у Београду. Када се уверио да се стазом коју је намеравао да следи нико пре њега није кретао, пажљиво је испланирао своје научно путовање кроз „васиону и векове“. Само је велики ум могао да замисли такав подухват. Али за остварење тог подухвата било је неопходно много више од великог ума, а пре свега огромна енергија, упорност и систематичност младог научника. Тај пут на који је Миланковић кренуо 1910. године трајаће 30 година.

На својој теорији радио је сваког дана. Чак би и на одмор, који је проводио са супругом Тинком и сином Василијем, носио по неколико кофера књига и захтевао да се у његовој соби налази радни сто. Највећи део својих проучавања обављао је код куће у Београду, или у старој згради Универзитета, у Капетан-Мишином здању. Говорећи о условима за рад на Универзитету Миланковић каже:

*„Моја соба за рад на Универзитету је скромно, али угодно уточиште. Ту, заштићено двоструким бедемима од осталог света, осећам се неописиво добро, ту читам, размишљам, сањам, кадкад и дремам. Кроз велики романски двоструки прозор отвара се диван видик на Дунав и преко њега. Тако видим, кроз тај варошки прозор, како годишња доба пролазе једно за другим“.*

same principle could be applied for the future time. These were the starting bases of Milankovitch's theory.

Milankovitch built a very thorough scientific plan for the solution of this great cosmic problem. His first aim was to describe the **geometrical path of each planet** and to show how that geometry changed during the past ages.

Milankovitch enjoyed working slowly and steadily and that was possible for him at Belgrade University. When he was sure that nobody had trod the path that he wanted to follow, he carefully planned his scientific journey through „distant worlds and times“. Only a great mind could envisage such a project. However, for the completion of such a project much more was needed than a great mind, above all, immense energy, persistence and systematic work were required of the young scientist. Milankovitch embarked on this journey in 1910 and it lasted 30 years.

He worked every day on his theory. Even during his vacations spent with his wife Tinka and son Vasilije, he would carry several suitcases full of books and he would insist on having a writing desk in his room. Most of his work was done at his home in Belgrade or in the old University building in „Kapetan Misino zdanje“. Milankovitch wrote the following about his working conditions at the University:

*„My study room at the University is a modest but comfortable refuge. There I feel indescribably well, protected by double walls from the rest of the world, there I read, think, dream and sometimes even nap. Through the big double Roman window, a beautiful vista opens towards the Danube and beyond. There, through that window, I watch seasons pass one after another.“*

Било је оних који су и до тада размишљали на сличан начин као Миланковић, али нико од њих није поседовао довољно генијално математичко знање за решење тога проблема. Он је први установио да те три врсте промена астрономских карактеристика и њихова повезаност у кретању наше планете изазивају значајне цикличне промене њеног осунчавања.

Миланковић је у своје прорачуне уврстио три астрономска циклуса, који се, заједно посматрани, често називају његовим именом, јер је створио прецизну теорију о њиховом утицају на климу.

**Прецесију тачке равнодневице,** односно револуцију Земљине ротацио-

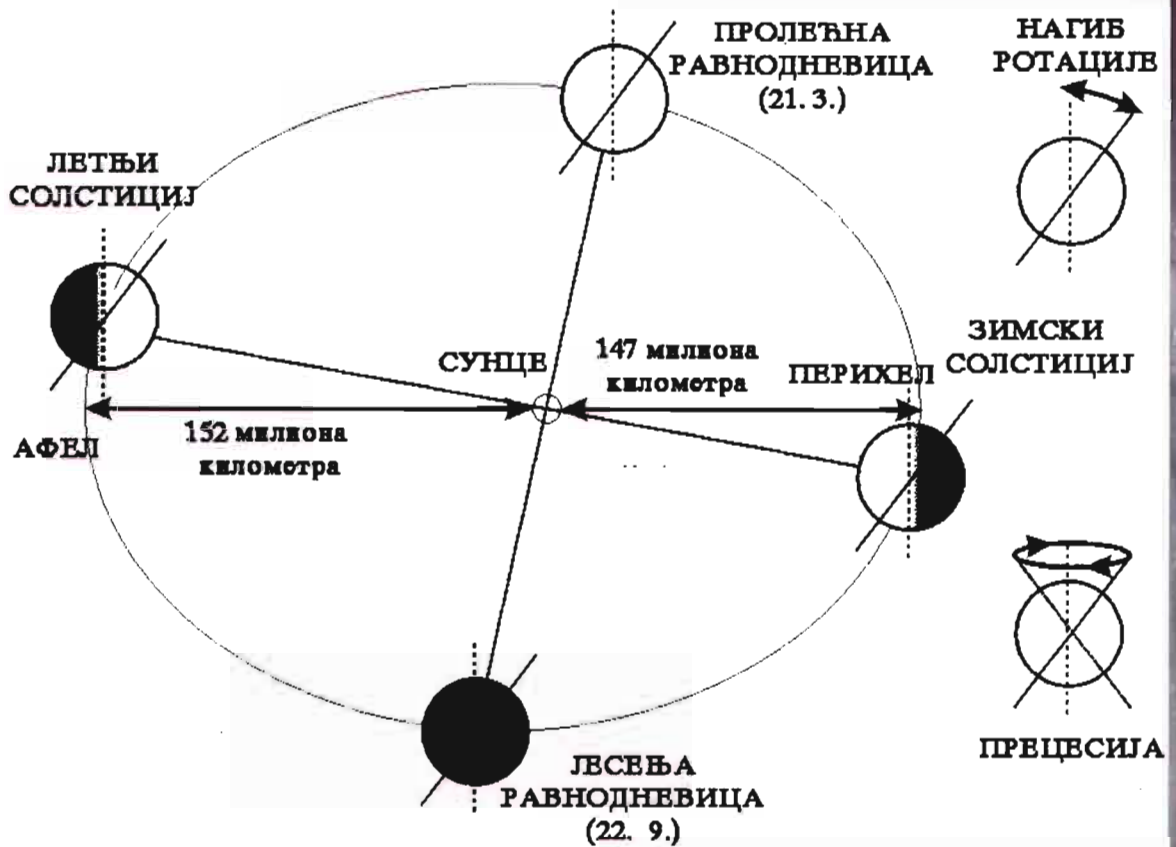
There were others that had thoughts similar to Milankovitch but none of them possessed sufficient genial mathematical knowledge to solve the problem. He was the first to identify that these three types of changes in astronomic characteristics and their connection in the movement of our planet cause significant cyclic changes in its insolation.

In his calculations, Milankovitch included three astronomic cycles which taken together are often called by his name because he created a precise theory on their influence on the climate.

The precession of the equinoxes, that is, the revolution of the Earth's rotational axis of 23 000 years was first calculated by the French scientist, de Alhamberte and his



„.....Читам, размишљам, сањам, кад кад и дремам”  
(Извор: М. Миланковић, Аутобиографија)  
„....I read, think, dream, sometimes even nap”  
(Source: M. Milankovitch, Autobiography).



Садашњи положај тачака солстицијума (летњи, 21. јун; зимски, 21. децембар) и равнодневица (пролећна, 21. март; јесења, 22. септембар) на орбити Земље око Сунца на северној хемисфери, нагиб осе ротације Земље и прецесија

Present position of the solstice points (summer, 21 June; winter 21 December) and equinox points (vernal 21 March; autumn 22 September) on the Earth orbit around the Sun in the northern hemisphere; obliquity of the Earth's rotation axis and precession

не осе од 23.000 година први је прорачунао Француз Де Аламбер, а његов земљак Адемар мислио је да се ледена доба јављају у функцији овог циклуса.

Миланковићеви математички прорачуни и његова крива осунчавања за различите географске ширине показали су да је 23.000 годишња осцилација растојања Земље од Сунца само један елемент настанка ледених доба. Према томе, циклус прецесије и лагано кружно кретање пола екватора око пола еклиптике доминантан је за ниже географске ширине или екваторијални појас.

countryman, Ademar thought that ice ages occur in a function of this cycle.

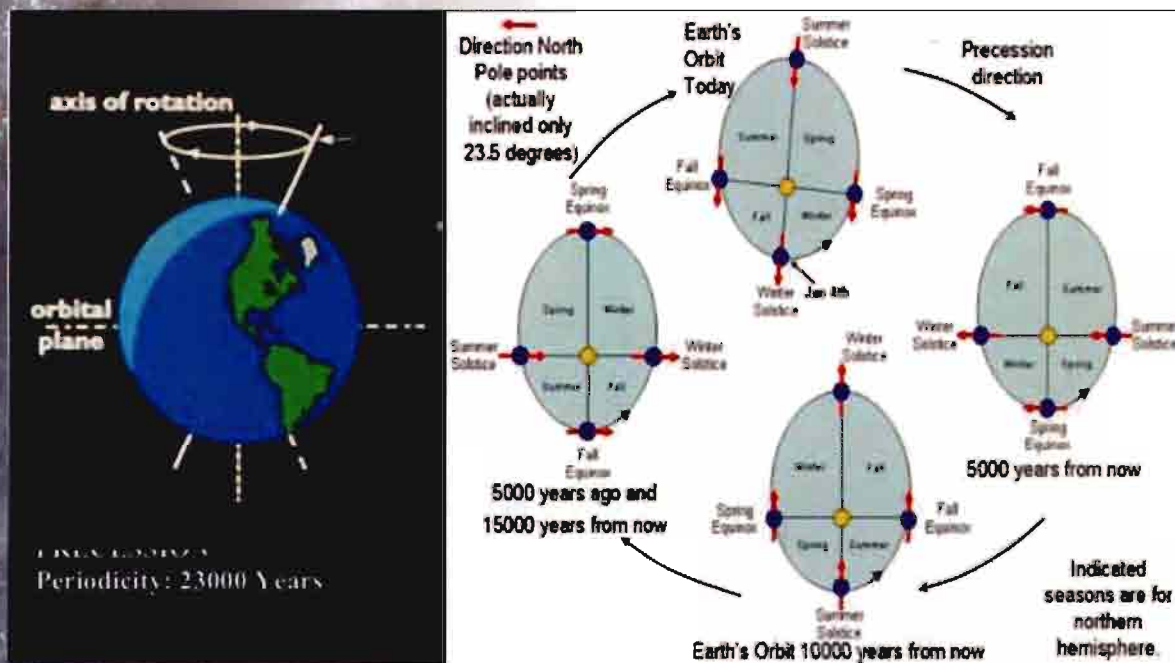
Mathematical calculations of Milankovitch and his insolation curve for various geographical latitudes showed that the oscillation of 23,000 years in the distance of the Earth from the Sun is only one element causing the creation of ice ages. According to that, the precession cycle and the slow circling of the equator pole around the ecliptical pole is dominant for lower geographical latitudes or the equatorial belt.

Главна последица прецесије је да се релативна дужина годишњих доба током времена циклично мења.

Други елемент решења проблема ледених доба везан је за нагиб Земљине осе према еклиптици у распону од  $22.1^\circ$  до  $24.5^\circ$ . У својој књизи „Клима и време“ објављеној 1875. године Џејмс Крол је претпоставио да ће до наредног леденог доба доћи када се оса ротације

The main consequence of precession is that the relative durations of the annual seasons during the time change cyclically.

The second element of the solution of the ice ages problem is linked to the tilt of the Earth's axis towards the ecliptic, which lies in the range from  $22.1$  deg. to  $24.5$  deg. In his book, „Climate and Weather“, published in 1875, James Croll supposed that the next ice age would occur when the Earth's rota-



**Прецесија тачке равнодневице (садашњи положај и будући положај кроз 5, 10 и 15 хиљада година)**  
**Precession of the equinox points (present position and future position in 5, 10 or 15 thousand years)**

Земље приближи нормали, јер на тај начин поларне области примају мању количину топлоте. Али Крол није могао даље да развија своју теорију, јер није познавао законе небеске механике нити је био у стању да развије математички апарат. У историји науке Крол је ипак остао записан као један од пионира астрономске теорије ледених доба.

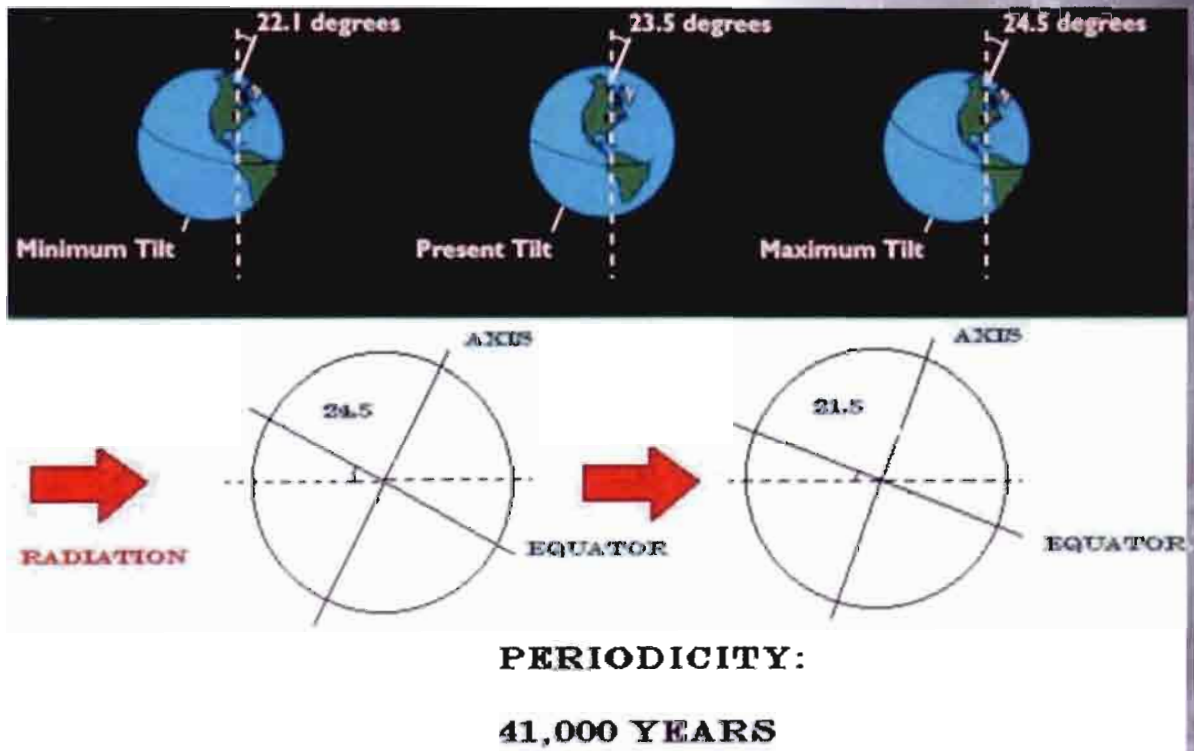
Миланковић је, такође, схватао да је промена нагиба осе ротације Земље од изузет-

tion axis approaches normal since in that way the polar areas receive a smaller quantity of heat. However, Croll could not develop his theory further because he neither knew the laws of celestial mechanics nor was he able to develop the mathematical tool. Nevertheless, in the history of science, Croll is recognized as one of the pioneers of the astronomical theory of ice ages.

Milankovitch also realized that the change in the obliquity, or the tilt, of the Earth's rotation axis is of exceptional signifi-

ног значаја за измену климе на планети. Када је нагиб већи од садашњег који износи  $23,5^\circ$ , тада северне области примају већу количину топлоте, снег и лед се повлаче и задржавају на просторима који припадају високим географским ширинама. Током геолошке прошлости Земље догађало се да снега и леда нигде није било на планети, посебно у време владавине диносауруса или геолошког доба креде.

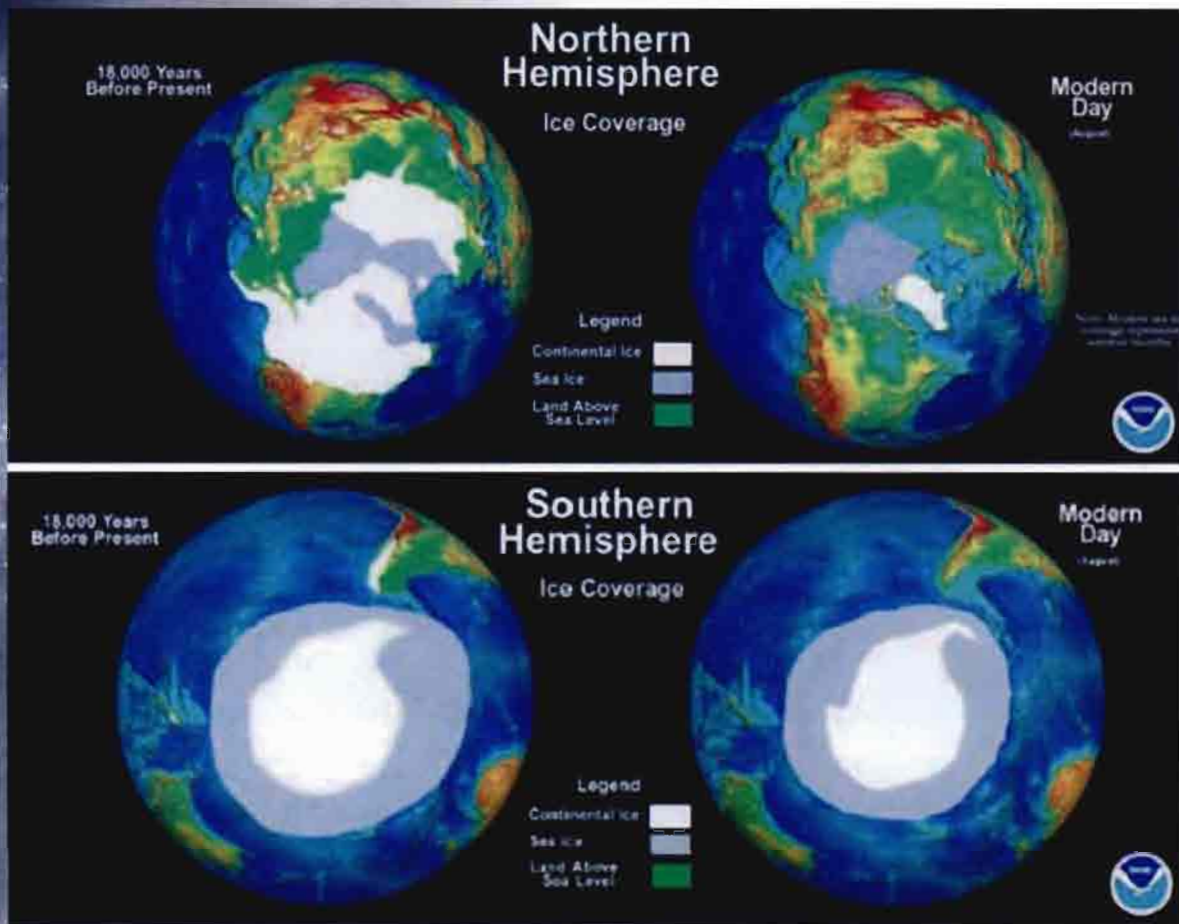
cance for climate change on the planet. When the tilt is greater than the present one, which is  $23.5$  deg, then the northern areas receive a greater quantity of heat, the snow and ice recede, only remaining in the areas belonging to high geographical latitudes. During the geological past of the Earth, it occurred that no snow and ice existed on the planet, especially in the time of the prevalence of dinosaurs or the geological age of chalk.



Промена нагиба осе ротације Земље у односу на раван путање око Сунца (орбитална раван). Данашњи нагиб Земљине осе износи  $23,5$  степени  
Change in the obliquity of the Earth's rotation axis in relation to the orbit around the Sun (orbital plane). Present obliquity of the Earth's axis is  $23.5$  degrees

Када је нагиб мањи од  $23,5^\circ$  тада поларне области примају мању количину топлоте од Сунца, лед се шири ка јужним упоредницима и настају услови за развој леденог доба. Таквих примера је било током геолошке историје Земље, а геолошко доба квартера, које је Миланковић

When the tilt is less than  $23.5$  deg., the polar areas then receive a smaller quantity of heat from the Sun, ice spreads towards the southern parallels and conditions occur for the development of an ice age. There were such examples during geological history of the Earth, and in the geological age



**Ледени покривач на северној и јужној хемисфери у доба последњег леденог доба пре 18.000 хиљада година и садашњи изглед леденог покривача у летњем периоду (Извор: Mark McCaffrey, Paleoclimate Program/NOAA)**

**Ice cover on the northern and southern hemisphere in the time of the latest ice age 18,000 thousand years ago and present condition of the ice cover in the summer period (Source: Mark McCaffrey, Paleoclimate Program/NOAA)**

посебно проучавао, више њих се наизменично развијала на планети.

Применивши свој математички апарат, Миланковић је нашао да промена нагиба осе ротације Земље одговара периоду од 41.000 година. За разлику од прецесионог циклуса од 23.000 година ова периодизација доминира код високих географских ширина.

**Трећи елемент решења проблема ледених доба** односио се на ексцентри-

of Quaternary, which Milankovitch especially studied, several of them successively developed on the planet.

Applying his mathematical tool, Milankovitch found that the change in the tilt of the Earth's rotation axis corresponds to the period of 41,000 years. Unlike the precession cycle of 23,000 years, this periodicity dominates in high geographic latitudes

The third element of solving the problems of ice ages relates to the eccentricity of the Earth's orbit around the Sun. A changed



цитет Земљине путање око Сунца. Услед промене растојања од Сунца, при овим променама мења се доток Сунчевог краткоталасног зрачења које доспева до Земљине површине, при чему се наизменично редукује или повећава количина спелог зрачења на Земљину површину у различитим сезонама.

Миланковић је и овај трећи елемент увео у своје прорачуне, схватајући да се он значајно мењао у току геолошке прошлости. Иако су те промене наизглед мале и достижу тек највише 7% одступања од кружне путање, ипак су одиграле битан утицај на климу. Миланковић је срачунао да је периодизација ексцентрицитета 100.000 година, а каснији прорачуни су доказали да постоји још један у износу од око 400.000 година.

**На тај начин, Миланковић је свој први циљ лако постигао.**

Данас у научној литератури, варијабилност ексцентрицитета Земље, нагиба њене осе ротације и прецесија представљају три доминантна циклуса, позната под називом **Миланковићеви циклуси**, јер је он одредио њихову периодизацију. Ова три циклуса доводе до промена у сезонској и просторној расподели Сунчевог зрачења које доспева до Земљине површине, условљавајући тиме контрасте између сезона. Ово повремено повећање или слабљење Сунчеве радијације директно утиче на климат-



**Шематски приказ ексцентрицитета. Облик путање Земље око Сунца према Миланковићу мења се у циклусима од 100.000 година (Извор: Pias and Imbrie, 1986/1987)**

**Schematic presentation of eccentricity. According to Milankovitch, the shape of the Earth's orbit around the Sun changes in cycles of 100, 000 years (Source: Pias and Imbrie, 1986/1987)**

distance from the Sun changes the incoming solar short wave radiation that reaches the surface of the Earth and it successively either reduces or increases the quantity of the radiation that the Earth's surface receives in the different seasons.

Milankovitch also included this third element in his calculations, understanding that it significantly changed during the geological past. Although these changes seem small and reach a maximum of only 7% deviations from a circular orbit, they nevertheless had significant influence on the climate. Milankovitch calculated that the periodization of eccentricity is 100,000 years and later calculations proved that another exists of 400,000 years.

**In this way Milankovitch easily reached his first target.**

Today in the scientific literature, the variability of the Earth's eccentricity, obliquity of its rotation axis and precession represent 3 dominant cycles, known as **Milankovitch's cycles**, because he defined their periodization. These 3 cycles bring about the changes in the seasonal and spatial distribution of the solar radiation that reaches the Earth's surface, thus causing contrasts between the seasons. This sporadic increase or decrease of solar radiation directly influences the climate system of the Earth, that is, the extension or recession of icebergs on the Earth.

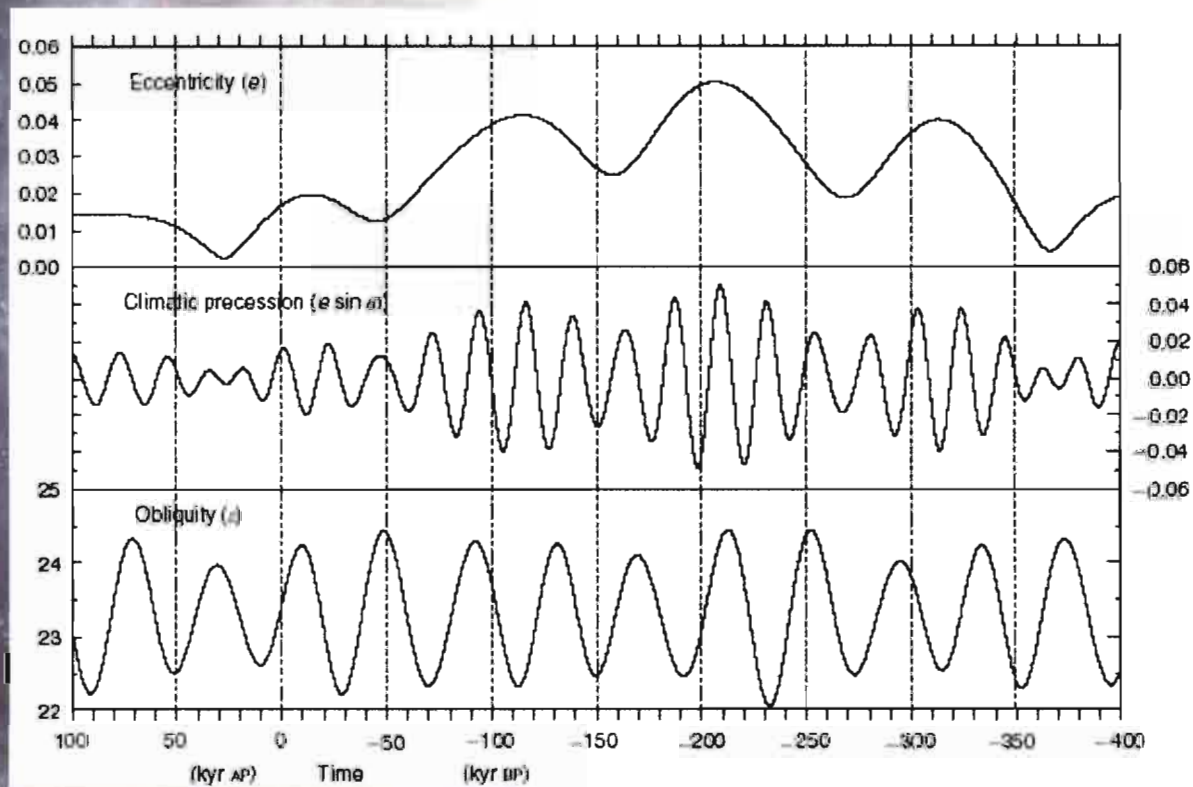
ски систем Земље, односно на ширење или повлачење ледника на Земљи.

Анализом добијених резултата представљених у виду крива осунчавања Миланковић је утврдио да се у поларним областима надмоћно испољавају секуларне промене нагиба осе ротације. У екваторијалном појасу доминирају промене ексцентричности и прецесије, односно промене дужине годишњих доба. На средњим географским ширинама, нарочито од  $50^{\circ}$ - $60^{\circ}$ , долазе промене сва три астрономска елемента до појединачног изражаја. Такође је уочено да је  $65^{\circ}$  северне географске ширине критична област за почетак глацијације.

Постигавши свој први циљ Миланковић је кренуо у свој победоносни по-

Analyzing the obtained results represented as insolation curves, Milankovitch found superior expression of secular changes in the tilt of the rotation axis in the polar areas. In the equatorial belt, the changes in eccentricity and precession dominate, that is, the changes in the duration of the annual seasons. In middle geographic latitudes, especially from  $50^{\circ}$  to  $60^{\circ}$ , the changes of all three astronomic elements have their individual expression. It was also noticed that  $65^{\circ}$  of the northern geographic latitudes is the critical area for the beginning of glaciations.

By reaching his first target, Milankovitch started his victorious campaign. It seemed to him that his second target was within his immediate reach, the target that can be called the physical part of the theory



Миланковићеви циклуси за протекли период од 400.000 година и за наредни период од 100.000 година  
Milankovitch's cycles for the past period of 400,000 years and future period of 100,000 years

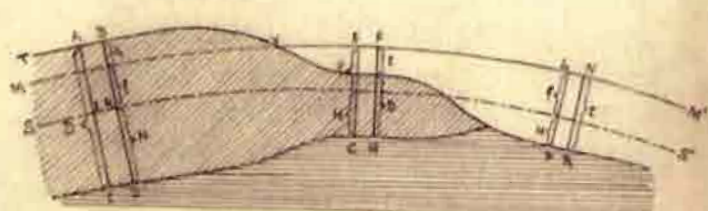
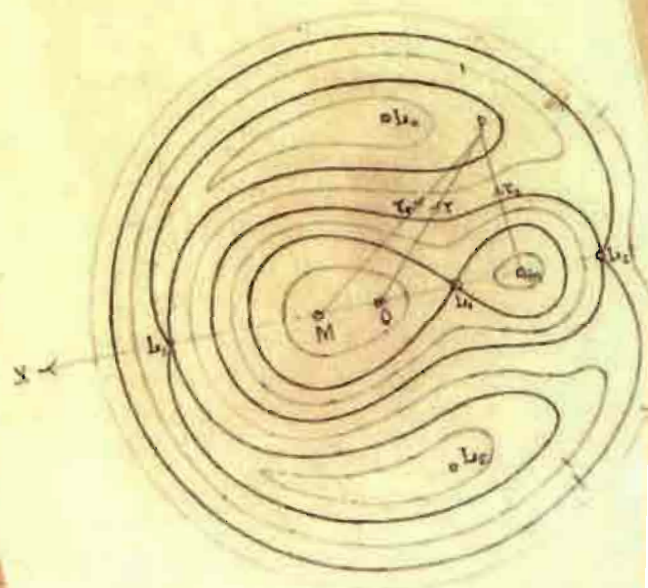
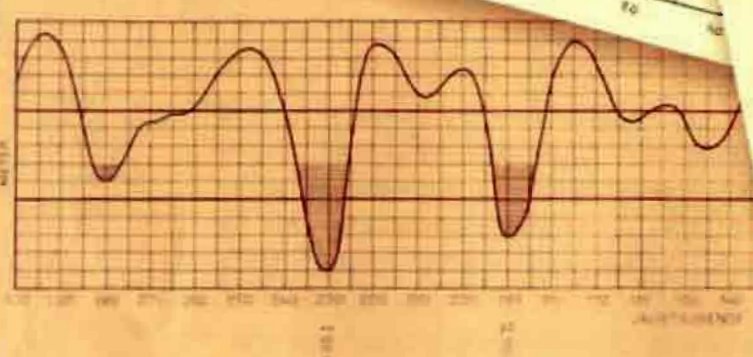
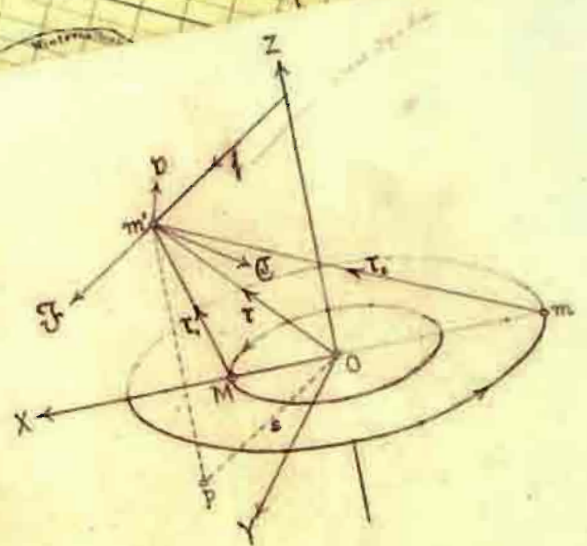
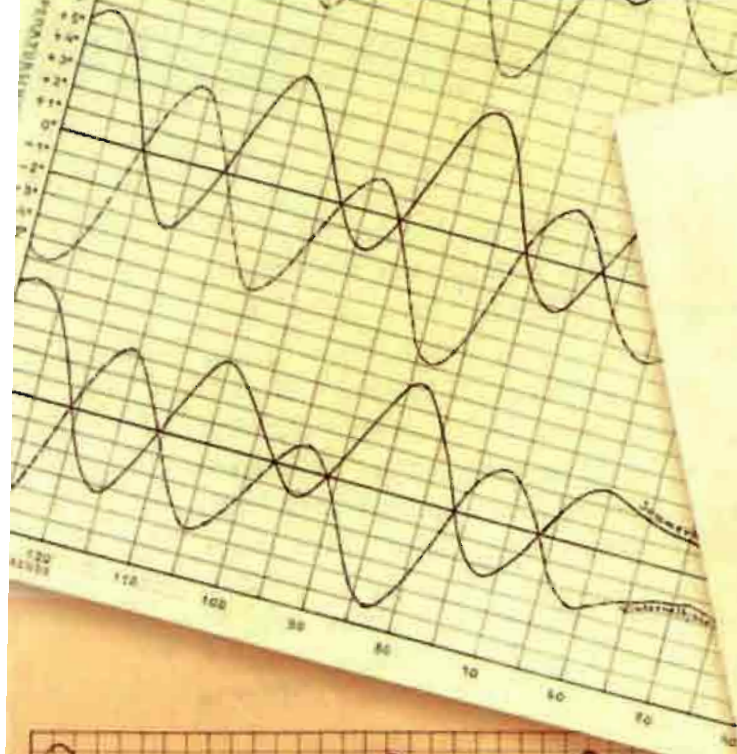


Fig. 10

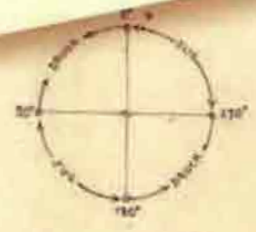


Fig. 11

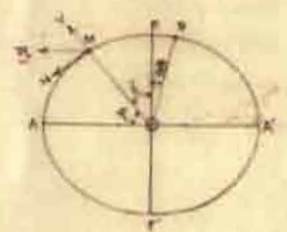
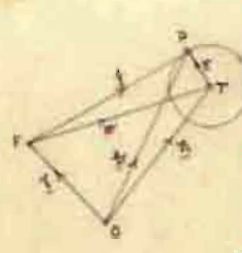


Fig. 12

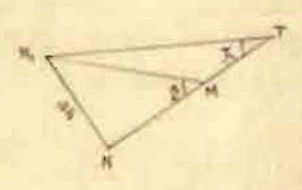


Fig. 13

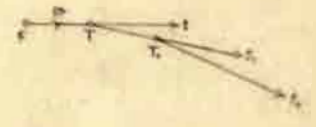


Fig. 14

Another Figure, which, when cut, shows a different result.

ход. Чинило му се да је његов **други циљ, који се може назвати физичким делом теорије**, у вези израчунавања колика количина Сунчевог зрачења која пада на површину сваке планете током сваког годишњег доба и на свакој географској ширини, на дохвату руке.

У почетку су Миланковићева истраживања добро напредовала. **Међутим, Миланковић каже: „Али настојећи да дубље проникнем у сам проблем, наиђох на бројне тешкоће и не могах даље“**. Уз то, бурни догађаји почетком 20. века нису му омогућили несметан рад. То ипак није поколебало младог научника. Миланковићу је било 32 године и био је уверен у своју снагу и успех, без обзира на искрсле проблеме.

Већ 1912. године избија Први балкански рат у коме Миланковић учествује као резервни официр. Док је Миланковић посматрао српске јединице како се пробијају ка планинскоме врху, његове мисли су биле окренуте његовом властитом научном јуришу у савлађивању теоријских препрека. Убрзо српске јединице освојише врх Старац, а Миланковић докучи решење математичких проблема. Ускоро је настао прекид ватре и Миланковић се враћа свом научном раду у Београд.

Иако је сада брзо напредовао, због несигурних прилика на Балкану, Миланковић је одлучио да не наставља своје прорачуне док резултате до којих је већ дошао не стави на хартију. Они су током 1912. и 1913. године објављени у три кратке расправе. Почетком 1914. године Миланковић је објавио још један чланак „О питању астрономских теорија ледених доба“. Штампан на српском језику, у жеку тешких времена у Европи, овај чланак је

годинама остао непознат научној јавности. Ипак, Миланковићеве радови су већ бацили ново светло на питање ледених доба. Миланковић се

and connected with the calculation of the quantity of solar radiation that reaches the surface of each planet during each annual season and in all geographical latitudes.

At the beginning, all Milankovitch's research progressed well. **But Milankovitch wrote: „Trying to study the problem more deeply, I was met with numerous difficulties and could not go further.“** Also tumultuous events at the beginning of the 20th century disturbed his work. Nevertheless, that did not discourage the young scientist. Milankovitch was 32 and he was convinced of his strength and success regardless of the existing problems.

The 1st Balkan War had already broken out in 1912 and Milankovitch participated in it as a reserve officer. While watching Serbian units force their way to a mountain peak, his thoughts were directed towards his own scientific forcing in conquering theoretical obstacles. The Serbian units soon conquered the peak Starac and Milankovitch found the solution of mathematical problems. Soon the conflict ceased and Milankovitch returned to his scientific work in Belgrade.

Although he now progressed swiftly, due to the uncertain conditions on the Balkans, Milankovitch decided not to continue his calculations before publishing his already attained results. During 1912 and 1913, the results were published in three short papers. At the beginning of 1914 Milankovitch published another article „On the Issue of Astronomic Theories of Ice Ages“. Since it was published in the Serbian language in the midst of hard times in Europe, this article remained unknown to the scientific community for years. Nevertheless, Milankovitch's papers already shed new light on the issue of ice ages. Milankovitch again returned to his calculations convinced that nothing would impede his work and that time was the only thing he needed for the calculations.



Налив перо, лула , шибер  
Fountain pen, pipe, slide rule

поново враћа својим прорачунима уверен да му више ништа не стоји на путу, и да му је сада потребно само време за рачунање.

Први светски рат 1914. године затекао је Милутина Миланковића на свадбеном путу у родном Даљу, који је тада био на територији Аустро-Угарске. Као страни држављанин бива заробљен и интерниран у логор у село Турањ код Карловца, а затим у концентрациони логор у Нежидеру у Аустрији.

Али Миланковић и у овим околностима наставља свој научнички рад, који описује следећим речима:

*„Седох на кревет, обазрех се по соби и стадох да се уживљујем у свој нови друштвени положај... У моме ручном коферу који сам понео са собом, налазили*

The First World War in 1914 found Milutin Milankovitch on his honeymoon in his native Dalj, which was then on the territory of Austro-Hungary. As a foreigner he was captured and interned in the prison camp in the village Turanj near Karlovac and then moved to the concentration camp in Nezider in Austria.

But even under such circumstances, Milankovitch continued his scientific work, which he described in the following words:

*„I sat on my bed, looked around the room and started to take in my new social circumstances... In my hand luggage which I brought with me were my already printed or only started works on my cosmic problem; there was even some blank paper. I looked*

*су се моји већ штампани или тек започети радови о мом космичком проблему; ту је било и чисте хартије. Почех да пре-листавам те списе, узех у руке своје верно налив-перо, стадох да пишем и рачунам”.*

Уочи Божића 1914. године Миланковић је, на залагање свог професора математике Чубера из Беча био, у интересу науке, ослобођен и упућен да живи у Будимпешти.

Одмах по доласку у Будимпешту, Миланковић се среће са директором библиотеке Мађарске академије наука Коломан фон Сили, који га је будући да је и сам био математичар, оберучке примио и омогућио му несметан научни рад у библиотеци Мађарске академије наука и Централног метеоролошког института, и на тај начин блистави ум кренуо је звезданим стазама истраживања.

Овде је Миланковић провео 4 године радећи „без журбе и пажљиво планирајући сваки корак”. Две године је посветио развоју математичке теорије за предвиђање климе на Земљи онаква каква је данас. Током треће и четврте године боравка у Будимпешти, Миланковић је завршио описивање садашње климе на Марсу и Венери. Тако је упркос светском рату постигао свој други циљ: математички израз садашње климе на Земљи, Марсу и Венери.

До средине 1917. Миланковић је завршио рад на књизи „Математички основи науке о космичком зрачењу”. У међувремену рат се био завршио, те се Миланковић са својим четворогодишњим резултатима рада белим дунавским паробродом враћа кући у Београд.

Књигу на француски преводи академик Иван Ђаја и она се публикује под називом „Математичка теорија топлотних појава изазваних

*over my works, took my faithful ink pen and started to write and calculate.”*

Due to the efforts of his Professor of mathematics from Vienna, Cuber, Milankovitch was liberated in the interest of science on the eve of Christmas 1914 and sent to live in Budapest.

Immediately after arriving at Budapest, Milankovitch met the Director of the Library of the Hungarian Academy of Science, Kolomann von Silli who, being also a mathematician, eagerly accepted Milankovitch and enabled his undisturbed work in the library of the Hungarian Academy of Science and the Central Meteorological Institute. In such a way this great mind continued his starry paths of research.

Here Milankovitch spent four years working „without rush and carefully planning his every step.” He devoted two years to the development of a mathematical theory of forecasting the climate on the Earth as it is today. During the third and fourth year of his stay in Budapest, Milankovitch finished his description of the present climate on Mars and Venus. Thus, despite the World War, he reached his second target: the mathematical expression of the present climate on the Earth, Mars and Venus.

Until the middle of 1917, Milankovitch finished his work on the book „Mathematical basis of the science of cosmic radiation”. In the meantime, the war ended so Milankovitch with the results of four years work returned on a white Danube steamship to his home in Belgrade.

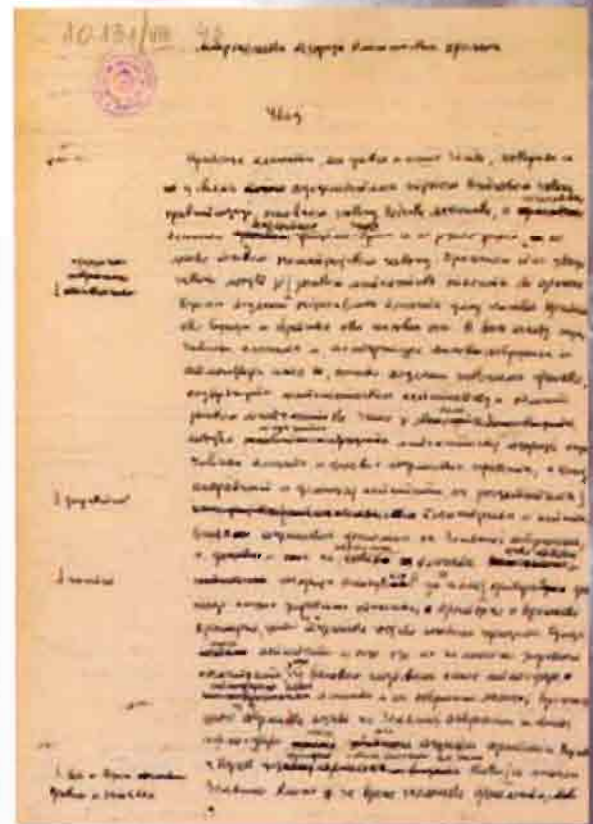
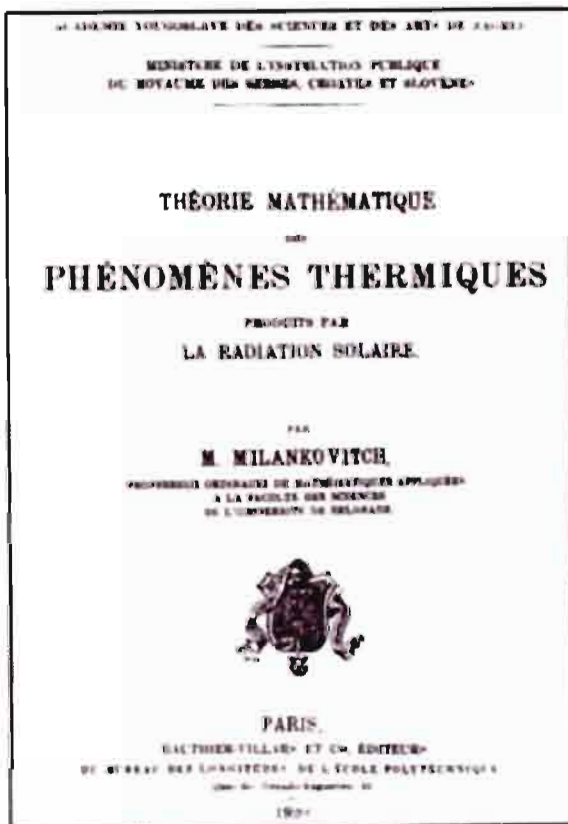
The book was translated into French by the academician Ivan Djaja and published under the title „Mathematical Theory of Thermal Events Caused by Solar Radiation”. It was published in Paris in 1920 and with it Milutin Milankovitch also officially under-

Сунчевим зрачењем”. Објављена је у Паризу 1920. године чиме Милутин Миланковић и формално приступа заснивању своје чувене теорије о глацијалним периодима леденог доба.

Метеоролози су одмах по објављивању овог дела 1920. године препознали као значајан допринос проучавању савремене климе. Књига је такође била корисна и истраживачима климе прошлости наше планете. Поред тога, Миланковић је тврдио да би било могуће израчунати за било које време у прошлости, количину Сунчеве енергије која је допирала до Земље.

took the founding of his famous theory on the glacial period of ice ages.

Immediately after the publication of this book in 1920, meteorologists recognized it as a significant contribution to the study of contemporary climate. The book was also of use to the researchers of the past climate of our planet. In addition, Milankovitch argued that it should be possible to calculate the quantity of solar energy that reached the Earth for any time in the past.



Насловна страна Миланковићеве „Математичке теорије топлотних појава изазваних Сунчевим зрачењем” из 1920. године и рукопис Увода у математичку теорију

Cover page of Milankovitch's „Mathematical theory of thermal occurrences caused by Solar radiation” of 1920 and the manuscript of the Introduction to Mathematical Theory

### 4.3. Сарадња Миланковића, Кепена и Вегенера

Рад о астрономском датирању ледених доба, посебно крива осунчавања или соларни дијаграм, како се друкчије назива, отворили су Миланковићу широм врата у научни свет.

Добро познати и цењени немачки климатолог Владимир Кепен и његов зет геофизичр Алфред Вегенер, први прихватају Миланковићеву криву осунчавања.

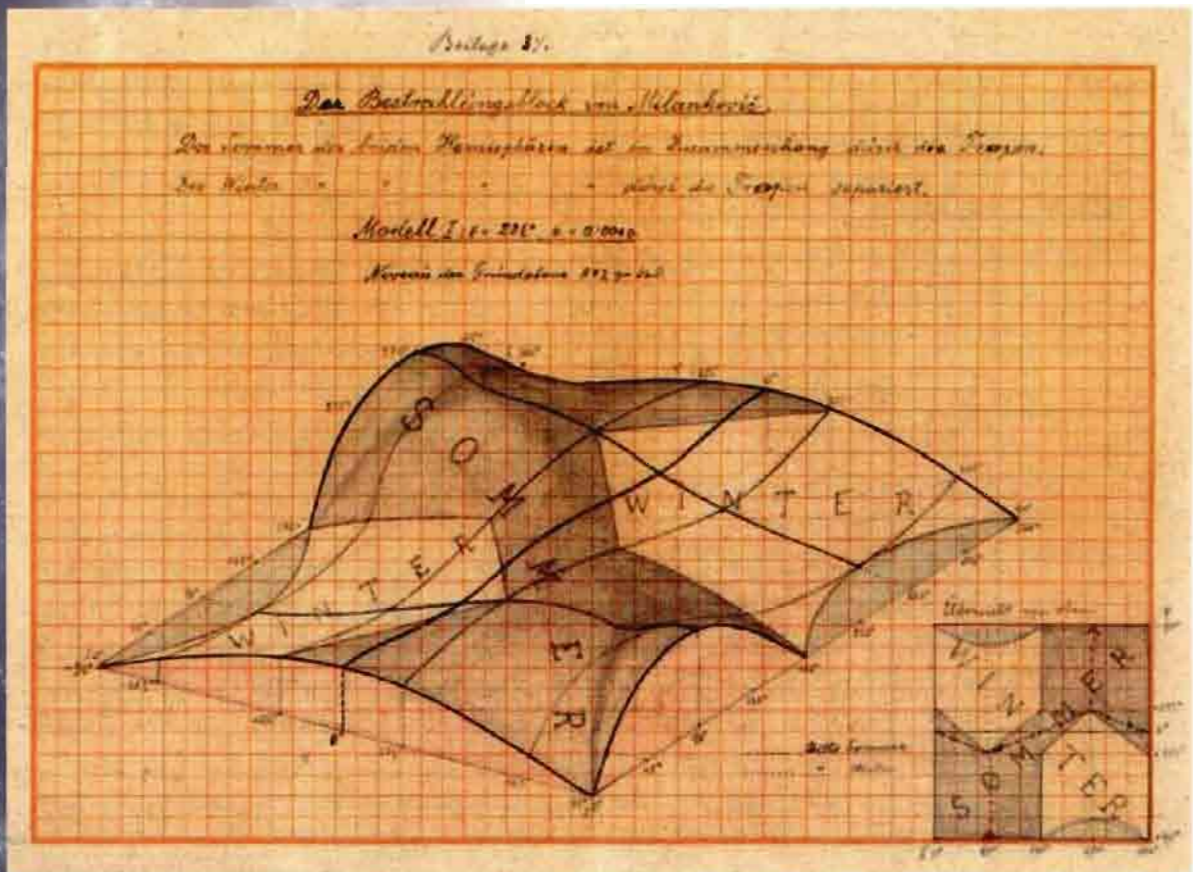
Увиђајући пре свих користи које Миланковићева теорија може имати за палеоклиматолошка истраживања Кепен 1922. године позива Миланковића на сарадњу. О томе Миланковић пише:

### Cooperation of Milankovitch, Köppen and Wegener

Work on astronomic dating of the ice ages, especially the insolation curve, or solar diagram as it is also called, opened the door to the scientific world for Milankovitch

Well known and respected German climatologist, Wladimir Köppen and his son-in-law, geophysicist Alfred Wegener, were the first to accept Milankovitch's insolation curve.

Realizing before all others what use Milankovitch's theory could have in paleoclimatological research, Köppen offered cooperation to Milankovitch in 1922. Milankovitch wrote about that:



Миланковићеви прорачуни просторно-временске расподеле осунчавања  
Milankovitch's calculation of spatial-temporal distribution of insolation





**Владимир Кепен (1846-1940) (лево) и Алфред Вегенер (1880-1930) (десно)**  
**Wladimir Koppen (1846-1940) (left) and Alfred Wegener (1880-1930) (right)**

*„Размислих шта да му одговорим. У проблему ледених доба сучељава се више научних области. Небеска механика и сферна астрономија у вези са теоријском физиком су, као што сам својим делом показао, у стању да испитају секуларни ток осунчавања Земље. Но већ последице тог осунчавања улазе у област климатологије, а њихова сведочанства су предмет геологије. Само сарадњом тих наука може се тај изванредно значајни проблем решити у потпуности, јер је остао до сада нерешен што је лежао на тремеђи тих наука“.*

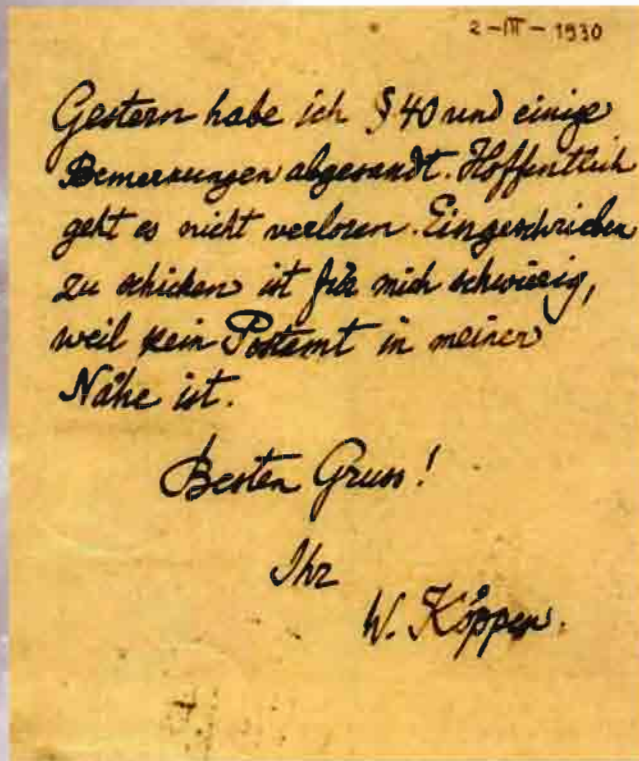
*„I was thinking what to answer him. Several scientific fields face each other in the problem of the ice ages. Celestial Mechanics and Spherical Astronomy in cooperation with Theoretical Physics are capable, as I proved by my work, to examine the secular flow of the insolation of the Earth. However, already the consequences of such insolation fall into the field of climatology and their evidence is the subject of geology. Only the cooperation of these sciences could entirely solve that exceptionally significant problem since it remained unsolved because it lay on the common borders of these three sciences.“*

„Лице ми се разведри. Запитах се какав је срећан случај посреди. Кепен је климатолог светског гласа, Вегенер генијалан геофизичар и познавалац свега што је у вези са том науком. И увидех: није био пуки случај посреди, већ узрочност, каузалност збивања која нас тројицу доведе на окуп.”

Уследила је плодна размена идеја између Миланковића, Кепена и Вегенера. Алфред Вегенер је већ био познат по својој теорији о померању континената, која ће се касније назвати тектоника плоча.

О тој сарадњи Миланковић пише: „Тако се између нас развила научна преписка током које ме је Кепен позвао на сарадњу по питању климе квартара, то јест оног периода Земљине прошлости у којем су се одиграла ледена доба. Ја сам на темељу теорије, изложене у моме делу и проширене једном важном расправом коју сам у међувремену објавио у нашој Академији, извршио врло детаљне рачуне о томе како се распоред Сунчеве топлоте мењао на Земљиној површини у току последњих 650.000 година”.

Као што је Кепен наслутио, Миланковићева теорија се показала као непроцењива алатка при истраживању прастарих клима. Када су те идеје увршене у монографију



**Кепеново писмо Миланковићу  
Köppen's letter to Milankovitch**

Alfred Wegener was already then known for his theory of the shifting of the continents, which would later be called plate tectonics.

Milankovitch wrote about this cooperation: „In this way developed the collaboration between us during which Köppen invited my cooperation on the issue of the climate of the Quaternary, that is, that period of the Earth's past when the ice ages occurred. On the basis of the theory presented in my work and expanded by one important treatise which I had in the meantime published in our Academy, I made very detailed calculations on the change in the distribution of solar heat on the Earth's surface during the last 650,000 years.”

As Köppen believed, Milankovitch's theory proved to be an invaluable tool in the research of ancient climates. The inclusion of these ideas in the monograph of Köppen and Wegener: „Climate of the Geological Past” published in 1924, meant special recognition

„My face lit up. I wondered what a lucky coincidence this was. Köppen was a climatologist of world reputation, Wegener, a genius of geophysics, knowledgeable in everything related to that science. And I realized that it was not a mere lucky coincidence, but the causality of events that brought all three of us together.”

Fruitful exchange of ideas between Milankovitch, Köppen and Wegener followed.

P. Ivanovitch Wien XIV  
Hochstrungasse 10.  
Wien, der alte Steffel

29 IX  
Много ергерних иоса рана  
Ваму зради, величана  
и рајана Врми Краи  
Варај Точитра из ови  
иу евог Вера.—  
Нами је ове у зема  
Бачукарпатуу биро се  
иуибамо евои бачуи и  
бачу, а ја се већрају  
иуиуе Краи бачуи и  
рајана — Врми Краи  
а то Врми Краи и  
Узито моје за  
за рана Миуи и Краи  
Зелават



Benutzt  
**DRUCKSACHE**  
Luftpost!

Herrn  
Prof. Klaukov  
Bel  
Bava Je

Meine Adresse lautet  
voraussichtlich  
ab 14. September:  
**Dr. B. Gutenberg**  
Seismological Laboratory  
220 North San  
Rafael Avenue  
**Pasadena**  
(Calif.) USA



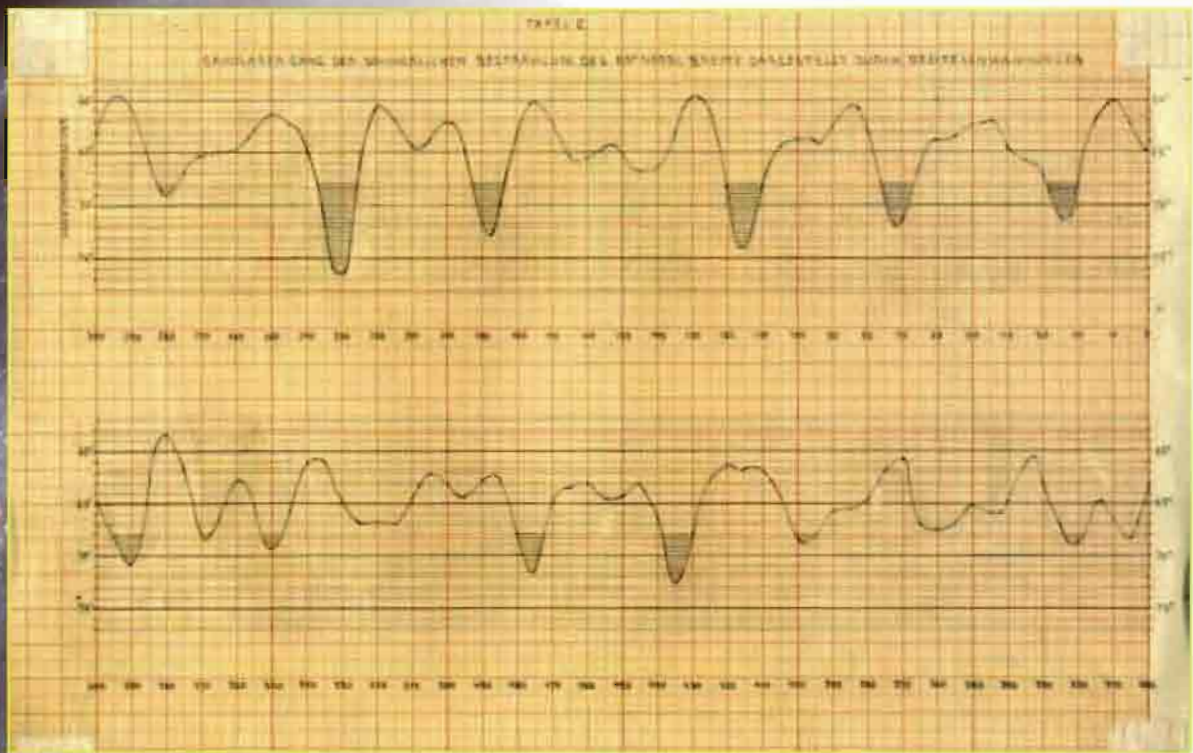
Wien, Mariahilferstrasse  
Prof. Dr. Tonio Pelle  
I. Pellammi  
S. H. G.

S. H. G.  
Yema Mir.  
I. Mitutin Mi  
Beag  
Bava Jelasi  
S. H. G.

18. Dec. 1930.  
Herrn  
Herrn ca. 1000  
u. Dackon  
Loregal  
S. H. G.

52-4 Carte  
Correspondance  
Carthage 22. Avril 1927.  
Moro andraba  
Bava, roca  
u. Baden.  
Mrs. Tempoliti.

France  
Belgrade  
Tocanduy  
Z. Muspway Musankolity  
getany dnuoc. d. d. d. d. d.  
(Yunbezdnuoc)



**Миланковићева крива осунчавања за 65°N за протеклих 600.000 година  
(Извор: М. Миланковић, Архив САНУ)**

**Milankovitch's insolation curve for 65°N for the past 600,000 years  
(Source: M. Milankovitch, Archive of the Serbian Academy of Sciences and Art)**

Кепена и Вегенера: „Климе геолошке прошлости” која је објављена 1924, Миланковић је доживео својеврсно признање.

Од тог времена сарадња са Кепеном и Вегенером се ширила и развијала. Са овим знаменитим научницима Миланковић непрестано ради на теорији померања Земљиних полова ротације.

Развивши математичку машинерију која ће му омогућити да прорачунава осунчавање на било којој датој географској ширини и за било које годишње доба, Миланковић је био спреман да крене у реализацију свог трећег циља: математички опис клима на Земљи у прошлости.

Планирао је да то постигне извлачећи криву која ће показати варијације у осунчавању одговорне за низ ледених доба.

of Milankovitch. Since that time, the cooperation with Köppen and Wegener expanded and developed. With these prominent scientists, Milankovitch continually worked on the theory of the shifting of the Earth's rotation poles.

After developing the mathematical machinery which would enable him to calculate the insolation in any given geographical latitude and for any annual season, Milankovitch was ready to start the realization of his third target: the mathematical description of climate on the Earth in the past. He planned to achieve this by placing the curve which would show the variations in insolation which were responsible for the series of ice ages.

In the period 1924 to 1930, Milutin Milankovitch calculated the curves for the geographical latitudes: 55 deg, 60 deg and

У периоду од 1924. до 1930. године Милутин Миланковић израчунава криве за географске ширине:  $55^\circ$ ,  $60^\circ$  и  $65^\circ$  северне хемисфере. То чини из разлога јер сматра да су то најосетљивије ширине на промену топлотног биланса на Земљи. Ни овај задатак није био лак и Миланковић истиче:

„После пуних 100 дана непрекидна рада добих своје рачуне, нацртах графичку предоцбу њихових резултата, а мој се дијаграм састојао из три зупчасте линије састављене од правих делова, од којих је свака предочавала како се у току минулих 650.000 година мењало летње осунчавање упоредника на  $55^\circ$ ,  $60^\circ$  и  $65^\circ$  северне географске ширине.”

За Кепенов „Приручник климатологије” у току 1927. године Миланковић пише „Математичку теорију климе и астрономску теорију варијације климе”, која ће бити објављена 1930. године, док за Гутенбергов „Приручник геофизике”, који је израдио Wegener, Миланковић пише 4 дела: „Положај и кретање Земље у васиони”, „Ротациона кретања земље”, „Секуларна померања полова” и „Астрономска средства за проучавање климе у току историје Земље”.

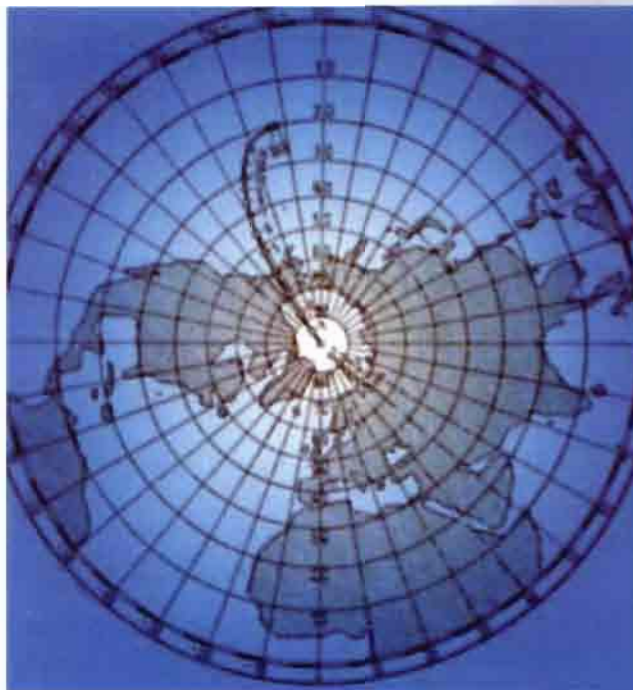
Дакле трећи циљ свога плана Миланковић је довршио 1930. године.

Колики је то посао и колико је то времена и упорности изискивало најбоље сведочи

65 deg of the northern hemisphere. He did that because, in his opinion, these were the latitudes on the Earth most sensitive to the change of thermal balance. That task was also not easy and Milankovitch points out: „After full 100 days of incessant work, I obtained my results. I made a graphical display of the results and my diagram consisted of three curved lines composed of straight sections, whereby each of them showed the change in the past 650,000 years of the insolation of parallels on 55 deg, 60 deg and 65 deg of northern geographic latitudes.”

For Köppen’s „Guide on Climatology”, Milankovitch wrote in 1927 „Mathematical Climate Theory and Astronomic Theory of Climate Variation”, which was published in 1930, and for Gutenberg’s „Guide on Geophysics” written by Wegener, Milankovitch wrote four papers: „The Earth’s Position and Movement in Space”, „Rotational Movement of the Earth”, „Secular Shift of the Poles” and „Astronomic Means for Climate Study during the Earth’s history”.

Thus, in 1930, Milankovitch completed the third target of his plan. The magnitude of the work and the time and persistence it demanded can best be seen in the fact that Milankovitch, known as systematic and precise man, worked continually on it for around fifteen years.



Секуларна путања Земљиног северног ротационог пола  
(М. Миланковић, 1941)

Secular orbit of the Earth’s northern rotation pole (M. Milankovitch, 1941)

податак да је Миланковић, познат по систематичности и прецизности, радио непрекидно око петнаест година. Да је неким случајем имао на располагању савремене рачунаре, своје компликоване прорачуне завршио би за мање од годину дана.

### 3.4. Реформа јулијанског календара

На предлог државних и црквених званичника Милутин Миланковић учествује на Конгресу свеправославних цркава у Цариграду 1923. године. Том приликом је предложио реформу јулијанског календара. Миланковићев календар је до сада најпрецизније урађен календар, а који је доведен на исти датум као грегоријански, од кога одступа само за један дан тек 2800.

Had contemporary computers been available to him, he would have finished his complicated calculations in less than a year.

### Reform of the Julian calendar

At the proposal of state and church authorities, Milutin Milankovitch participated on Pan-Orthodox Congress in Constantinople in 1923. On that occasion, he proposed a reform of the Julian calendar. Milankovitch's calendar is the most precise calendar ever made and it was brought to the same date as Gregorian calendar with a departure of only one day not before the year 2800, that is, until then there can be no differences with present Gregorian calendar. At the above-mentioned Congress, Milankovitch's



Учесници на Конгресу свеправославних цркава у Цариграду 1923. године  
(М. Миланковић десно на крају)

Participants of the Pan-Orthodox Congress in Constantinople in 1923  
(M. Milankovitch at the right far end)

године, односно до тада не може бити никаквог размимоилажења са садашњим грегоријанским календаром. Миланковићев календар је на наведеном Конгресу усвојен једногласно, али је касније примењен само у грчкој, румунској, цариградској и александријској православној цркви.

calendar was unanimously adopted, but it was later used only in the Greek, Romanian, Constantinople and Alexandrian Orthodox Church.

### 3.5. Кроз васиону и векове

„За време летњег одмора 1925. године, проведеног на семериншким планинама, учинио сам први, дотле непредузети покушај да развитак астрономије, њене велике људе и њихова открића представим у виду личних доживљаја, описаних у писмима. Очекивао сам да ће се таквом сарадњом знања и уобразиље постићи да велике тековине науке дану духом живота. То се догодило-или ми се бар тако причинило. Догађаји које сам својим пером описивао постадоше за мене стварни доживљаји који ме из уске средине тмурне садашњице одведоше у бесконачност васионе и у сретнија времена прошлости. Зато сам, кад ми је мој редовни научнички рад то дозвоља-

### Through Distant Worlds and Times

„During my summer vacation in 1925 spent on the Semering Mountains, I made a first step, never taken before, to present the development of astronomy, its great scientists and their inventions in the form of personal experiences described in letters. I

expected that such a cooperation of knowledge and imagination could give a breath of life to great achievements of science. That happened or so it seemed to me. The events I described with my pen become real experience for me that took me away from the small community and dull present to the infinite space and happier days in the past. This is why I would always, when my everyday scientific work would permit it, gladly undertake this new vocation



Насловна страна једног од издања Миланковићеве књиге

„Кроз васиону и векове“

Cover page of one of Milankovitch's editions of the book

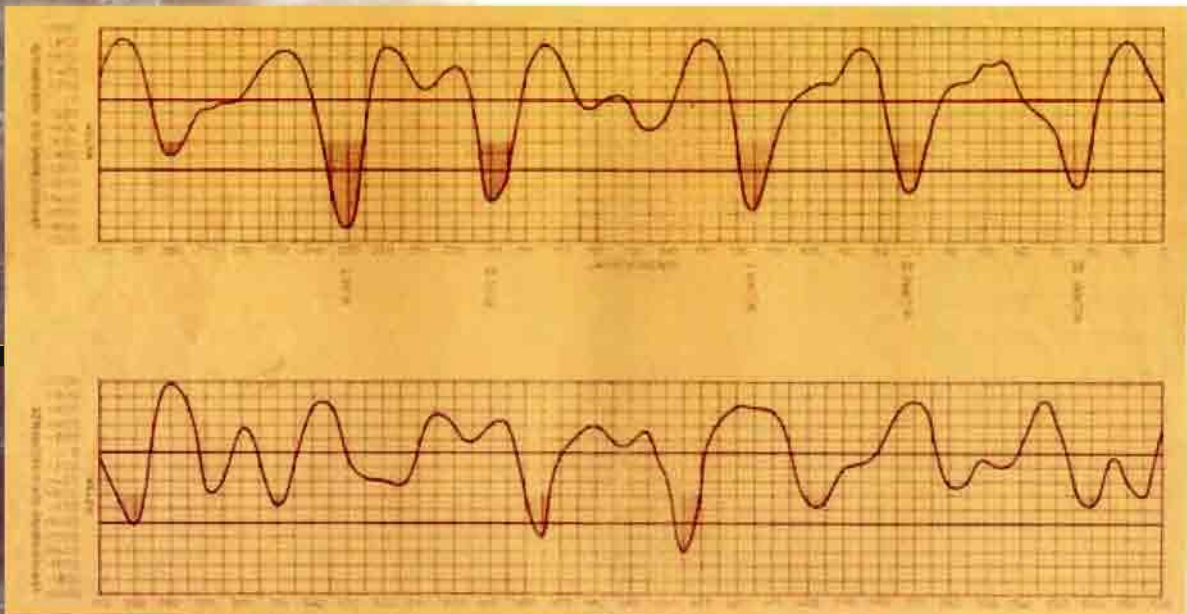
„Through distant worlds and times“

пао, радо прибегавао овом новом занимању које ме је освежило после сувопарних математичких испитивања“.

У периоду од 1925-1928. године настала је Миланковићева најлепша научно-популарна књига „Кроз васиону и векове“, писана у облику писама упућених непознатој пријатељици. Кроз васиону и векове је постао синоним за Миланковића, неуморног путника и истражитеља непознатих стаза наше планете и Сунчевог система. Са њом нас је Миланковић провео кроз древне цивилизације и упознао са античким и ренесансним мислиоцима, али и са својим савременицима, Кепенем и Вегенером, са својом математичком теоријом климе и својим циклусима ледених доба. Миланковић води своје читаоце на Месец, Марс, Венеру и друге планете у Сунчевом систему. У овој књизи која је доживела бројна издања, Миланковић на једноставан, свима разумљив начин описује компликоване проблеме из небеске механике.

which refreshed me after dry mathematical research.”

Milankovitch's most beautiful popular science book, „Through Distant Worlds and Times” was written in the period of 1925-1928. It was written in the form of letters to unknown friend. Through Distant Worlds and Times became a synonym for Milankovitch, a tireless traveler and explorer of unknown paths of our planet and Solar system. With it Milankovitch took us through ancient civilizations and introduced us to classical and Renaissance thinkers, as well as to his contemporaries, Köppen and Wegener and to his mathematical climate theory and his ice age cycles. Milankovitch takes his readers to the Moon, Mars, Venus and other planets in the Solar system. In this book, which was reprinted numerous times, Milankovitch describes the complicated problems of celestial mechanics in such way that is simple and understandable for everybody.



**Миланковићеви прорачуни померања снежне границе за део квартара до 600.000 година**

**Milankovitch's calculations of the snow border shifting for a part of quarter up to 600,000 years**



### 3.6. Нови резултати астрономске теорије климатских промена

У периоду од 1930. до 1940. године, Миланковић ради на остваривању свог четвртог циља: израчунава у коликој ће мери ледени покривачи реаговати на дату промену осунчавања. Миланковићу је пошло за руком да утврди математички однос између летњег осунчавања и надморске висине граничне линије снега и да тако одреди колико би повећање снежног покривача уследило као последица било које дате промене у летњем осунчавању. Своје резултате објављује 1938. године у раду: „Нови резултати астрономске теорије климатских промена”. Геолози су сада имали графикон са кога су могли да извуку граничне надморске висине ледених покривача за било које време у току последњих 650.000. година.

Када су ова четири циља научног подухвата достигнута, Миланковић је сматрао да је његов космички проблем решен.

### 3.7. Канон осунчавања Земље

Свестан да је његова теорија соларне радијације са успехом окончана, али да су прилози у вези са њом растурени по разним публикацијама, Миланковић одлучује да их све сакупи и објави синтетички. Почетком 1939. године започео је своје капитално дело „Канон осунчавања”. У „Канону” је садржан његов целокупан дугогодишњи рад, сви резултати и прорачуни, сва вера и нада, сва одрицања. „Канон” одражава сву темељитост, систематичност, упорност и тачност Миланковића. Али и више од тога, „Канон” одражава сигурност Миланковића у тачност својих математичких прорачуна и исправност научног приступа, као

### New results of the astronomic theory of climate changes

In the period 1930 to 1940, Milankovitch worked on the realization of his fourth target: the calculation of the measure of ice cover in dependence on a given change in insolation. Milankovitch succeeded in defining the mathematical relation between summer insolation and altitude of the snow line. In this way he managed to define the increase of snow cover which would occur as a consequence of any given change in summer insolation. He published his results in the paper: „New Results of the Astronomic Theory of Climate Changes”. Geologists were given a graph for presenting bordering altitudes of ice covers for any period of time during the last 650,000.

When these four targets of scientific undertakings were achieved, Milankovitch realized that his cosmic problem was solved.

### Canon of Insolation of the Earth

Aware that this theory of solar radiation was successfully completed, but that the papers related to it remained scattered in various publications, Milankovitch decided to collect them and combine them into one publication. At the beginning of 1939 he started the work on his cardinal masterpiece, „Canon of Insolation”. The Canon contains his entire lifelong work, all the results and calculations, all his faith and hope, all the sacrifices. The Canon reflects all the hard, systematic and precise work of Milankovitch. Even more than that, the Canon reflects the assurance of Milankovitch in the accuracy of his mathematical

и увереност да ће доћи дан, пре или касније, када ће стићи опште признање да су у његовом „Канону” записане универзалне законитости.

Миланковић је „Канон” писао две године, а штампање једног од највећих дела српске науке „Канон осунчавања земље и његова примена на проблем ледених доба” завршено је 2. априла 1941. године, уочи бомбардовања Београда. При нападу Немачке на Југославију, 6. априла 1941. године бомбардован је Београд, и у том стравичном разарању града страдала је и зграда штампарије која је штампала „Канон”. Стога су последње странице књиге морале бити поново штампане.

Дело је штампано на немачком језику као „Kanon der Erdbestrahlung und seine Anwendung auf das Eiszeitenproblem” у издању Српске краљевске академије на 626 страница.

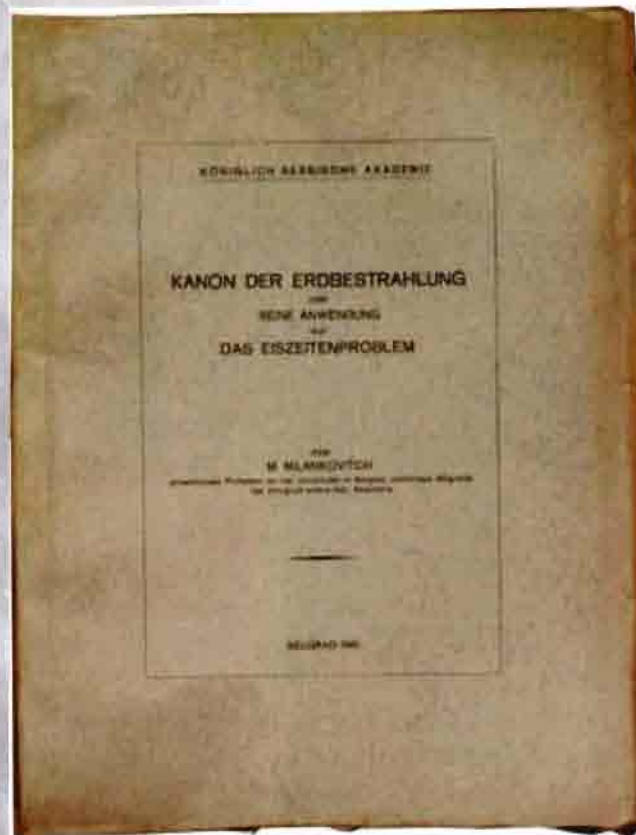
Својом теоријом Миланковић је први успео да реши проблем глацијације, доказавши да је секуларни ток инсолације главни узрок свих већих промена климе у квартарном периоду.

calculations and correctness of his scientific approach, as well as his assurance that the day would come, sooner or later, of the general recognition of the universal laws written in his Canon.

Milankovitch was writing the Canon for two years and the printing of one of the greatest works of Serbian science, „Canon of Insolation and its Application to the Ice-Age problem” was completed on the 2nd of April 1941, just before the bombing of Belgrade. In the German attack of Yugoslavia on the 6th of April 1941, Belgrade was bombed and in the resulting dreadful destruction of the city, the building of the printing shop which printed the Canon was destroyed. As a result, the several last pages of the book had to be reprinted.

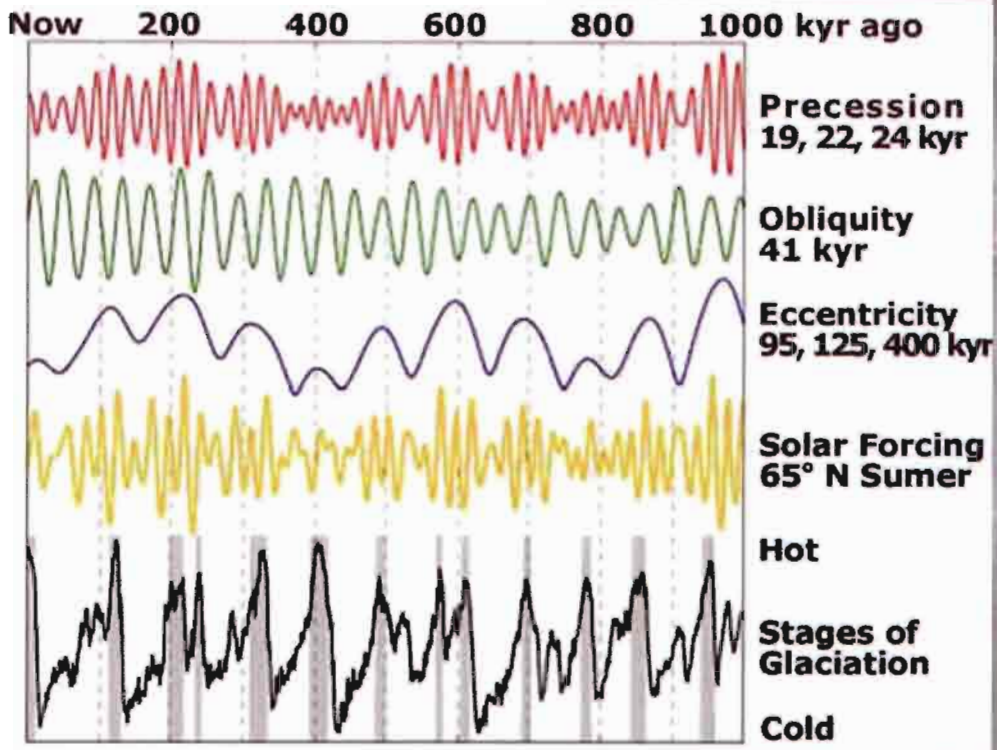
The Serbian Royal Academy had this work printed in German as „Kanon der Erdbestrahlung und seine Anwendung auf das Eiszeitenproblem” in 626 pages.

In his theory, Milankovitch was the first to solve the problem of glaciations proving that the secular flow of insolation was the main cause of all major climate changes in the Quaternary period.



**Милутин Миланковић, „Канон осунчавања”, Српска академија наука, Београд, 1941.**

**Milutin Milankovitch, „Canon of Insolation”, Serbian Academy of Sciences, Belgrade, 1941**



**Миланковићеви циклуси и фазе глацијација у току последњих милион година**  
**Milankovitch's cycles and glaciation phases during the last million years**

О ставрању свог грандиозног научног дела, Миланковић пише:

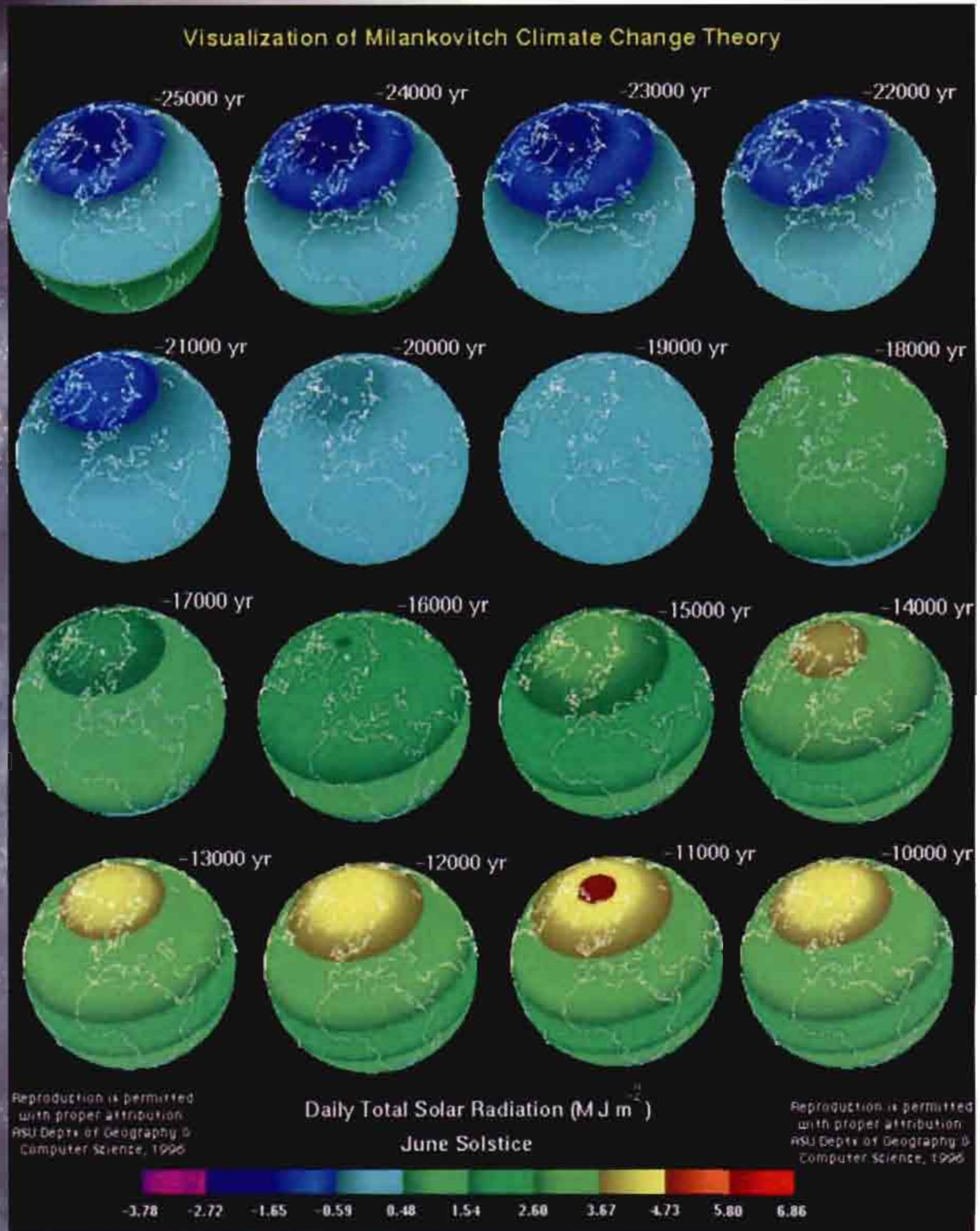
„Знао сам да тај посао киклопа није лак и да ће трајати годинама. Но то ме није заплашило, био сам млад, боље рећи у најбољим годинама за такав подухват. Да сам био млађи, не бих имао довољно знања и искуства за такав посао, а да сам био старији, не бих имао оног самопоуздања и одважности што их само младост даје”.

Упорним и стрпљивим радом, користећи сазнања из Теоријске физике, Небеске механике, о променама облика и положаја путања небеских тела, као и изузетну математичку надареност, Миланковић је први успео да реши проблем глацијације, математички доказавши да је секуларни ток инсолације главни узрок свих већих промена климе на планети Земљи.

Milankovitch wrote about the creation of his grandiose scientific undertaking:

„I knew that this task fit for Cyclops would not be easy and that it would last for years. That, however, did not intimidate me; I was young, in the best years for such an undertaking. If I were younger, I would not have had sufficient knowledge and experience for such a task, and if I were older, I would not have had that self confidence and courage that only youth gives.”

Through persistence and patient work, using the knowledge on celestial mechanics on the changes of the shape and orbits of celestial bodies, as well as his exceptional mathematical knowledge, Milankovitch was the first to mathematically solve the problem of glaciations, proving that the secular insolation flow was the main cause of all major climate changes in the Quaternary period.



Приказ Миланковићеве теорије о промени климе  
(Извор: ASU Depths of Geography & Computer Science, 1996)  
Visualization of Milankovitch's theory on climate change  
(Source: ASU Depths of Geography & Computer Science, 1996)

## 4. ЖИВОТНИ ПУТ И ПОТВРДА ТЕОРИЈЕ

## LIFE AND RECOGNITION OF THE THEORY

### 4.1 Путник кроз васиону

### Traveler through Distant Worlds

Радећи деценијама у науци, Миланковић није обраћао претерану пажњу на свет око себе. Обузет решавањем свог космичког проблема, повучен у храм науке, није ни осетио велике светске догађаје, два светска рата и два балканска рата, који прохујаше поред њега.

И ова, као и ранија земаљска збивања Миланковић као да је посматрао као путник кроз васиону, путујући у мислима кроз временско-просторни континуум тамо-амо, у пре и после. О томе он је писао:

*„Вечером, кад ме сутон, слаба електрична струја, умор, или други који узрок, одагна од мог писаћег стола, ја примакнем наслоњачу до прозора и посматрам звездано небо. Опазим ли Месец, ја се попнем до њега и шетам по његовој површини да изблиза видим оно што ме је на Месечевим мапама заинтересовало. Појави ли се која планета, ја одлетим до ње да бих резултате мојих математичких испитивања о клими планета контролисао на лицу места“.*

У том расположењу говорио је сину: „Једном када велику рибу ухватиш, више те мале рибе и не интересују. Пуних 25 година радио сам ја на својој теорији осунчавања, а сада када је тај рад завршен, ја више

Working on science for decades, Milankovitch did not pay much attention to the world around him. Occupied by the solution of his cosmic problem, withdrawn in the temple of science, he did not feel the great world events, two World Wars and two Balkan Wars, which swept by him.

Milankovitch viewed this, like former worldly events, as a traveler through distant worlds, traveling in his thoughts through temporal and spatial continuum, here and there, before and after. He wrote about that:

*„In the evening when dusk, weak electric light, weariness or any other cause forces me to leave my writing desk, I move the armchair near to the window and watch the starry sky. If I see the Moon, I climb on it and walk upon its surface to see from close range what interested me on the maps of the Moon. If any planet appears, I fly to it to check the results of my mathematical research on the very spot.“*

In this mood, he told his son: „Once you catch a big fish, you are not interested in small fish anymore. For full 25 years I was working on my theory of insolation and now that this work is finished,

посла и немам. Превише сам стар да отпочнем рад на каквој новој теорији, а теорије таквог домета каквог је била она коју сам завршио не расту на гранама дрвећа”

Стога је Миланковић одлучио да за време немачке окупације у току Другог светског рата коју као шездесетогодишњак проводи у Београду, напише историју свог живота и рада, како после његове смрти не би неко погрешно написао његову биографију. Своје мемоаре „Успомене, доживљаје и сећања“ објавио је 1952. године, а 1957. године завршио је рад на краткој синтези својих научних истраживања. У овом делу Миланковић открива своју филозофију живота као и приступ и начин свог стварања, које се без прекида одвијало током деценија и представљало најдубљи део његовог битисања.

Тако покољењима најбоље записе о највећем српском научнику 20. века који је спојио Земљу и космос, подарио је сам Миланковић и објаснио:

*„То чиним због тога што бих желео да овим уведем читаоца у своју научничку радионицу и саопштим му искуства свога дугогодишњег научничког рада, верујући да ће то бити корисно онима који буду одабирали исти позив“.*

Миланковић је иначе објавио преко 150 радова и књига, укључујући и оне које имају за циљ популаризацију науке (као што су: „Кроз васиону и векове“, „Кроз царство наука“, Слике из живота великих научника“, „Историја астрономске науке од њених првих почетака до 1727“).

После Другог светског рата дуго година је био потпредседник Српске академије наука и уметности, чији је дописни члан постао 1920. године, а редовни 1924. године. У току 1955. године одлази у пензију након 50 година рада.

I have nothing more to do. I am too old to start working on any new theory, since theories of the same magnitude as the one I have completed do not grow on trees.”

This is why Milankovitch decided, during the German occupation in the Second World War that he spent in Belgrade as a sixty year old, to write the history of his life and work so that nobody could write his biography incorrectly after his death. He published his memoirs „Reminiscences, Experiences and Knowledge” in 1952 and in 1957 he completed his work on a short synopsis of his scientific research. In this work, Milankovitch presents his life philosophy as well as the approach and mode of his work which continued without interruption for decades and meant the crucial part of his life.

Thus, Milankovitch himself gave the best literature on the greatest Serbian scientist of the 20th century, who connected the Earth and space. As he explained it:

*„I am doing this because I want to introduce the reader to my scientific workshop and tell him my experiences of lifelong scientific work believing that it would be useful to those choosing the same vocation.“*

Milankovitch published over 150 papers and books, including those aimed at popularizing the science (like „Through Distant Worlds and Times”, „Scenes From the Lives of Great Scientists”, „History of Astronomic Science since its Beginnings to 1727”).

After the Second World War, he was the vice-president of the Serbian Academy of Sciences and Arts, having become a corresponding member in 1920 and a regular member in 1924. He retired in 1955 after 50 years of work.

Milutin Milankovitch died on the 12th of December 1958 in Belgrade. He was first buried at Belgrade cemetery, Novo Groblje,

Милутин Миланковић је умро 12. децембра 1958. године у Београду. Првобитно је сахрањен у гробници на Новом гробљу у Београду, али је, према сопственој жељи и на иницијативу сестре близнакиње Милене, 1966. године пренет у породичну гробницу на православно гробље у Даљ, на обали Дунава – рајске реке Фисон, одакле је пошао на свој пут кроз васиону и векове, где и сада почива.

Блистави ум се и физички преселио међу звезде да вечно путује кроз васиону и векове чије је путеве већ за живота најбоље познавао.

## 4.2. Докази и потврда Миланковићеве теорије

Миланковић је умро а да није доживео пуну сатисфакцију своје теорије, јер је оспораван од једног дела научне јавности. После низа година заборављања, одбацивања и непризнавања, деценију после смрти, започиње нови живот Милутина Миланковића.

У почетку све је ишло полако, а затим је све више и више чињеница указивало на тачност Миланковићевих прорачуна. Поред бројних експеримената у свету, група истраживача утврдила је истраживањем карактеристика лесног профила Чот у Старом Сланкамену у Србији такође присуство Миланковићевих циклуса.

Пројекат CLIMAP (Climate: Longrange Investigation, Mapping and Production-Клима: дугорочно истраживање, мапирање и прогнозирање) коначно решава и доказује Миланковићеве циклусе осунчавања. Из дубокоморских језгара Шеклтон и Опдајк 1972. године састављају временску скалу климатских догађаја за последњих 700.000 година.

Најзад Хејс, Имбри и Шеклтон изводе спектралну анализу језгара и утврђују 1976. године да се у протеклих

but, honoring his wish and upon the initiative of his twin sister Milena, he was reburied in the family vault in the cemetery of the Serbian Orthodox Church in Dalj, on the banks of the Danube-heavenly River Fisson, from where he started his journey through distant worlds and times and where he now rests.

A brilliant mind joined the stars in eternal travel through distant worlds and times that he already knew well in his lifetime.

## Proofs and confirmations of Milankovitch's theory

Milankovitch died without having the full recognition of his theory because it was disputed by a part of the scientific community. After years of oblivion, disputing and negation, a new life of Milutin Milankovitch started ten years after his death.

At first everything was moving slowly, but soon increasingly more and more facts were indicating the accuracy of Milankovitch's calculations. In addition to numerous experiments in the world, a group of researchers studied the characteristics of loess profile Cot in Stari Slankamen in Serbia and discovered the presence of Milankovitch's cycles.

The project CLIMAP (Climate: Longrange Investigation, Mapping and Production) finally solved and proved Milankovitch's insolation cycles. Shackleton and Opdyke in 1972 compose a time scale of climate events in the last 700,000 years.

Finally, Hays, Imbrie and Shackleton carried out spectral core analysis in 1976 and found that in the last 500,000 years, the climate changes were dependent on the changes of the tilt of the Earth's rotation

500.000 година клима мењала у зависности од промена нагиба Земљине осе ротације и прецесије, како је то још 1924. године прорачунао Миланковић.

**Тиме су Миланковићеви циклуси осунчавања дефинитивно доказани.**

Миланковићева астрономска теорија ледених доба пружа могућност за предвиђање будуће климе, јер је секуларни ток инсолације неминовност. Човек се данас налази у периоду интергласијације или топле фазе. Ледници се данас задржавају на високим географским ширинама, на половима, Гренланду или врховима високих планинских ланаца и за сада не прети опасност од њиховог ширења ка јужним пределима.

Међувладин панел за промену климе у свом Четвртном научном извештају о промени климе истиче да, сходно Миланковићевој орбиталној теорији, планета Земља неће природним путем за најмање 30.000 година ући у ново ледено доба.

Ова тврдња изнета је на основу Миланковићеве астрономске теорије ледених доба и његовог дијаграма осунчавања који пружају егзактну основу за предвиђа-

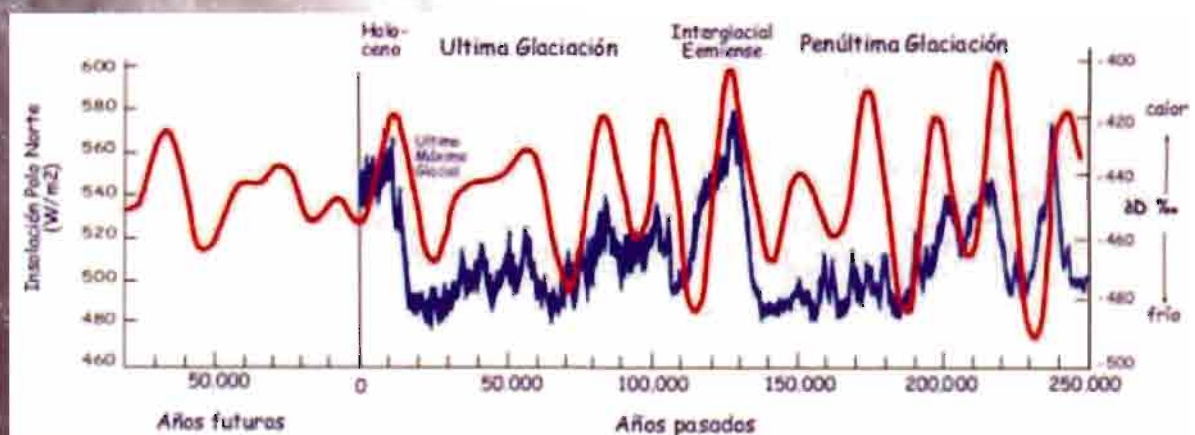
axis and precession, as Milankovitch had calculated already in 1924.

**This was the final proof of Milankovitch's insolation cycles**

Milankovitch's astronomic theory of ice ages enables the future climate to be forecasted, since secular insolation development is unavoidable. Today man is in the period of interglaciation or warm phase. Icebergs today remain on high geographic latitudes, on the poles, Greenland or peaks of high mountain ranges and there is no imminent danger of their extension to southern regions.

The intergovernmental Panel of Climate Change in its Fourth Scientific Report on Climate Change pointed out that, according to Milankovitch's orbital theory, the planet Earth will not naturally enter a new ice age for the least 30,000 years.

This statement was made on the basis of Milankovitch's astronomic theory of the ice ages and its diagram of insolation, which offer the exact basis for the forecasting of climate changes on the planet. Nowadays, changes in the obliquity of the Earth's rotation axis and eccentric orbit around the Sun cause cooling changes, while precession has



**Миланковићева крива осунчавања за северни пол за претходних 250.000 година и наредних 80.000 година и циклуси садржаја деутеријума у леднику**

**Milankovitch's insolation curve for the North Pole for the past 250,000 and future 80,000 years and the cycles of the deuterium content of icebergs**



ње развоја климе на планети. У данашње време промена нагиба Земљине осе ротације и ексцентрична путања око Сунца делују у смеру захлађења, док прецесија има смер загревања. Ова неуједначеност неће променити природни климатски циклус све док се сва три астрономска елемента не усагласе у једном правцу деловања.

Свој математички апарат Миланковић је разрадио за последњих 600.000 година. Он је, међутим, универзалан и применљив за читаву геолошку историју Земље. На тај начин постало је разумљиво откуд ледени трагови у периодима пре 400 или 600 милиона година или, обрнуто, откуд бујна вегетација и велике насlage каменог угља пре око 350-300 милиона година. Палеоклиму је, дакле, било могуће разумети и у фази отопљавања и климатског максимума и у фази захлађења и климатског минимума.

Садашње стање у климатском систему показује тенденцију која није у складу са природним током. Шта је разлог томе?

Нагло увећање индустријских и других људских активности у 20. веку довело је до повећаног коришћења свих ресурса, а нарочито фосилних горива, и до неконтролисаног загађивања атмосфере са последицом климатских промена и подизања нивоа мора. Стога се процењује да антропогене промене климе суперпомиране на природне промене климе могу довести до драматичних процеса у климатском систему са неповољним последицама по живи свет на нашој планети у неколико наредних столећа.

И као што је Кепен 1922. године наслутио, да Миланковићева теорија може бити непроцењива алатка при истраживању прастарих клима, тако и савремена наука увиђа да се без ње не може проучавати ни предвиђати будућа клима, што потврђује и Четврти извештај Међувладиног панела за промену климе (IPCC) који је објављен 2007. године.

a warming effect. This disharmony will not change the natural climate cycles, unless the actions of all three astronomic elements are harmonized towards one direction.

Milankovitch elaborated his mathematical tool in the last 600,000 years. However, it is universal and applicable to the whole geological history of the Earth. In this way, the origin was explained by ice traces in the periods of 400 or 600 million years ago, or, the other way around, the origin of rich vegetation and great deposits of hard coal around 350-300 million years ago. Therefore, it was possible to understand paleoclimate both in the phase of warming with a climate maximum and in the cooling phase and climate minimum.

The present state in climate system shows a tendency not in accordance with natural development. What is the cause of this?

Sudden increase of industrial and other human activities in the 20th century caused an increased use of all resources, especially fossil fuels, and uncontrolled atmospheric pollution, which had as consequences, the climate change and the rising of the sea level. Thus, it is estimated that anthropogenic climate changes superposed on natural climate changes can cause dramatic processes in the climate system, with unfavorable consequences for the living world on our planet in several forthcoming ages.

Similar to Köppen's belief in 1922 that Milankovitch's theory could be a priceless tool in the research of ancient climates, contemporary science also realizes that future climate cannot be studied or forecasted without it, as confirmed by the Fourth Report of Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), which was published in 2007.

## ЛИТЕРАТУРА

Миланковић, М. (1952): Успомене, доживљаји и сазнања из година 1909. до 1944., Српска академија наука, Посебна издања, књига СХСV, Одељење природно-математичких наука, књига 6, Београд.

Миланковић, М. (1997): Изабрана дела. Завод за уџбенике и наставна средства: Канон осунчавања Земље, књ. 1, 1-369; Канон осунчавања Земље, књ. 2, 1-325; Небеска механика и Историја астрономске науке, књ. 3, 1-300; 310-461; Кроз васиону и векове и Кроз царство наука, књ. 4, 1-248. 249- 491; Списи из историје науке, књ. 5, 1-549; Чланци, говори, преписка, књ. 6, 1-660.

Имбри, Џ. Кетрин Палмер Имбри, (1979): Ледена Доба, Нолит, Београд.

Милићевић, В. (2000): Миланковић – прошлост, садашњост, будућност, Клуб ХТ, 1-228, Београд.

Milankovitch, M. (1920): Theorie Mathematique des Phenomenes Thermiques produits par la Radiation Solaire. Gauthier-Villars Paris.

Публиковање ове књиге су подржали Републички хидрометеоролошки завод Србије, Општина Ердут и Пловпут Београд.

Publishing of this book was supported by the Republic Hydrometeorological Service of Serbia, Erdut Municipality and Plovput Company, Belgrade.

## REFERENCES

Milankovitch, M. (1930): Mathematische Klimalehre und Astronomische Theorie der Klimaschwankungen, Handbuch der Klimalogie Band 1. Teil A Borntrager Berlin.

Milankovitch, M. (1941): Kanon der Erdbestrahlungen und seine Anwendung auf das Eiszeitenproblem. Belgrade.

Hays, J. D., Imbrie, J., Shackleton, N. J. (1976): Variations in the Earth's Orbit: Pacesetter of the Ice Ages. Science 194 (4270): 1121-1132.

Lisiecki, L. E., Raymo, M. E. (2005): A Pliocene-Pleistocene stack of 57 globally distributed benthic  $\delta^{18}O$  records. Paleogeography 20: PA1003.

Quinn, T.R. et al (1991). A Three Million Year Integration of the Earth's Orbit. The Astronomical Journal 101 2287-2305.

IPCC, 2007: Climate Change 2007: The Physical Science Basis, 2007.

IPCC, 2007: Climate Change 2007: „Impacts, Adaptation and Vulnerability“, 2007.

IPCC, 2007: Climate Change 2007: „Mitigation of Climate Change“, 2007.

CIP - Каталогизација у публикацији Народна библиотека Србије, Београд

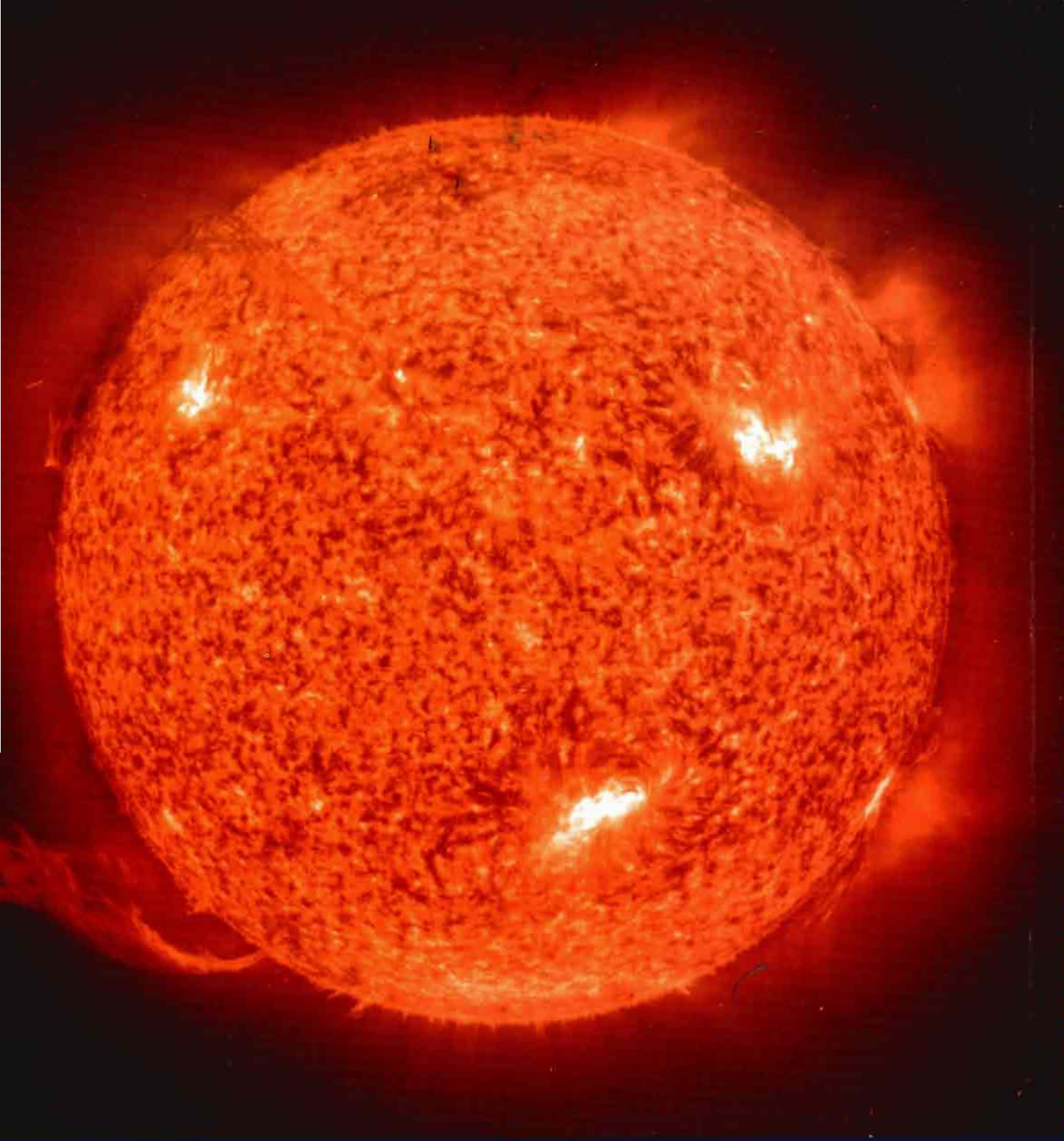
**МИЛУТИН Миланковић**: путник кроз васиону и векове / Milutin Milankovich : a traveler through distant world and times / [текст приредили Даница Спасова... [и др.] ; превод на енглески језик Милица Јеремић]. - 2. изд. - Београд : “Удружење Милутин Миланковић” : Завод за унапређивање образовања и васпитања, 2008 (Београд : МСТ Гајић). - 71 стр. : илустр. ; 30 cm

Подаци о аутору преузети из колофона. - Текст упоредо на срп. и енгл. језик. - Тираж 1.000. - Библиографија: стр. [72].

ISBN 978-86-910617-0-8 (UMM)

5:929 Миланковић М.

COBISS.SR-ID 147948300



*M. Muzumabati*

ISBN 978-86-910617-0-8



9 788691 061708