

ГЛАС

СРПСКЕ КРАЉЕВСКЕ АКАДЕМИЈЕ

CLXXV

ПРВИ РАЗРЕД

86

БЕОГРАД 1937

САДРЖАЈ

| | | |
|----|---|-----|
| 1 | М. Миланковић , Нови резултати астрономске теорије климатских промена. | 1 |
| 2 | Драгослав С. Митриновић , Истраживања о асимптотским линијама површина | 43 |
| 3 | Драгољуб Марковић , О размацама реалних корена алгебарских једначина. | 71 |
| 4 | Антон Билимовић , Коефицијенат раширености једне области. | 77 |
| 5 | Антон Билимовић , Природна проучавања у геометрији и механици | 99 |
| 6 | Антон Билимовић , О коефицијентима асиметрије. | 109 |
| 7 | Антон Билимовић , О линеарним специјалним каноничним трансформацијама | 125 |
| 8 | Михаило Петровић , Једна врста бројних квази-инваријаната | 137 |
| 9 | Михаило Петровић , О двоструким потенцијалним редовима. | 175 |
| 10 | Д-р Мил. Ѕ. Јовичић , Зближавање физичких и хемиског метода истраживања у питању трансмутације елемената. | 201 |
| 11 | В. Жардецки , Примедба о облицима перманентно ротирајуће течне масе. | 217 |
| 12 | В. Жардецки , О условима равнотеже течне масе на којој плива тврсто тело. | 225 |
| 13 | Милош Радојчић , О скупу трансцендентних снопова у близини неког есенцијалног сингуларитета аналитичке функције. | 237 |
| 14 | Јован И. Шел , Коефицијенат прелаза топлоте са лоптасте површине на околни ваздух у случају природне конвекције. | 249 |
| 15 | Д-р Н. Салтиков , Теорија тангенцијалних трансформација. | 265 |
| 16 | Јован Карамата , О проширеним аритметичким срединама. | 289 |



Нови резултати астрономске
теорије климатских промена.

Од

М. МИЛАНКОВИЋА

НОВИ РЕЗУЛТАТИ АСТРОНОМСКЕ ТЕОРИЈЕ КЛИМАТСКИХ ПРОМЕНА.

Од

М. МИЛАНКОВИЋА

(Приказано на скупу Академије природних наука, 26 децембра 1933 г.).

Увод. Разматрања која сам изложио у својој „Математској теорији климе“¹⁾ нашла су широку примену у радовима климатолога и геолога; нарочито нумерички резултати те теорије постали су полазном тачком многих њихових испитивања. Ти резултати биће овде проширени новима. Да би се до тих нових нумеричких резултата дошло, потребна су нека претходна аналитичка испитивања. Она чине наставак испитивања саопштених у моме споменутом делу.

О шоплојним количинама калоричних годишњих доба. Топлотне количине што их Сунце шаље географској ширини φ за време калоричних годишњих доба претстављене су у „Математској теорији климе“ обрасцима (122) до (124), т. ј. обрасцима

$$(1) \quad \begin{cases} Q_s = W_s - me \sin \Pi, \\ Q_w = W_w + me \sin \Pi, \end{cases}$$

$$(2) \quad m = \frac{2(b_0 - b_1 + b_2 - b_3 + \dots) T I_0}{\pi^2 \sqrt{1 - e^2}}$$

Овом последњем обрасцу могуће је дати и други облик. Уочимо обрасце (46), (47), (44), (71) и (32) споменутог дела, т. ј. обрасце

¹⁾ *Milankovitch*, Mathematische Klimalehre und Astronomische Theorie der Klimaschwankungen. Band I, Teil A des Köppen-Geigerschen Handbuches der Klimatologie. Berlin, 1930.

$$(3) \quad w = \frac{1}{\pi} \frac{I_0}{\rho^2} \cos \varphi [n \psi_0 \sin \delta + \cos \delta \sin \psi_0]$$

$$(4) \quad n = \operatorname{tang} \varphi$$

$$(5) \quad \cos \psi_0 = -n \operatorname{tang} \delta$$

$$(6) \quad w = \frac{1}{\pi} \frac{I_0}{\rho^2} \left[b_0 + \frac{\pi}{2} \sin \varphi \sin \varepsilon \sin \lambda - b_1 \cos 2\lambda + \right. \\ \left. + b_2 \cos 4\lambda - b_3 \cos 6\lambda + b_4 \cos 8\lambda - + \dots \right]$$

$$(7) \quad \sin \delta = \sin \varepsilon \sin \lambda.$$

Ове једначине важе за сваку лонгитуду λ Сунца. За $\lambda = 0$ је, због (7),

$$\delta = 0,$$

дакле због (5)

$$\psi_0 = \frac{\pi}{2},$$

па због (3) и (4)

$$(8) \quad w = \frac{1}{\pi} \frac{I_0}{\rho^2} \cos \varphi,$$

а због (6)

$$(9) \quad w = \frac{1}{\pi} \frac{I_0}{\rho^2} [b_0 - b_1 + b_2 - b_3 + b_4 - + \dots].$$

Из једначине (8) и (9) следује

$$(10) \quad b_0 - b_1 + b_2 - b_3 + b_4 - + \dots = \cos \varphi,$$

па је због (2)

$$m = \frac{2TI_0}{\pi^2 \sqrt{1-e^2}} \cos \varphi.$$

Како ексцентрицитет e Земљине путање остаје увек мален, то можемо његов квадрат поред јединице занемарити па добивамо:

$$(11) \quad m = \frac{2TI_0}{\pi^2} \cos \varphi.$$

Коефициент m не зависи, дакле, од времена.

Обрасци (1) важе за северну хемисферу Земљину; за јужну је:

$$(12) \quad \begin{cases} \bar{Q}_s = W_s + me \sin \Pi, \\ \bar{Q}_w = W_w - me \sin \Pi. \end{cases}$$

У екваторској зони Земљине површине, и то између географских ширина -15° до $+15^\circ$, нису, због двоструког периодичитета инсолације, летња и зимска полугодина толико јасно изражене као на осталим географским ширинама, па овде није могуће годину разчланити у две једнаке половине, од којих једна обухвата све дане у којима је инсолација јача но у макојем дану друге полугодине. Овде се летња калорична полугодина разликује од зимске тиме што је обухватила јаче изражени максимум инсолације, па тиме максимум топлотних количина што их једна полугодина може да обухвати. Како су функције Q_s и Q_w континуиране на интервалу географских ширина од полова па све до екватора, то су помоћу једначина (1) и (12) дефинисане топлотне количине које одговарају калоричним полугодинама и за саму споменуто тропску зону.

Израчунавање секуларних промена количина Q_s и Q_w врши се на овај начин. Применом једначина (123 bis) „Математске теорије климе“, т. ј. применом једначина

$$(13) \quad \begin{cases} W_s = W_s^0 + \Delta W_s \Delta \varepsilon, \\ W_w = W_w^0 + \Delta W_w \Delta \varepsilon, \end{cases}$$

добивамо, место (1),

$$(14) \quad \begin{cases} Q_s = W_s^0 + \Delta W_s \Delta \varepsilon - me \sin \Pi, \\ Q_w = W_w^0 + \Delta W_w \Delta \varepsilon + me \sin \Pi. \end{cases}$$

Као полазну епоху за израчунавање секуларних промена Земљине инсолације одабиремо годину 1800,0, јер од те епохе полазе Леверијеова и Мишковићева израчунавања секуларних промена астрономских елемената. Означимо ли вредности астрономских елемената e , Π , ε за ту годину са e_0 , Π_0 , ε_0 , а са W_s^0 и W_w^0 одговарајуће вредности ~~са~~ W_s и W_w , то је за ту почетну епоху:

$$(15) \quad \begin{cases} Q_s^0 = W_s^0 - me_0 \sin \Pi_0, \\ Q_w^0 = W_w^0 + me_0 \sin \Pi_0. \end{cases}$$

Секуларне промене количина Q_s и Q_w претстављене су са

$$(16) \quad \Delta Q_s = Q_s - Q_s^0; \quad \Delta Q_w = Q_w - Q_w^0,$$

т. ј. са

$$(17) \quad \begin{cases} \Delta Q_s = \Delta W_s \Delta \varepsilon - m e \sin \Pi + m e_0 \sin \Pi_0, \\ \Delta Q_w = \Delta W_w \Delta \varepsilon + m e \sin \Pi - m e_0 \sin \Pi_0, \end{cases}$$

$$(18) \quad \Delta \varepsilon = \varepsilon - \varepsilon_0.$$

Уведимо озна~~чења~~^{ке}

$$(19) \quad e \sin \Pi - e_0 \sin \Pi_0 = \Delta (e \sin \Pi),$$

~~се~~ добивамо

$$(20) \quad \begin{cases} \Delta Q_s = \Delta W_s \Delta \varepsilon - m \Delta (e \sin \Pi), \\ \Delta Q_w = \Delta W_w \Delta \varepsilon + m \Delta (e \sin \Pi). \end{cases}$$

Ове једначине важе за северну хемисферу; за јужну их ваља заменити овима:

$$(21) \quad \begin{cases} \overline{\Delta Q_s} = \Delta W_s \Delta \varepsilon + m \Delta (e \sin \Pi), \\ \overline{\Delta Q_w} = \Delta W_w \Delta \varepsilon - m \Delta (e \sin \Pi). \end{cases}$$

Помоћу ових образаца могу се израчунати секуларне промене топлотних количина Q_s и Q_w за све географске ширине Земљине површине.

Од велике је користи за просуђивање климе Земљине прошлости израчунати секуларни ход инсолације ~~једне~~ одређене Земљине зоне, која лежи између упоредника φ_1 и φ_2 . То се чини овако.

Уочимо елементарну, бесконачно уску зону Земљине површине која лежи између упоредника φ и $\varphi + d\varphi$, и која има површину

$$(22) \quad df = 2\pi r^2 \cos \varphi d\varphi.$$

Та зона прима за време летње односно зимске калоричне полугодине, а због (1) и (11), ~~се~~ топлотне количине:

$$(23) \quad \begin{cases} dQ_s = Q_s df = 2\pi r^2 \left\{ W_s \cos \varphi d\varphi - \frac{2TI_0}{\pi^2} e \sin \Pi \cos^2 \varphi d\varphi \right\}, \\ dQ_w = Q_w df = 2\pi r^2 \left\{ W_w \cos \varphi d\varphi + \frac{2TI_0}{\pi^2} e \sin \Pi \cos^2 \varphi d\varphi \right\}. \end{cases}$$

Зона Земљине површине која лежи између упоредника φ_1 и φ_2 добиваће за време калоричних полугодина ове топлотне количине:

$$(24) \quad \begin{cases} R_s = 2\pi r^2 \left\{ \int_{\varphi_1}^{\varphi_2} W_s \cos \varphi d\varphi - \frac{2TI_0}{\pi^2} e \sin \Pi \int_{\varphi_1}^{\varphi_2} \cos^2 \varphi d\varphi \right\}, \\ R_w = 2\pi r^2 \left\{ \int_{\varphi_1}^{\varphi_2} W_w \cos \varphi d\varphi + \frac{2TI_0}{\pi^2} e \sin \Pi \int_{\varphi_1}^{\varphi_2} \cos^2 \varphi d\varphi \right\}. \end{cases}$$

Узме ли се у обзир да је

$$\int_{\varphi_1}^{\varphi_2} \cos^2 \varphi d\varphi = \int_{\varphi_1}^{\varphi_2} \frac{1 + \cos 2\varphi}{2} d\varphi = \frac{1}{2} (\varphi_2 - \varphi_1) + \frac{1}{4} (\sin 2\varphi_2 - \sin 2\varphi_1),$$

и да је површина уочене зоне, према (22), једнака

$$F = 2\pi r^2 \int_{\varphi_1}^{\varphi_2} \cos \varphi d\varphi = 2\pi r^2 (\sin \varphi_2 - \sin \varphi_1),$$

~~се~~ ~~она~~ ~~је~~ ~~једна~~ ~~ка~~ ~~која~~ ~~лежи~~ ~~између~~ ~~упоредника~~ ~~φ_1~~ ~~и~~ ~~φ_2~~ ~~зоне~~ ~~Земљине~~ ~~површине~~ ~~прима~~ ~~за~~ ~~време~~ ~~калоричних~~ ~~полугодина~~ ~~топлотне~~ ~~количине~~:

$$Q_s = \frac{R_s}{F}; \quad Q_w = \frac{R_w}{F},$$

т. ј.

$$(25) \quad \left\{ \begin{aligned} Q_s &= \frac{1}{\sin \varphi_2 - \sin \varphi_1} \left\{ \int_{\varphi_1}^{\varphi_2} W_s \cos \varphi \, d\varphi - \frac{TI_0}{\pi^2} \left[(\varphi_2 - \varphi_1) + \right. \right. \\ &\quad \left. \left. + \frac{1}{2} (\sin 2\varphi_2 - \sin 2\varphi_1) \right] e \sin \Pi \right\} \\ Q_w &= \frac{1}{\sin \varphi_2 - \sin \varphi_1} \left\{ \int_{\varphi_1}^{\varphi_2} W_w \cos \varphi \, d\varphi + \frac{TI_0}{\pi^2} \left[(\varphi_2 - \varphi_1) + \right. \right. \\ &\quad \left. \left. + \frac{1}{2} (\sin 2\varphi_2 - \sin 2\varphi_1) \right] e \sin \Pi \right\}. \end{aligned} \right.$$

Садашњости одговарају ове количине:

$$Q_s^0 = \frac{1}{\sin \varphi_2 - \sin \varphi_1} \left\{ \int_{\varphi_1}^{\varphi_2} W_s^0 \cos \varphi \, d\varphi - \frac{TI_0}{\pi^2} \left[(\varphi_2 - \varphi_1) + \right. \right. \\ \left. \left. + \frac{1}{2} (\sin 2\varphi_2 - \sin 2\varphi_1) \right] e_0 \sin \Pi_0 \right\} \\ Q_w^0 = \frac{1}{\sin \varphi_2 - \sin \varphi_1} \left\{ \int_{\varphi_1}^{\varphi_2} W_w^0 \cos \varphi \, d\varphi + \frac{TI_0}{\pi^2} \left[(\varphi_2 - \varphi_1) + \right. \right. \\ \left. \left. + \frac{1}{2} (\sin 2\varphi_2 - \sin 2\varphi_1) \right] e_0 \sin \Pi_0 \right\}.$$

Користећи се обрасцима (13), (16) и (19), добивамо ове секуларне промене количина Q_s и Q_w

$$(26) \quad \left\{ \begin{aligned} \Delta Q_s &= \frac{1}{\sin \varphi_2 - \sin \varphi_1} \left\{ \Delta e \int_{\varphi_1}^{\varphi_2} \Delta W_s \cos \varphi \, d\varphi - \right. \\ &\quad \left. - \frac{TI_0}{\pi^2} \left[(\varphi_2 - \varphi_1) + \frac{1}{2} (\sin 2\varphi_2 - \sin 2\varphi_1) \right] \Delta (e \sin \Pi) \right\} \\ \Delta Q_w &= \frac{1}{\sin \varphi_2 - \sin \varphi_1} \left\{ \Delta e \int_{\varphi_1}^{\varphi_2} \Delta W_w \cos \varphi \, d\varphi + \right. \\ &\quad \left. + \frac{TI_0}{\pi^2} \left[(\varphi_2 - \varphi_1) + \frac{1}{2} (\sin 2\varphi_2 - \sin 2\varphi_1) \right] \Delta (e \sin \Pi) \right\}. \end{aligned} \right.$$

Топлотна количина Q_T која одговара целој години

$$Q_T = Q_s + Q_w = W_s + W_w = W_T$$

подлежи, пошто је $\Delta W_T = \Delta W_s + \Delta W_w$, овој секуларној промени:

$$(27) \quad \Delta Q_T = \frac{\Delta e}{\sin \varphi_2 - \sin \varphi_1} \int_{\varphi_1}^{\varphi_2} \Delta W_T \cos \varphi \, d\varphi.$$

Одређени интеграла који се појављују у претходним обрасцима израчунавају се помоћу таблице 6 „Математске теорије климе“ механичком квадратуром.

Калорични екватор. Она географска ширина φ на којој су топлотне количине Q_s и Q_w ~~математски~~ једнаке, претставља нам калорични екватор, јер су на њему обе полугодине калорично еквивалентне. Положај калоричног екватора одређује се на овај начин.

Калорични екватор лежи, према његовој дефиницији, на оној географској ширини φ за коју је

$$(28) \quad Q_s = Q_w.$$

Користећи се обрасцима (1) добивамо:

$$W_s - W_w = 2me \sin \Pi,$$

дакле, због (11),

$$(29) \quad W_s - W_w = \frac{4TI_0}{\pi} e \cos \varphi \sin \Pi.$$

Употребимо једначину (85) „Математске теорије климе“, т. ј. једначину

$$W_s - W_w = \frac{T}{\pi} \frac{I_0}{\sqrt{1-e^2}} \sin \varphi \sin \varepsilon.$$

У овој једначини можемо, као што је малочас учињено, квадрат малог броја e занемарити поред јединице. Зато је

$$(30) \quad W_s - W_w = \frac{TI_0}{\pi} \sin \varphi \sin \varepsilon.$$

Из претходних једначина следује:

$$\pi \sin \varphi \sin \varepsilon = 4e \cos \varphi \sin \Pi,$$

т. ј.

$$(31) \quad \operatorname{tang} \varphi = \frac{4e \sin \Pi}{\pi \sin \varepsilon}.$$

Тим је положај φ калоричног екватора једнозначно одређен.

Веза између топлотних количина калоричних годишњих доба и границе вечног снега. Висинска кота границе вечног снега у разним крајевима Земље функција је различитих фактора: температуре, количине атмосферских талога, ветрова, морских струја, површинског рељефа и других секундарних утицаја. При испитивању секуларног хода Земљине инсолације и његовог утицаја на висинску коту вечног снега, ваља узети само први од наведених фактора у обзир, па под секуларним померањем границе вечног снега разумети оно које је последица промењене инсолације. Искључе ли се, према томе, сви остали фактори или претпостави ли се да су они равномерно распоређени на површини Земље, ~~остаје~~ може висински положај границе вечног снега бити само функција географске ширине. Она ће под том претпоставком, ~~бити~~ бити, као што су то увидели већ Хумболд, Бух и Рену, једна од изотермичних површина топлије полугодине, јер једино та полугодина опредељује, при непромењеним осталим факторима, јачину отапања снега, па тиме и његову доњу границу. Под топлијом полугодином имамо да разумемо ону термичку полугодину која одговара калоричној полугодини, т. ј. ону која је обухватила 182,62 дана године у којима је средња дневна температура виша но ма којег дана друге полугодине. Између калоричне и термичне летње полугодине постоји, као што је то у „Математској теорији климе“ теоретски изведено, а опажањима доказано, разлика фазе од 26 дана, т. ј. за тај временски размак заостају екстремне температуре иза екстрема инсолације.

Ради се, дакле, о томе да се одреди веза између инсолације и висинске коте границе вечног снега. Ту ћемо везу наћи на овај начин. Поћићемо од података, скупљених опажањима, о садањој средњој висинској коти границе вечног снега на појединим географским ширинама Земљине површине.

При томе ћемо се послужити дијаграмом који Кепен изradio на темељу тих података и који је објављен у Вегенеровом делу о померању континената. У том дијаграму претстављена је средња висинска кота границе вечног снега као функција географске ширине. Упореди ли се тај дијаграм са оним који се добива, ако се топлотне количине Q_s и \bar{Q}_s калоричних летњих полугодина претставе графички као функције географске ширине, ~~остаје~~ пада одмах у очи тесна веза која постоји између тих двеју крива: оне су потпуно сличне. Рачуњско испитивање показује да између тих двеју крива по-

| φ | h | Q_s | a | b | H |
|-----------|------|-------|-------|-------|------|
| 90° | 100 | 12669 | -1382 | -1197 | 173 |
| 85° | 175 | 12675 | -1307 | -1191 | 179 |
| 80° | 300 | 12733 | -1182 | -1133 | 243 |
| 75° | 475 | 12859 | -1007 | -1007 | 381 |
| 70° | 700 | 13074 | -782 | -792 | 616 |
| 65° | 1075 | 13445 | -407 | -411 | 1033 |
| 60° | 1550 | 14006 | +68 | +140 | 1636 |
| 55° | 2100 | 14573 | +618 | +707 | 2256 |
| 50° | 2625 | 15078 | +1143 | +1212 | 2808 |
| 45° | 3275 | 15522 | +1793 | +1656 | 3294 |
| 40° | 3925 | 15878 | +2443 | +2012 | 3684 |

стоји корелациони фактор 0,83. Тај би корелациони фактор испао још већи, кад се неби, на што ме је Кепен упозорио, у кривај границе вечног снега, у оба максимума те криве, испољило, као ~~са~~ страни елеменат, утицај отсуства атмосферских талога у сувим зонама које леже с обе стране ек-

ватора. Да би смо тај фактор елиминисали, узнемо у обзир и испитаћемо међусобну везу оних делова тих двеју крива који одговарају интервалу од $\varphi=40^\circ$ до $\varphi=90^\circ$. Тај део северне хемисфере Земљине покривен је широким континентима, због чега су на њему сви секундарни утицаји подједнако распоређени па не ~~време~~ ^{не} ~~имају~~ везу између инсолације и границе вечног снега. Тај део Земљине површине био је и поприште квартерног леденог доба.

Приложена таблица послужиће нам да нађемо тражену везу. Први стубац те таблице садржи усчене географске ширине, други њен стубац висинску коту h границе вечног снега према Кепеновом дијаграму. Трећи стубац садржи топлотне количине Q_s . Четврти стубац садржи отступања a величина h од њихове аритметичке средине. Пети стубац садржи отступања b величина Q_s од њихове аритметичке средине.

Фактор корелације између проучаваних двеју појава даг је изразом:

$$(32) \quad k = \frac{\sum ab}{\sqrt{\sum a^2 \sum b^2}}.$$

Помоћу претходне таблице добива се за тај корелациони фактор ова нумеричка вредност:

$$k = 0,996$$

Тај изванредно високи фактор корелације је математски израз уске везе која постоји између висинске коте границе вечног снега на разним географским ширинама и одговарајућих топлотних количина калоричне летње полугодине.

Да нађемо математски израз за везу између висинске коте границе вечног снега и топлотних количина Q_s , које су количине функције географске ширине, поступићемо овако. Та веза нека буде претстављена, што је због високог фактора корелације могуће, линеарном једначином

$$(33) \quad H = A + BQ_s$$

где нам H претставља теоретску надморску висину границе вечног снега, а где A и B означају две константе. Нумеричке вредности тих двеју констаната добивају се захтевом да оне посретством теорије најмањих квадрата дадну најмање отсту-

пање између теоретске вредности H и опажањем добивене вредности h висинске коте границе вечног снега. Тај захтев изражен је једначином:

$$(34) \quad \sum (H-h)^2 = \text{Minimum},$$

т. ј. због (33) једначином:

$$(35) \quad \sum (A + BQ_s - h)^2 = \text{Minimum}.$$

Одавде слеђује образовањем извода предњег израза по A и B , и стављајући их једнаке нули,

$$(36) \quad \begin{cases} \sum (A + BQ_s - h) = 0 \\ \sum (A + BQ_s - h) Q_s = 0. \end{cases}$$

Ако је n број датих података за h односно за Q_s , то добивамо место предњих једначина ове две:

$$(37) \quad \begin{cases} nA + B\sum Q_s - \sum h = 0 \\ A\sum Q_s + B\sum Q_s^2 - \sum hQ_s = 0. \end{cases}$$

Овим двама једначинама одређене су нумеричке вредности од A и B . Користећи се подацима саопштене таблице, добивамо:

$$(38) \quad A = -13,687; \quad B = 1,094.$$

Зато можемо зависност између надморске висине H границе вечног снега претставити једначином:

$$(39) \quad H = 1,094 Q_s - 13687$$

при чему ваља H мерити метрима, а Q_s каноничким јединицама, јер је ~~саопштена~~ таблица израђена помоћу тих јединица.

Секуларна померања границе вечног снега изазвана променама инсолације. Из једначине (38) слеђује, ако се секуларне варијације количине Q означе са ΔQ_s , а одговарајуће секуларне промене висинске коте границе вечног снега са ΔH

$$\Delta H = 1,094 \Delta Q_s.$$

Ова једначина казује да промена количине Q_s од једне каноничне јединице повлачи за собом промену висинске коте границе вечног снега од 1,094 метра.

Веза између промене ΔQ_s и одговарајуће промене ΔH може се извести и другим, чисто теоретским путем. Једначина (16) на страни 154 „Математске теорије климе“ т. ј. једначина

$$\Delta u = 0,0068 \Delta Q_s,$$

даје нам везу између секуларне промене ΔQ_s количине Q_s и њоме проузроковане промене Δu температуре доњег слоја атмосфере. Опажањима је утврђено да је за време летње полугодине потребно попети се за 150 метара да би се дошло у слој атмосфере, хладнији за 1° . Да би се, према томе, после секуларне промене ΔQ_s летње топлотне количине, остало на истој изотермичној површини, т. ј. да би се секуларна промена температуре надокнадила померањем у висину, потребно је попети се за ΔH тако да буде

$$0,0068 \Delta Q_s - \frac{\Delta H}{150} = 0,$$

т. ј.

$$\Delta H = 1,02 \Delta Q_s.$$

Из претходних једначина следује да промени количине Q_s у износу од једне каноничне јединице одговара померање границе вечног снега у износу од 1,02 до 1,09 метара. Ми ћемо се, ради веће сигурности, задовољити доњом границом овог поморања па је, сем тога, заокружити на 1 метар. Зато можемо казати:

Секуларни ход померања границе вечног снега, изазваних променама инсолације, претстављен је секуларним ходом топлотних количина летње калоричне полугодине, ако се каноничне јединице, употребљене за претстављање тога секуларног хода, сматрају за метре. Секуларне промене топлотних количина летње полугодине, саопштене у табелици 15 „Математске теорије климе“ и оне које су саопштене у наредној табелици претстављају, ~~у истој~~ у исти мах, секуларна соларна померања границе вечног снега, мерена метрима. При томе знак + претставља померање границе вечног снега у вис, а знак — померање на доле.

Неке примедбе о топлотним количинама калоричних годишњих доба на тропским географским ширинама. У „Математској теорији климе“ одређене су границе t_1 и t_2 кало-

ричних полугодина овим критериумом:

$$(40) \quad t_2 = t_1 + \frac{T}{2},$$

$$(41) \quad w(t_2) = w(t_1).$$

Овај критериум може се и овако интерпретисати: Топлотна количина летње калоричне полугодине претстављена је интегралом

$$(42) \quad Q_s = \int_{t_1}^{t_2} w(t) dt = \int_{t_1}^{t_1 + \frac{T}{2}} w(t) dt.$$

Образујемо ли извод овог израза по t_1 , ~~то~~ добивамо

$$(43) \quad \frac{dQ_s}{dt_1} = w\left(t_1 + \frac{T}{2}\right) - w(t_1) = w(t_2) - w(t_1),$$

па ~~зато~~ зато услов (41) не казује ништа друго но

$$(44) \quad \frac{dQ_s}{dt_1} = 0,$$

т. ј. да почетак летње калоричне полугодине буде тако одабран да одговарајућа топлотна количина те полугодине достигне своју екстремну вредност.

Како је

$$(45) \quad \frac{d^2 Q_s}{dt_1^2} = w'(t_2) - w'(t_1),$$

и како је на вантропским географским ширинама у почетку летње полугодине инсолација w у порасту, а на крају те полугодине у опадању, то је

$$(46) \quad w'(t_1) > 0; \quad w'(t_2) < 0,$$

дакле

$$(47) \quad \frac{d^2 Q_s}{dt_1^2} < 0.$$

Летња калорична година је, према томе, онај интервал године који има одређену сталну дужину $\frac{T}{2}$, а којег је поче-

так одабран тако да топлотна количина те полугодине достигне своју максималну вредност. Зимска калорична полугодина има исту дужину, а њена топлотна количина пала је на минимум.

У екваторској зони, између ширина -15° и $+15^\circ$, годишњи ход инсолације нема, као иначе, само један максимум и један минимум, но ^иних по два. Зато ту услов (46) неће увек бити испуњен, тако да ту израз (47) може постати и позитиван, а у специјалном случају и једнак нули. Ту се, дакле, може десити да количина Q_s достигне свој минимум, а количина Q_w свој максимум. У таквом случају наступа инверзија годишњих доба: тропска ширина уочене хемисфере прима у доба летње полугодине те хемисфере мању топлотну количину но у доба зимске полугодине. Тај случај $Q_s < Q_w$ имаће своју локалну границу на оној географској ширини на којој је

$$Q_s = Q_w,$$

а то значи на калоричном екватору. Географске ширине на којима су се појавиле инверзије годишњих доба пале су с оне стране калоричног екватора, па припадају термички другој хемисфери.

Промене ширинске количине летње полугодине и померања границе вечног снега, изазвана променама рефлексивне способности Земљине површине. Ширењем поларних снежних калота и стварањем ледених покривача и ван области тих калота, мењала се у току векова геолошке прошлости рефлексивна способност Земљине површине, а то је имало, као што је Вунт доказао у једној својој расправи¹⁾, знатног утицаја на топлотне количине које је Земља примала од Сунца и употребљавала за своје термичко газдинство. Покушајмо да, чинећи извесне претпоставке, ту појаву испитамо оружем математске анализе.

Уочимо једну ограничену област Земље, довољно велику да се на њој могу образовати локалне температуре. Та област нека има површину F_0 . Део F_1 те области нека буде, и за време летње полугодине, покривен вечним снегом. Рефлекси-

¹⁾ Wundt, Aenderungen der Erdalbedo während der Eiszeit. Meteorol Zeitschr. 1933.

она способност снегом покривених предела нека буде R , а оних који нису снегом покривене нека буде R_0 . Онда су одговарајуће апсорпционе способности претстављене са:

$$(48) \quad a = 1 - R; \quad a_0 = 1 - R_0.$$

Апсорпциона способност уочене области F_0 у њеном данашњем стању је

$$(49) \quad A_0 = F_1 a + (F_0 - F_1) a_0.$$

У доба t геолошке прошлости нека буде део F површине F_0 покривен снегом. Онда је апсорпциона способност области F_0 била

$$(50) \quad A = F a + (F_0 - F) a_0.$$

Промена те апсорпционе способности и доба t према њеном садашњем стању претстављена је са

$$(51) \quad A - A_0 = (F - F_1) (a - a_0)$$

или, прерачунато на јединицу површине уочене области,

$$(52) \quad \Delta a = (a - a_0) \frac{F - F_1}{F_0}.$$

У доба t геолошке прошлости ће та јединица површине, а за време летње полугодине, тај део сунчевих зрака, који на њу падну, више апсорбовати но сада.

Сунчеви зраци, пролазећи кроз Земљину атмосферу, слабе се у њој на начин, изложен у §§ 19 и 20 „Математске теорије климе“ тако да ће само један део тих зрака, у виду директних и дифузних зрака, стићи до Земљине површине. Тај део нека буде означен са χ , тако да ће од топлотне количине Q_s стићи до Земљине површине количина χQ_s , при чему је $\chi < 1$. То се дешава при ненаоблаченом небу. Ако је, према томе, средња наоблаченост неба уочене области за време летње полугодине, изражена у процентима, једнака B , то ће јединици површине уочене области за време летње полугодине бити упућена топлотна количина

$$(53) \quad Q_s' = \frac{100 - B}{100} \chi Q_s,$$

или, ако ставимо

$$(54) \quad \frac{100-B}{100} = k,$$

топлотна количина

$$(55) \quad Q_s' = k\chi Q_s.$$

Од те количине ће, због промене рефлексионе способности Земљине површине, бити у доба t геолошке прошлости овај део више апсорбован но сада:

$$(56) \quad \Delta_2 Q_s = k\chi \Delta a Q_s.$$

Тај део претставља секуларни вишак топлотних летњих количина, употребљен за термичко газдинство Земље, као последица промене рефлексионе способности Земљине површине. Са вишком $\Delta_1 Q_s$ летњих топлотних количина, проузрокованим секуларним променама астрономских елемената, добивамо овај целокупни вишак:

$$(57) \quad \Delta Q_s = \Delta_1 Q_s + \Delta_2 Q_s,$$

т. ј. због (56), (52) и (16)

$$(58) \quad \Delta Q_s = \Delta_1 Q_s + k\chi (a - a_0) \frac{F - F_1}{F_0} (Q_s^0 + \Delta_1 Q_s).$$

Узме ли се у обзир да је

$$k < 1; \quad \chi < 1; \quad a < 1; \quad a_0 < 1; \quad \frac{F - F_1}{F_0} < 1,$$

то је дозвољено, ако се последњи члан десне стране ове једначине развије, коефицијент $k\chi(a - a_0) \frac{F - F_1}{F_0}$ од $\Delta_1 Q_s$, који ће се овде појавити, занемарити поред коефицијента један првога члана. Зато је

$$(59) \quad \Delta Q_s = \Delta_1 Q_s + k\chi (a - a_0) \frac{F - F_1}{F_0} Q_s^0$$

т. ј.

$$(60) \quad \Delta_2 Q_s = k\chi (a - a_0) \frac{F - F_1}{F_0} Q_s^0.$$

О нумеричким вредностима коефицијената k , χ , a и a_0 имамо ове податке.

Коефицијент k дат је једначином (54) па је зато његова нумеричка вредност дата климатолошким податцима о средњој летњој наоблачености уочене области.

Нумеричка вредност коефицијента χ може се одредити помоћу таблица 9 и 3 „Математске теорије климе“ на овај начин. Помоћу таблице 9 израчуна се летња топлотна количина уочене области при трансмисионом коефицијенту $p = 0,8$, а помоћу таблице 3 она која одговара трансмисионом коефицијенту $p = 1$. Квоцијент тих количина даје ~~се~~ нумеричку вредност коефицијента χ .

Нумеричка вредност апсорпционе способности a снежног или леденог покривача Земљиног тек је недавно одређена на поуздан начин¹⁾. Та је способност за свежи снег 0,3, за стари снег 0,5, а за ледењак 0,6. За a ваља ставити средину последњих двају бројева, т. ј.

$$a = 0,55.$$

За a_0 ваља, према споменутој радњи Вунта, ставити

$$a_0 = 0,94,$$

па је зато

$$a - a_0 = -0,39.$$

У обрасцу (60) F је секуларно променљива величина. Јер чим се, услед секуларне промене $\Delta_1 Q_s$ за извесан број калорија, граница вечног снега помери, кажимо према доле, за толики број метара, покриће вечни снег нове делове уочене области. Зато ће се променути и површина F , а са њоме и количина $\Delta_2 Q_s$, што ће опет бити пропраћено новим померањем границе вечног снега и новим проширењем залеђене области. При датој конфигурацији уочене области, може се та појава пратити рачуном корак по корак. Такав је ~~је~~ посао, на пример испитивање промена залеђености алпских предела, предмет је специјалних студија па преконачава оквир ове расправе. Но овде је могуће најзначајнију појаву таквих промена залеђености, ону која се испољила у проширавању и сужавању поларних снежних калота Земљиних, подврћи математској анализи.

¹⁾ Dezaux, L'économie radio-thermique des champs de neige et des glaciers. Paris 1933.

Уочимо ~~то је~~ северну поларну калоту Земљине површине, ограничену упоредником φ_0 . Чинимо претпоставку да је та калота, или бар уочени њен сектор, покривен уравњеним континентом. Онда ће снежни покривач те калоте, проузрокован соларном температуром бити такође ограничен једним упоредником. Граница тога покривача нека лежи сада на упореднику φ_1 , а нека је у доба t геолошке прошлости лежала на упореднику φ . Онда је, ако рачунамо, једноставности ради, са целокупном калотом,

$$(61) \quad \begin{cases} F_0 = 2\pi r^2 (1 - \sin \varphi_0), \\ F_1 = 2\pi r^2 (1 - \sin \varphi_1), \\ F = 2\pi r^2 (1 - \sin \varphi). \end{cases}$$

Овде је F секуларно променљиво, т. ј. функција времена t . Ту зависност можемо одредити на овај начин.

У доба t_1 геолошке прошлости када је уочена калота примала од Сунца најмању количину летње топлоте, рецимо количину $Q_s^{(m)}$, нека се њен снежни покривач проширио до упоредника φ_m . Оправдано је претпоставити да је то проширење покривача према његовом данашњем стању пропорционално дефициту летње топлотне количине. Означимо ли, према томе, поларна отстојања границе снежног покривача, т. ј. колатитуде са δ_1 и δ_m , то данашњем стању одговара вредност

$$(62) \quad \delta_1 = 90^\circ - \varphi_1,$$

а добу t_1 геолошке прошлости вредност

$$(63) \quad \delta_m = 90^\circ - \varphi_m.$$

Разлика ових двеју вредности ($\delta_m - \delta_1$) треба да буде пропорционална дефициту $Q_s^0 - Q_s^{(m)}$ топлотних количина. Зато је

$$(64) \quad \delta_m - \delta_1 = K (Q_s^0 - Q_s^{(m)}),$$

где K означава фактор пропорционалности.

Узимајући у обзир (16), (62), (63), добивамо

$$(65) \quad \varphi_m - \varphi_1 = K \Delta Q_s^{(m)}.$$

И у међувремену морало је проширење снежног покривача бити пропорционално дефициту летње топлотне количине. Зато је

$$(66) \quad \varphi - \varphi_1 = K \Delta Q_s,$$

при чему је K дато једначином (65).

Добивамо, дакле,

$$(67) \quad \varphi = \varphi_1 + K \Delta Q_s.$$

Ставимо ли (67) у (61), а ово у (60), ~~и~~ добивамо

$$(68) \quad \Delta_2 Q_s = k\chi (a - a_0) \frac{\sin \varphi_1 - \sin (\varphi_1 + K \Delta Q_s)}{1 - \sin \varphi_0} Q_s.$$

Помоћу овог обрасца, а служећи се таблицом 15 „Математске теорије климе“, могу се израчунати проширивања поларног снежног покривача Земљиног и промене $\Delta_2 Q_s$ летњих топлотних количина уочене калоте Земљине, изазване ширењем и сужавањем тог покривача.

Нумерички резултати. Обрасци, изведени у овој расправи, послужили су да се дође до неких нових нумеричких резултата који допуњују рачуне о секуларном ходу инсолације Земље, саопштене у „Математској теорији климе“.

Како је појам калоричних годишњих доба и одговарајућих топлотних количина претходним расуђивањима проширен и на екваторску зону Земљине површине, то је таблица коефицијената m , ~~саопштена~~ на страни 51 споменутог дела, употпуњена подацима и за географске ширине од 0° , 5° и 10° . Тако употпуњена таблица саопштена је под бројем 1 међу таблицама које се налазе на крају ове расправе. Затим је таблица 14 на страни 127 споменутог дела употпуњена подацима за наведене географске ширине и саопштена на крају ове расправе под бројем 2.

Користећи се тим таблицама, могло се приступити израчунавању секуларног хода инсолације географских ширина $\pm 5^\circ$ и $\pm 15^\circ$. Резултати тог рачуна саопштени су у наредној табlici 3. Она чини допуну таблице 15 „Математске теорије климе“.

Сада, када је добивена веза између секуларних промена летњих топлотних количина и померања границе вечнога снега, и када је показано да свакој промени те летње коли-

чине од једне каноничне јединице одговара померање границе вечног снега од бар једног метра, при чему знак + значи померање те границе у вис, а знак — померање те границе на доле, лакше је увидети последице секуларног хода инсолације Земље. Саопштена Таблица 3 показује да су померања границе вечног снега у току геолошке прошлости и у тропским крајевима Земље била осетна и да су прекорачавала кадгод величину од хиљаду метара. Тиме је обеснажено мишљење да се секуларним ходом инсолације Земље не могу растумачити померања границе вечног снега у тропским крајевима Земље. И та померања су природна последица секуларног хода инсолације и могу се, са овим заједно, израчунати и пратити кроз векове, што је учињено таблицом 3.

У табlici 4 саопштени су подаци о секуларним померањима калоричног екватора у току минулих 600 хиљада година. Та померања била су доста осетна, достижући износ од $8^{\circ}13'$. За време споменутог интервала прекорачио је калорични екватор 13 пута упоредник од $+5^{\circ}$ и 14 пута упоредник од -5° . У сваком таквом случају наступила је на једном или другом од тих упоредника инверзија годишњих доба. Топлотна количина која је одговарала летњој полугодини уочене хемисфере постала је на тим упоредницима мања од топлотне количине зимске полугодине. То следује и из таблица 2 и 3. Ваља само данашњим топлотним количинама тих упоредника, саопштеним у табlici 2, додати њихове секуларне промене, саопштене у табlici 3 па ће се онда показати да је у споменути случајевима топлотна количина коју смо назвали летњом, постала мања од зимске. Значи да је уочени упоредник у доба летње полугодине његове хемисфере имао, у ствари, своју зимску полугодину, јер је, наставши се с оне стране калоричног екватора, термички припадао другој хемисфери.

У табlici 5 саопштене су секуларне промене сунчаних топлотних количина, примљених за време летње полугодине од северне поларне калоте Земљине, ограничене упоредником од 55° , узимајући у обзир одговарајуће промене рефлексивне способности Земље. У колони 2 те табlice саопштене су промене $\Delta_1 Q_s$ летње топлотне количине Q_s , изазване једино променама астрономских елемената. Те су про-

мене израчунате помоћу обрасца (26). Са $\varphi_1 = 55^{\circ}$; $\varphi_2 = 90^{\circ}$ увођењем каноничних јединица за које је $I_0 = 1$; $T = 100000$

и механичком квадратуром израза $\int_{\varphi}^{\varphi_2} \Delta W_s \cos \varphi d\varphi$ помоћу таб-

лице 6 „Математске теорије климе“, добивамо за (26) овај образац

$$(69) \quad \Delta_1 Q_s = 361 \Delta \varepsilon - 7901 \Delta (e \sin \Pi),$$

помоћу којег су, а користећи се таблицом 13 „Математске теорије климе“, те промене израчунате.

У колони 3 табlice 5 саопштене су промене $\Delta_2 Q_s$ летње топлотне количине Q_s , изазване променом рефлексивне способности уочене калоте. Те су промене израчунате на овај начин.

Користећи се податцима таблица 3 и 9 „Математске теорије климе“, добива се, употребом обрасца (25) да је однос топлотних количина, примљених од уочене калоте за време летње полугодине при трансмисионом коефициенту атмосфере $p = 0,8$ односно $p = 1$, једнак 0,60. Зато ваља ставити $\chi = 0,60$. Средња облачност неба над уоченом калотом за време летње полугодине је $B = 55$. Зато је, према (54), $k = 0,45$. Рекли смо да је $a - a_0 = -0,39$, а помоћу табlice 2 може се израчунати да је данашња средња летња инсолација северне калоте, ограничене упоредником $\varphi_0 = 55^{\circ}$, једнака $Q_s^0 = 13515$. Употребом тих података, добива једначина (68) овај облик

$$\Delta_2 Q_s = -7869 [\sin \varphi_1 - \sin (\varphi_1 + K \Delta_1 Q_s)].$$

О нумеричким вредностима величина φ_1 и K имамо ове податке. На северној хемисфери лежи данас, према подацима у споменутој расправи Вунта, граница снежне калоте просечно на географској ширини $\varphi_1 = 75_0$. Према истим подацима спустила се та граница у току ледених доба просечно до 55 степена. Да се то десило пре 230 хиљада година, следуваће из резултата нашег рачуна. Тада је, као што то следује из табlice 15 „Математске теорије климе“, $Q_s^{(m)}$ било за 659 каноничних јединица мање од Q_s^0 . Зато добивамо, применом обрасца (65),

$$55^\circ - 75^\circ = -K'659,$$

т. ј. $K = 1'821$. Зато је

$$(70) \quad \Delta_2 Q_s = 7869 [\sin(75^\circ + 1'821 \Delta_1 Q_s) - \sin 75^\circ].$$

При употреби овог обрасца ваља имати још ово у виду. Снежна калота Земљина ишчезла је, уз претпоставку равнотезе, у доба геолошке прошлости увек онда сасвим, када је φ достигло вредност од 90° . Стављајући, дакле, у једначину (66) $\varphi = 90^\circ$; $\varphi_1 = 75^\circ$ $K = 1'821$, добивамо $\Delta_1 Q_s = 494$. Са том вредности $\Delta_1 Q_s$ добивамо, помоћу једначине (70), $\Delta_2 Q_s = 268$. То је максимална вредност позитивног ефекта промена средње калоте и она важи за све вредности $\Delta_1 Q_s \geq 494$.

Четврта колона таблице 5 садржи збир ΔQ_s топлотних количина $\Delta_1 Q_s$ и $\Delta_2 Q_s$ или средње померање ΔH границе вечног снега на уоченој калоти Земљиној у моменту геолошке прошлости означеном у колони 1. Та померања дају, дакле, целокупни ефекат промена инсолације уочене калоте, изазван променом астрономских елемената, а праћен ширењем снежне калоте.

Та померања достигла су у доба од 230 хиљада година пре садашности своју максималну вредност од 1800 метара или, ако рачунамо са коефициентом $B = 1,094$, како он следе према (38) из данашњег распореда границе вечног снега на разним географским ширинама, величину од 2000 метара. Како данас граница вечног снега лежи изнад упоредника од 55° на надморској висини од 2200 метара, то је у оно доба граница вечног снега додирнула на том месту површину континента па се зато снежна калота морала у то доба раширити до тог упоредника, како је то при нашем рачуну било претпостављено, а сада накнадно верификовано. Ширење и сужавање снежне калоте у доба геолошке прошлости налази, према томе, своје потпуно тумачење у променама инсолације северне калоте Земљине.

Резултати, саопштени у колони 5, претстављени су у приложеном дијаграму графички. Из тог дијаграма следеће ово.

За време минулих 600 хиљада година померила се граница вечног снега на доле веома осетно девет пута. Та максимална спуштања границе вечног снега одговарају овим

временима: 25; 71,9; 115; 187,5; 230; 435; 475,6; 550; 590,3 хиљада година пре садашности. То су оне фазе леденога доба које су Кепен и Вегенер у своме делу назвали Вирм III, Вирм II, Вирм I, Рис II, Рис I, Миндел II, Миндел I, Гинц II и Гинц I, а којих је реалност овим рачуном поново, и још очигледније но икад до сада, утврђена.

Исти рачуни као и за северну калоту извршени су и за јужну калоту, ограничену упоредником од 55° . Према споменутим податцима Вунта лежи на јужној хемисфери граница вечног леда сада на упореднику од 68° , док је у доба њене најјаче раширености она достигла упоредник од 63° . Зато ваља сада у рачуну ставити $\varphi_1 = 68^\circ$, $\varphi_m = 63^\circ$. Проширење јужне снежне калоте било је знатно мање него северне, јер се оно могло дешавати само на рачун мора. Исто тако је и смањивање те калоте било у прошлости малено, јер је велика надморска висина антарктичког континента (средња висина 2200 м.) штитила његов снежни покривач од отапања. Због тога је јужна снежна калота преживела слабије секуларне промене но северна која се могла ширити и сужавати по размерно ниским континентима. Минимум летње инсолације десио се на јужној калоти пре 105,1 хиљада година. Онда је било $\Delta_1 Q_s = -872$ па је зато према једначини (66) $5^\circ = 872K$, т. ј. $K = 0'344$. Зато добивамо, место једначине (70),

$$\Delta_2 Q_s = 8019 [\sin(68^\circ + 0'344 \Delta_1 Q_s) - \sin 68^\circ],$$

при чему је

$$\Delta_1 Q_s = 361 \Delta \varepsilon + 7901 \Delta (e \sin II).$$

Нумерички резултати, добивени применом ових образаца, претстављени су графички у приложеном дијаграму.

ТАБЛИЦА 1

Нумеричке вредности коефициента (каноничне јединице)

| | | | | | | | | | |
|-----------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| φ | 0° | 5° | 10° | 15° | 20° | 25° | 30° | 35° | 40° |
| m | 20260 | 20190 | 19960 | 19570 | 19040 | 18370 | 17550 | 16600 | 15320 |
| φ | 45° | 50° | 55° | 60° | 65° | 70° | 75° | 80° | 85° |
| m | 14330 | 15050 | 11620 | 10130 | 8560 | 6930 | 5240 | 3520 | 1770 |

ТАБЛИЦА 2

Топлотне количине калоричних полугодина.
Година 1800; каноничне јединице

| Географска ширина | Север. хемисфера | | Јужна хемисфера | |
|-------------------|------------------|-------------------|------------------|-------------------|
| | Летња полугодина | Зимска полугодина | Летња полугодина | Зимска полугодина |
| 0° | 15601 | 14950 | 15601 | 14950 |
| 5° | 15453 | 14997 | 16102 | 14328 |
| 10° | 15825 | 14286 | 16487 | 13625 |
| 15° | 16109 | 15476 | 16757 | 12828 |
| 20° | 16281 | 12577 | 16912 | 11946 |
| 25° | 16345 | 11595 | 16955 | 10987 |
| 30° | 16294 | 10553 | 16876 | 9956 |
| 35° | 16179 | 9418 | 16689 | 8868 |
| 40° | 15878 | 8244 | 16392 | 7720 |
| 45° | 15522 | 7035 | 15997 | 6558 |
| 50° | 15078 | 5799 | 15510 | 5367 |
| 55° | 14573 | 4474 | 14958 | 4189 |
| 60° | 14006 | 3365 | 14342 | 3027 |
| 65° | 13455 | 2250 | 13738 | 1966 |
| 70° | 13074 | 1392 | 13304 | 1163 |
| 75° | 12849 | 789 | 13033 | 615 |
| 80° | 12733 | 366 | 12850 | 250 |
| 85° | 12675 | 99 | 12753 | 41 |
| 90° | 12669 | 7 | 12673 | 0 |

ТАБЛИЦА 3

(Наставак таблице 15 „Математске теорије климе“)

Секуларни ход инсолације у тропској зони.
Промене топлотних количина калоричних полугодина
(каноничне јединице)

| Хиљаде година пре 1800 по Хр. | Летња полугодина | | | | Зимска полугодина | | | |
|-------------------------------|-------------------|------|------|------|-------------------|------|------|------|
| | Географска ширина | | | | | | | |
| | +5° | +15° | -5° | -15° | +5° | +15° | -5° | -15° |
| 0,6 | - 8 | - 5 | + 4 | + 7 | + 1 | - 1 | - 11 | - 13 |
| 5 | +231 | +253 | -265 | -235 | -288 | -304 | +208 | +182 |
| 10 | +672 | +687 | -718 | -659 | -752 | -760 | +538 | +586 |
| 11,1 | +693 | +705 | -735 | -681 | -764 | -769 | +664 | +617 |
| 15 | +495 | +495 | -515 | -485 | -530 | -527 | +480 | +451 |
| 20 | + 49 | + 12 | - 3 | - 38 | + 30 | + 60 | + 82 | +110 |
| 22,1 | + 24 | - 36 | + 52 | - 8 | +107 | +155 | + 79 | +127 |
| 25 | +179 | +103 | - 87 | -155 | - 25 | + 39 | +243 | +297 |
| 30 | +535 | +554 | -557 | -600 | -501 | -452 | +691 | +722 |
| 32,7 | +263 | +392 | -597 | -630 | -549 | -488 | +711 | +734 |
| 35 | +397 | +336 | -541 | -568 | -501 | -448 | +637 | +656 |
| 40 | +311 | +289 | -295 | -299 | -284 | -265 | +322 | +323 |
| 45 | +307 | +141 | -155 | -113 | -190 | -216 | + 72 | + 38 |
| 47,1 | + 88 | +121 | -134 | - 95 | -166 | -191 | + 56 | + 25 |
| 50 | +129 | +157 | -169 | -135 | -199 | -220 | + 99 | + 70 |
| 55 | +395 | +381 | -395 | -383 | -391 | -377 | +397 | +387 |
| 60 | +396 | +354 | -668 | -670 | -647 | -609 | +717 | +715 |
| 60,6 | +712 | +366 | -680 | -684 | -658 | -618 | +734 | +732 |
| 65 | +317 | +157 | -461 | -491 | -420 | -370 | +558 | +578 |
| 70 | - 68 | -123 | +142 | + 21 | +193 | +236 | - 17 | + 32 |
| 71,9 | -177 | -227 | +247 | +185 | +293 | +336 | -126 | - 76 |

ТАБЛИЦА 3
(Наставак)

| Хиљаде година пре 1800 по Хр. | Летња полугодина | | | | Зимска полугодина | | | |
|-------------------------------------|-------------------|-------|-------|-------|-------------------|-------|-------|-------|
| | Географска ширина | | | | | | | |
| | +5° | +15° | -5° | -15° | +5° | +15° | -5° | -15° |
| 75 | - 3 | - 49 | + 61 | + 15 | + 102 | + 139 | + 38 | + 75 |
| 80 | + 803 | + 762 | - 783 | - 774 | - 770 | - 732 | + 816 | + 804 |
| 82,8 | +1018 | + 939 | -1022 | - 937 | -1024 | - 994 | +1016 | + 982 |
| 85 | + 901 | + 889 | - 921 | - 877 | - 936 | - 921 | + 886 | + 845 |
| 90 | - 17 | + 19 | - 29 | + 7 | - 62 | - 91 | - 50 | - 79 |
| 94 | - 450 | - 399 | + 402 | + 427 | + 367 | + 324 | - 485 | - 502 |
| 95 | - 426 | - 376 | + 378 | + 404 | + 343 | + 300 | - 461 | - 480 |
| 100 | + 400 | + 379 | - 388 | - 385 | - 380 | - 361 | + 408 | + 403 |
| 105,1 | +1139 | +1045 | -1063 | -1089 | -1009 | - 927 | +1193 | +1207 |
| 110 | + 494 | + 417 | - 414 | - 463 | - 357 | - 292 | + 551 | + 588 |
| 115 | - 306 | - 355 | + 380 | + 311 | + 433 | + 470 | - 253 | - 196 |
| 116,1 | - 340 | - 335 | + 412 | + 343 | + 463 | + 496 | - 289 | - 252 |
| 120 | + 49 | + 10 | + 1 | - 38 | + 36 | + 67 | + 84 | + 115 |
| 125 | + 804 | + 792 | - 820 | - 782 | - 831 | - 816 | + 795 | + 758 |
| 127,7 | + 932 | + 923 | - 962 | - 907 | - 984 | - 973 | + 910 | + 859 |
| 130 | + 802 | + 812 | - 846 | - 786 | - 877 | - 880 | + 771 | + 718 |
| 135 | + 153 | + 171 | - 182 | - 157 | - 199 | - 208 | + 141 | + 120 |
| 140 | - 186 | - 186 | + 194 | + 182 | + 200 | + 199 | - 180 | - 169 |
| 145 | + 208 | + 167 | - 164 | - 193 | - 152 | - 99 | + 240 | + 261 |
| 150 | + 797 | + 726 | - 737 | - 762 | - 693 | - 632 | + 841 | + 836 |
| 152,2 | + 893 | + 823 | - 839 | - 855 | - 800 | - 738 | + 932 | + 940 |
| 155 | + 771 | + 710 | - 723 | - 738 | - 690 | - 637 | + 804 | + 811 |
| 160 | + 96 | + 82 | - 82 | - 90 | - 72 | - 61 | + 106 | + 111 |
| 164,3 | - 285 | - 266 | + 275 | + 274 | + 264 | + 247 | - 294 | - 293 |
| 165 | - 284 | - 261 | + 266 | + 271 | + 254 | + 233 | - 296 | - 297 |

ТАБЛИЦА 3
(Наставак)

| Хиљаде година пре 1800 по Хр. | Летња полугодина | | | | Зимска полугодина | | | |
|-------------------------------------|-------------------|-------|-------|-------|-------------------|-------|-------|-------|
| | Географска ширина | | | | | | | |
| | +5° | +15° | -5° | -15° | +5° | +15° | -5° | -15° |
| 170 | + 264 | + 282 | - 298 | - 262 | - 322 | - 334 | + 240 | + 210 |
| 175 | +1003 | + 990 | -1025 | - 978 | -1040 | -1022 | + 990 | + 946 |
| 176,3 | +1057 | +1032 | -1067 | -1026 | -1075 | -1048 | +1049 | +1010 |
| 180 | + 739 | + 701 | - 719 | - 713 | - 706 | - 672 | + 732 | + 742 |
| 185 | - 255 | - 282 | + 301 | + 254 | + 333 | + 357 | - 219 | - 179 |
| 187,5 | - 459 | - 488 | + 515 | + 456 | + 534 | + 574 | - 450 | - 370 |
| 190 | - 271 | - 310 | + 331 | + 274 | + 374 | + 403 | - 228 | - 181 |
| 195 | + 834 | + 762 | - 774 | - 736 | - 732 | - 670 | + 876 | + 888 |
| 198,5 | +1226 | +1159 | -1188 | -1181 | -1160 | -1099 | +1254 | +1241 |
| 200 | +1144 | +1085 | -1114 | -1105 | -1093 | -1039 | +1165 | +1149 |
| 203 | + 82 | + 93 | - 100 | - 83 | - 112 | - 120 | + 70 | + 55 |
| 209,6 | - 538 | - 502 | + 508 | + 532 | + 473 | + 423 | - 593 | - 609 |
| 210 | - 533 | - 496 | + 501 | + 526 | + 463 | + 414 | - 591 | - 608 |
| 215 | + 115 | + 132 | - 167 | - 122 | - 204 | - 233 | + 78 | + 41 |
| 220 | +1110 | +1079 | -1116 | -1077 | -1119 | -1087 | +1107 | +1069 |
| 220,8 | +1123 | +1088 | -1122 | -1092 | -1118 | -1079 | +1132 | +1101 |
| 225 | + 619 | + 533 | - 533 | - 591 | - 509 | - 453 | + 665 | + 691 |
| 230 | - 219 | - 286 | + 315 | + 230 | + 382 | + 433 | - 152 | - 83 |
| 232,4 | - 234 | - 319 | + 344 | + 264 | + 408 | + 456 | - 190 | - 124 |
| 235 | + 41 | - 21 | + 37 | - 25 | + 93 | + 142 | + 97 | + 146 |
| 240 | + 723 | + 663 | - 673 | - 691 | - 638 | - 586 | + 758 | + 768 |
| 242,2 | + 788 | + 747 | - 768 | - 739 | - 755 | - 717 | + 801 | + 789 |
| 245 | + 677 | + 638 | - 679 | - 656 | - 681 | - 661 | + 675 | + 653 |
| 250 | + 223 | + 221 | - 279 | - 229 | - 317 | - 344 | + 187 | + 146 |
| 255 | + 64 | + 88 | - 98 | - 68 | - 122 | - 140 | + 40 | + 16 |

ТАБЛИЦА 3
(Наставак)

| Хиљаде година пре 1800 по Хр. | Летња полугодина | | | | Зимска полугодина | | | |
|-------------------------------------|-------------------|-------|-------|------|-------------------|-------|-------|-------|
| | Географска ширина | | | | | | | |
| | +5° | +15° | -5° | -15° | +5° | +15° | -5° | -15° |
| 256,5 | + 72 | + 86 | - 94 | - 74 | - 09 | - 119 | + 57 | + 41 |
| 260 | +167 | +156 | -161 | -160 | - 156 | - 145 | + 172 | + 171 |
| 265 | +419 | +382 | -389 | -400 | - 367 | - 335 | + 441 | + 447 |
| 270 | +399 | +354 | -643 | -666 | - 603 | - 547 | + 739 | + 753 |
| 270,7 | +719 | +352 | -661 | -686 | - 620 | - 563 | + 760 | + 775 |
| 275 | +320 | +153 | -454 | -491 | - 407 | - 350 | + 567 | + 594 |
| 280 | - 76 | - 112 | +126 | + 84 | + 160 | + 188 | - 42 | - 8 |
| 281,8 | -174 | -196 | +210 | +176 | + 235 | + 252 | - 149 | - 120 |
| 285 | + 2 | - 7 | + 10 | + 1 | + 18 | + 26 | + 10 | + 18 |
| 290 | +775 | +770 | -799 | -756 | - 815 | - 806 | + 759 | + 720 |
| 292,7 | +955 | +951 | -989 | -951 | -1013 | -1003 | + 931 | + 879 |
| 295 | +813 | +818 | -855 | -794 | - 885 | - 885 | + 785 | + 729 |
| 300 | - 53 | - 25 | + 19 | + 45 | - 5 | - 27 | - 77 | - 97 |
| 303,1 | -337 | -327 | +337 | +327 | + 338 | + 338 | - 336 | - 326 |
| 305 | -216 | -231 | +244 | +215 | + 265 | + 276 | - 195 | - 170 |
| 310 | +385 | +606 | -611 | -650 | - 553 | - 492 | + 738 | + 764 |
| 313,3 | +991 | +306 | -921 | -946 | - 872 | - 798 | +1040 | +1054 |
| 315 | +900 | +320 | -852 | -860 | - 781 | - 716 | + 948 | + 924 |
| 320 | + 92 | + 44 | - 34 | - 78 | + 6 | + 45 | + 132 | + 167 |
| 323,3 | -170 | -192 | +206 | +172 | + 232 | + 243 | - 144 | - 116 |
| 325 | - 81 | - 97 | +105 | + 83 | + 123 | + 136 | - 63 | - 44 |
| 330 | + 63 | + 88 | - 98 | - 72 | - 113 | - 133 | + 48 | + 27 |
| 332,8 | +736 | +737 | - 766 | -719 | - 788 | - 764 | + 714 | + 672 |
| 335 | +321 | +322 | -647 | -606 | - 666 | - 663 | + 602 | + 565 |
| 340 | + 85 | + 82 | - 85 | - 82 | - 84 | - 81 | + 86 | + 83 |

ТАБЛИЦА 3
(Наставак)

| Хиљаде година пре 1800 по Хр. | Летња полугодина | | | | Зимска полугодина | | | |
|-------------------------------------|-------------------|------|------|------|-------------------|------|------|------|
| | Географска ширина | | | | | | | |
| | +5° | +15° | -5° | -15° | +5° | +15° | -5° | -15° |
| 342,1 | + 1 | - 7 | + 9 | + 1 | + 17 | + 24 | + 9 | + 16 |
| 343 | +177 | +151 | -151 | -165 | -133 | -112 | +193 | +204 |
| 350 | +666 | +305 | -614 | -635 | -578 | -526 | +702 | +714 |
| 350,9 | +688 | +627 | -656 | -657 | -599 | -546 | +725 | +738 |
| 355 | +414 | +358 | -358 | -390 | -318 | -270 | +454 | +478 |
| 359,9 | - 13 | - 39 | + 47 | + 19 | + 71 | + 91 | + 11 | + 33 |
| 360 | - 15 | - 41 | + 49 | + 21 | + 72 | + 92 | + 8 | + 30 |
| 363 | +366 | +357 | -368 | -355 | -370 | -360 | +364 | +352 |
| 369,6 | +729 | +728 | -757 | -712 | -776 | -770 | +710 | +670 |
| 370 | +726 | +726 | -756 | -710 | -776 | -772 | +706 | +664 |
| 375 | +270 | +291 | -308 | -269 | -334 | -349 | +244 | +211 |
| 379,7 | - 81 | - 65 | + 65 | + 75 | + 54 | + 41 | - 92 | - 99 |
| 380 | - 78 | - 64 | + 64 | + 72 | + 54 | + 42 | - 88 | - 94 |
| 385 | +398 | +357 | -362 | -379 | -355 | -301 | +425 | +455 |
| 389,6 | +717 | +647 | -655 | -683 | -612 | -552 | +760 | +778 |
| 390 | +713 | +641 | -649 | -679 | -603 | -542 | +759 | +778 |
| 395 | +312 | +251 | -246 | -289 | -199 | -148 | +359 | +392 |
| 399,2 | +117 | + 67 | - 57 | -101 | - 14 | + 26 | +160 | +194 |
| 400 | +132 | + 83 | - 74 | -117 | - 32 | + 8 | +174 | +208 |
| 405 | +447 | +417 | -425 | -429 | -410 | -383 | +462 | +463 |
| 407,7 | +438 | +477 | -494 | -475 | -497 | -485 | +485 | +467 |
| 410 | +404 | +413 | -432 | -397 | -452 | -437 | +384 | +353 |
| 415 | +146 | +181 | -198 | -151 | -235 | -262 | +109 | + 70 |
| 415,5 | +141 | +175 | -191 | -145 | -228 | -234 | +104 | + 66 |
| 420 | +368 | +388 | -408 | -364 | -437 | -431 | +339 | +301 |

ТАБЛИЦА 3
(Наставак)

| Хиљаде година пре 1800 по Хр. | Летња полугодина | | | | Зимска полугодина | | | |
|-------------------------------------|-------------------|------|-------|-------|-------------------|------|-------|-------|
| | Географска ширина | | | | | | | |
| | +5° | +15° | -5° | -15° | +5° | +15° | -5° | -15° |
| 424 | + 603 | +589 | - 609 | - 585 | - 614 | -598 | + 598 | + 576 |
| 425 | + 609 | +588 | - 607 | - 590 | - 605 | -585 | + 611 | + 593 |
| 450 | + 208 | +157 | - 152 | - 191 | - 111 | - 70 | + 249 | + 578 |
| 433,6 | - 65 | -125 | + 145 | + 79 | + 201 | +247 | - 9 | + 43 |
| 435 | - 58 | -120 | + 140 | + 72 | + 199 | +248 | + 1 | + 56 |
| 440 | + 602 | +533 | - 536 | - 571 | - 489 | -430 | + 649 | + 674 |
| 444 | + 963 | +896 | - 915 | - 924 | - 881 | -892 | + 997 | + 998 |
| 445 | + 943 | +886 | - 907 | - 906 | - 882 | -851 | + 968 | + 961 |
| 450 | + 104 | +105 | - 110 | - 105 | - 113 | -113 | + 101 | + 95 |
| 454,8 | - 440 | -395 | + 400 | + 419 | + 371 | +332 | - 469 | - 432 |
| 455 | - 441 | -395 | + 399 | + 419 | + 369 | +329 | - 471 | - 485 |
| 460 | + 149 | +165 | - 175 | - 149 | - 194 | -205 | + 130 | + 109 |
| 465 | + 477 | +455 | - 467 | - 461 | - 461 | -441 | + 483 | + 475 |
| 465,4 | + 488 | +465 | - 478 | - 471 | - 470 | -448 | + 496 | + 488 |
| 470 | + 415 | +379 | - 385 | - 395 | - 365 | -334 | + 455 | + 440 |
| 475 | - 426 | -450 | + 474 | + 422 | + 508 | +524 | - 322 | - 348 |
| 473,6 | - 435 | -460 | + 485 | + 432 | + 519 | +336 | - 401 | - 356 |
| 480 | + 186 | +157 | - 130 | - 169 | - 90 | - 50 | + 226 | + 226 |
| 485 | +1059 | +999 | -1025 | -1021 | - 997 | -943 | +1085 | +1077 |
| 486,1 | +1053 | +997 | -1023 | -1015 | -1002 | -951 | +1074 | +1061 |
| 490 | + 596 | +373 | - 590 | - 577 | - 586 | -564 | + 600 | + 586 |
| 495 | - 120 | -100 | + 98 | + 112 | + 83 | + 66 | - 135 | - 146 |
| 497,1 | - 156 | -132 | + 130 | + 146 | + 113 | + 95 | - 173 | - 185 |
| 500 | + 42 | + 64 | - 72 | - 46 | - 94 | -111 | + 20 | - 1 |
| 505 | + 530 | +524 | - 544 | - 516 | - 553 | -545 | + 521 | + 493 |
| 508,2 | + 628 | +596 | - 612 | - 606 | - 600 | -570 | + 640 | + 632 |

ТАБЛИЦА 3
(Наставак)

| Хиљаде година пре 1800 по Хр. | Летња полугодина | | | | Зимска полугодина | | | |
|-------------------------------------|-------------------|-------|-------|-------|-------------------|-------|-------|-------|
| | Географска ширина | | | | | | | |
| | +5° | +15° | -5° | -15° | +5° | +15° | -5° | -15° |
| 510 | + 578 | + 534 | - 544 | - 554 | - 520 | - 481 | + 602 | + 607 |
| 515 | + 419 | + 358 | - 357 | - 394 | - 314 | - 263 | + 462 | + 489 |
| 520 | + 314 | + 265 | - 264 | - 295 | - 228 | - 188 | + 350 | + 372 |
| 525 | + 139 | + 107 | - 103 | - 127 | - 77 | - 51 | + 165 | + 183 |
| 525,3 | + 130 | + 100 | - 96 | - 120 | - 72 | - 47 | + 154 | + 173 |
| 530 | + 148 | + 140 | - 142 | - 142 | - 139 | - 132 | + 151 | + 150 |
| 535 | + 640 | + 642 | - 663 | - 626 | - 687 | - 584 | + 621 | + 584 |
| 537,8 | + 851 | + 852 | - 869 | - 829 | - 882 | - 868 | + 838 | + 800 |
| 540 | + 808 | + 790 | - 820 | - 784 | - 828 | - 808 | + 800 | + 766 |
| 545 | + 7 | - 1 | + 5 | - 5 | + 11 | + 17 | + 15 | + 21 |
| 548,6 | - 417 | - 422 | + 439 | + 408 | + 456 | + 457 | - 400 | - 373 |
| 550 | - 373 | - 384 | + 403 | + 363 | + 423 | + 430 | - 353 | - 322 |
| 555 | + 659 | + 599 | - 609 | - 629 | - 573 | - 521 | + 695 | + 707 |
| 559 | +1268 | +1189 | -1216 | -1219 | -1179 | -1109 | +1305 | +1299 |
| 560 | +1247 | +1169 | -1195 | -1199 | -1158 | -1088 | +1284 | +1280 |
| 565 | + 122 | + 95 | - 92 | - 113 | - 70 | - 48 | + 144 | + 160 |
| 569,4 | - 622 | - 603 | + 622 | + 603 | + 623 | + 604 | - 621 | - 602 |
| 570 | - 610 | - 588 | + 606 | + 590 | + 603 | + 582 | - 613 | - 596 |
| 575 | + 451 | + 461 | - 481 | - 443 | - 502 | - 507 | + 430 | + 397 |
| 579,7 | +1195 | +1186 | -1233 | -1164 | -1261 | -1246 | +1167 | +1104 |
| 580 | +1187 | +1181 | -1227 | -1159 | -1255 | -1245 | +1159 | +1097 |
| 585 | + 321 | + 328 | - 341 | - 318 | - 352 | - 352 | + 314 | + 294 |
| 590 | - 391 | - 412 | + 433 | + 387 | + 464 | + 478 | - 360 | - 320 |
| 590,3 | - 386 | - 408 | + 430 | + 382 | + 462 | + 477 | - 354 | - 313 |
| 595 | + 327 | + 264 | - 259 | - 304 | - 210 | - 158 | + 376 | + 410 |
| 600 | + 903 | + 825 | - 837 | - 865 | - 790 | - 722 | + 950 | + 966 |

ТАБЛИЦА 4

Секуларна померања калоричног екватора

| Хиљаде година пре 1800 по Хр. | Геогр. ширина калоричног екватора | Хиљаде година пре 1800 по Хр. | Геогр. ширина калоричног екватора | Хиљаде година пре 1800 по Хр. | Геогр. ширина калоричног екватора | Хиљаде година пре 1800 по Хр. | Геогр. ширина калоричног екватора |
|-------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------|-----------------------------------|
| 0 | +3° 2' | 85 | -5° 8' | 180 | -5° 37' | 270 | -3° 9' |
| 0,6 | +3° 5' | 90 | +2° 54' | 185 | +3° 45' | 270,7 | -3° 21' |
| 5 | +0° 46' | 94 | +6° 40' | 187,5 | +7° 41' | 275 | -1° 26' |
| 10 | -3° 10' | 95 | +6° 27' | 190 | +5° 59' | 280 | +4° 5' |
| 11,1 | -3° 21' | 100 | -0° 32' | 195 | -4° 25' | 281,8 | +4° 53' |
| 15 | -1° 31' | 105,1 | -7° 16' | 198,5 | -8° 4' | 285 | +3° 6' |
| 20 | +2° 53' | 110 | -1° 8' | 200 | -7° 18' | 290 | -4° 2' |
| 22,1 | +3° 20' | 115 | +6° 27' | 205 | +5° 11' | 292,7 | -5° 53' |
| 25 | +1° 57' | 116,1 | +6° 44' | 209,6 | +7° 39' | 295 | -4° 24' |
| 30 | -2° 29' | 120 | +2° 65' | 210 | +7° 55' | 300 | +3° 18' |
| 32,7 | -2° 48' | 125 | -4° 19' | 215 | +1° 42' | 303,1 | +6° 20' |
| 35 | -2° 12' | 127,7 | -5° 26' | 220 | -7° 0' | 305 | +5° 13' |
| 40 | +0° 11' | 130 | -4° 18' | 220,8 | -7° 9' | 310 | -2° 59' |
| 45 | +1° 46' | 135 | +1° 29' | 225 | -2° 26' | 313,4 | -5° 52' |
| 47,1 | +1° 59' | 140 | +4° 47' | 230 | +5° 48' | 315 | -5° 2' |
| 50 | +1° 59' | 145 | +1° 24' | 232,4 | +6° 5' | 320 | +2° 34' |
| 55 | -0° 32' | 150 | -4° 5' | 235 | +3° 11' | 323,5 | +4° 61' |
| 60 | -3° 12' | 152,2 | -6° 16' | 240 | -3° 24' | 325 | +3° 57' |
| 60,6 | -3° 21' | 155 | -5° 52' | 242,2 | -4° 3' | 330 | +5° 15' |
| 65 | -1° 27' | 160 | +2° 15' | 245 | -3° 6' | 332,8 | -3° 42' |
| 70 | +4° 11' | 164,3 | +5° 30' | 250 | +0° 44' | 335 | -2° 40' |
| 71,9 | +3° 11' | 165 | +5° 27' | 255 | +2° 15' | 340 | +2° 16' |
| 75 | +3° 28' | 170 | +0° 29' | 256,5 | +2° 50' | 342,1 | +3° 6' |
| 80 | -4° 12' | 175 | -6° 3' | 260 | +1° 34' | 345 | +1° 35' |
| 82,8 | -6° 13' | 176,3 | -6° 31' | 265 | -0° 38' | 350 | -2° 59' |

ТАБЛИЦА 4

(Наставак)

| Хиљаде година пре 1800 по Хр. | Геогр. ширина калоричног екватора | Хиљаде година пре 1800 по Хр. | Геогр. ширина калоричног екватора | Хиљаде година пре 1800 по Хр. | Геогр. ширина калоричног екватора | Хиљаде година пре 1800 по Хр. | Геогр. ширина калоричног екватора |
|-------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------|-----------------------------------|
| 350,9 | -3° 4' | 415 | +1° 26' | 475,6 | +7° 25' | 540 | -4° 18' |
| 355 | -0° 29' | 415,5 | +1° 29' | 480 | +1° 40' | 545 | +3° 2' |
| 359,9 | +3° 23' | 420 | -0° 28° | 485 | -6° 32' | 548,6 | +7° 0' |
| 360 | +3° 24' | 424 | -2° 27' | 486,1 | -6° 28' | 550 | +6° 39' |
| 365 | -0° 18' | 425 | -2° 29' | 490 | -2° 21' | 555 | -2° 48' |
| 369,6 | -3° 38' | 430 | +1° 28' | 495 | +3° 58' | 559 | -8° 27' |
| 370 | -3° 37' | 433,6 | +4° 12' | 497,1 | +4° 15' | 560 | -8° 16' |
| 375 | +0° 25' | 435 | +4° 9' | 500 | +2° 29' | 565 | +2° 7' |
| 379,7 | +3° 40' | 440 | -2° 13' | 505 | -1° 49' | 569,4 | +3° 37' |
| 380 | +3° 38' | 444 | -5° 38' | 508,2 | -2° 4' | 570 | +3° 28' |
| 385 | -0° 23' | 445 | -5° 28' | 510 | -2° 6' | 575 | -1° 10' |
| 389,6 | -3° 19' | 450 | +2° 4' | 515 | -0° 0' | 579,7 | -7° 44' |
| 390 | -3° 16' | 454,8 | +6° 39' | 520 | +0° 26' | 580 | -7° 40' |
| 395 | +0° 32' | 455 | +6° 38' | 525 | +2° 0' | 585 | +0° 1' |
| 399,2 | +2° 21' | 460 | +1° 33' | 525,3 | +2° 4' | 590 | +3° 56' |
| 400 | +2° 11' | 465 | -1° 15' | 530 | +1° 46' | 590,3 | +6° 53' |
| 405 | -0° 56' | 465,4 | -1° 21' | 535 | -2° 51' | 595 | +0° 24' |
| 407,7 | -1° 24' | 470 | -0° 36' | 537,8 | -4° 42' | 600 | -3° 4' |
| 410 | -0° 44' | 475 | +1° 19' | | | | |

ТАБЛИЦА 5

Секуларне промене летњих топлотних количина упућених калоти Земљиној, ограниченој упоредником од 55° северно, и њихове последице.

$\Delta_1 Q_s$ промене, изазване варијабилитетом астрономских елемената.

$\Delta_2 Q_s$ промене, изазване варијабилитетом рефлексивне способности калоте.

ΔH померања границе вечног снега, изазвана обема предњим променама.

| Хиљаде година пре 1800 по Хр. | $\Delta_1 Q_s$ | $\Delta_2 Q_s$ | ΔH |
|-------------------------------|--------------------|----------------|------------|
| | каноничне јединице | | метара |
| 0,6 | + 20 | + 21 | + 41 |
| 5 | +292 | +223 | + 515 |
| 10 | +346 | +268 | + 314 |
| 11,1 | +321 | +268 | + 789 |
| 15 | +319 | +234 | + 553 |
| 20 | -260 | -343 | - 603 |
| 22,1 | -452 | -700 | -1152 |
| 25 | -480 | -756 | -1236 |
| 30 | -225 | -296 | - 521 |
| 32,7 | -143 | -176 | - 319 |
| 35 | -106 | -126 | - 232 |
| 40 | + 27 | + 28 | + 55 |
| 45 | +333 | +259 | + 572 |
| 47,1 | +307 | +229 | + 536 |
| 50 | +296 | +225 | + 521 |
| 55 | +140 | +130 | + 270 |
| 60 | + 99 | + 96 | + 195 |
| 60,6 | + 91 | + 89 | + 180 |

| Хиљаде година пре 1800 по Хр. | $\Delta_1 Q_s$ | $\Delta_2 Q_s$ | ΔH |
|-------------------------------|--------------------|----------------|------------|
| | каноничне јединице | | метара |
| 65 | -140 | -172 | - 312 |
| 70 | -466 | -728 | -1194 |
| 71,9 | -496 | -739 | -1235 |
| 75 | -552 | -509 | - 861 |
| 80 | +198 | +172 | + 370 |
| 82,8 | +418 | +262 | + 680 |
| 85 | +477 | +268 | + 745 |
| 90 | +271 | +213 | + 434 |
| 94 | +115 | +107 | + 222 |
| 95 | +158 | +121 | + 249 |
| 100 | + 89 | + 87 | + 176 |
| 105,1 | - 12 | - 13 | - 25 |
| 110 | -291 | -403 | - 694 |
| 115 | -367 | -943 | -1510 |
| 116,1 | -366 | -942 | -1508 |
| 120 | -280 | -384 | - 664 |
| 125 | +408 | +260 | + 668 |
| 127,7 | +550 | +268 | + 818 |

ТАБЛИЦА 5

(Наставак)

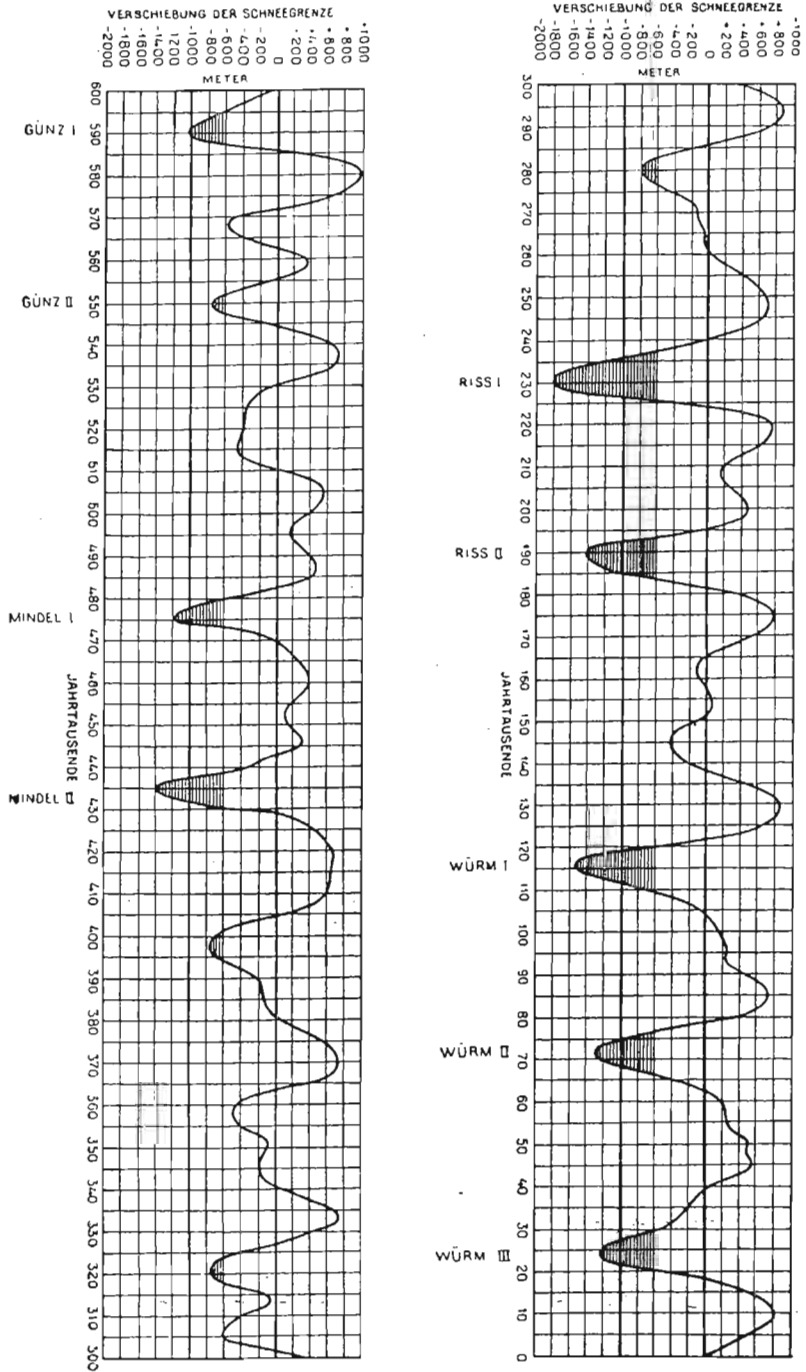
| Хиљаде година пре 1800 по Хр. | $\Delta_1 Q_s$ | $\Delta_2 Q_s$ | ΔH |
|-------------------------------|--------------------|----------------|------------|
| | каноничне јединице | | метара |
| 130 | +573 | +268 | + 346 |
| 135 | +206 | +177 | + 383 |
| 140 | -122 | -147 | - 269 |
| 145 | -185 | -236 | - 421 |
| 150 | - 55 | - 62 | - 117 |
| 152,2 | + 20 | + 21 | + 41 |
| 155 | + 18 | + 19 | + 37 |
| 160 | - 45 | - 51 | - 96 |
| 164,5 | - 35 | - 39 | - 74 |
| 165 | - 8 | - 9 | - 17 |
| 170 | +306 | +229 | + 535 |
| 173 | +517 | +268 | + 735 |
| 176,3 | +476 | +268 | + 744 |
| 180 | +175 | +156 | + 331 |
| 185 | -390 | -580 | - 970 |
| 187,5 | -514 | -823 | -1342 |
| 190 | -471 | -739 | -1210 |
| 195 | - 31 | - 34 | - 65 |
| 198,5 | +247 | +201 | + 448 |
| 200 | +269 | +212 | + 431 |
| 205 | +137 | +127 | + 264 |
| 209,6 | + 82 | + 81 | + 163 |
| 210 | +102 | + 99 | + 201 |
| 215 | +359 | +248 | + 607 |
| 220 | +465 | +267 | + 732 |
| 220,8 | +405 | + 259 | + 664 |
| 225 | -145 | - 179 | - 324 |
| 230 | -659 | -1155 | -1814 |
| 232,4 | -641 | -1112 | -1755 |
| 235 | -456 | - 708 | -1164 |
| 240 | - 14 | - 15 | - 99 |
| 242,2 | +191 | + 167 | + 358 |
| 245 | +378 | + 253 | + 631 |
| 250 | +414 | + 261 | + 675 |
| 255 | +228 | + 190 | + 418 |
| 256,5 | +157 | + 143 | + 300 |
| 260 | + 23 | + 24 | + 47 |
| 265 | - 20 | - 22 | - 42 |
| 270 | - 65 | - 74 | - 139 |
| 270,7 | - 66 | - 76 | - 142 |
| 275 | -197 | - 254 | - 451 |
| 280 | -326 | - 463 | - 789 |
| 281,8 | -233 | - 389 | - 672 |
| 285 | - 72 | - 83 | - 153 |
| 290 | +444 | + 266 | + 710 |
| 292,7 | -576 | + 268 | + 844 |
| 295 | +371 | + 268 | + 839 |
| 300 | +182 | + 161 | + 343 |
| 303,1 | -133 | - 165 | - 300 |
| 305 | -258 | - 348 | - 606 |

ТАБЛИЦА 5
(Наставак)

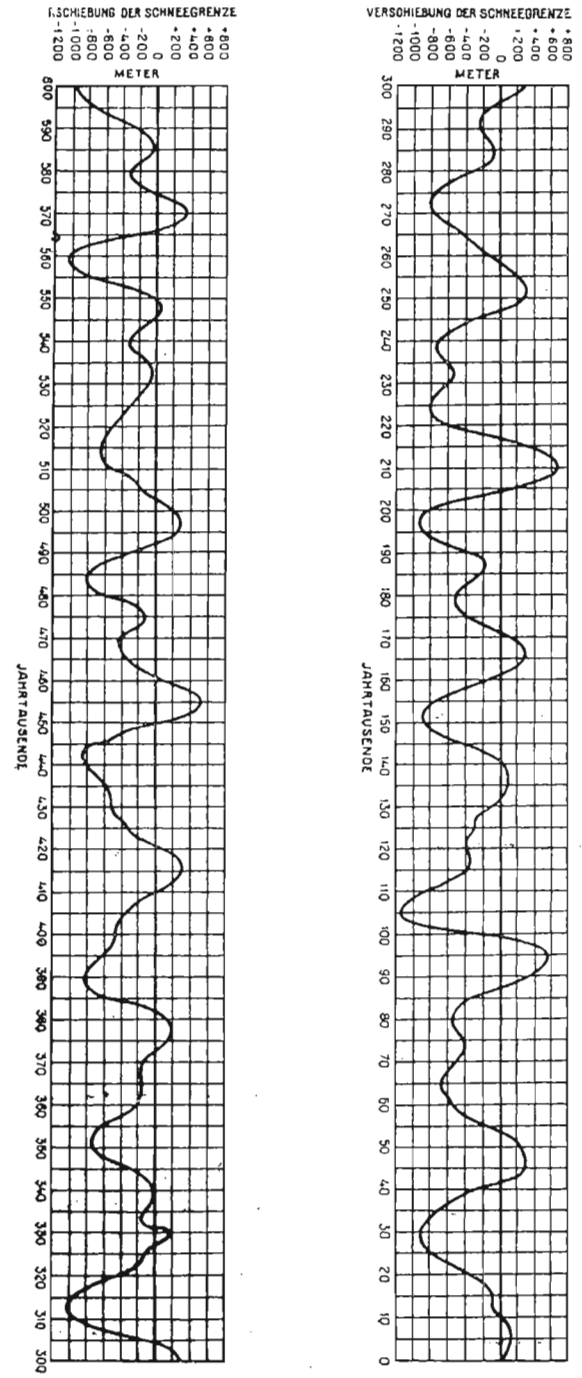
| Хиљаде година пре 1800 по Хр. | $\Delta_1 Q_s$ | $\Delta_2 Q_s$ | ΔH |
|----------------------------------|-----------------------|----------------|------------|
| | каноничне јединице | | метара |
| 310 | -178 | -225 | -403 |
| 315,4 | -31 | -34 | -65 |
| 315 | -54 | -61 | -115 |
| 320 | -311 | -437 | -748 |
| 323,3 | -283 | -389 | -672 |
| 325 | -181 | -230 | -411 |
| 330 | +201 | +173 | +374 |
| 332,8 | +470 | +267 | +737 |
| 335 | +404 | +259 | +663 |
| 340 | +30 | +32 | +62 |
| 342,1 | -64 | -74 | -138 |
| 345 | -83 | -97 | -180 |
| 350 | -49 | -55 | -104 |
| 350,9 | -45 | -51 | -96 |
| 355 | -177 | -224 | -401 |
| 359,9 | -208 | -270 | -478 |
| 360 | -207 | -269 | -476 |
| 365 | +158 | +144 | +302 |
| 369,6 | +449 | +266 | +715 |
| 370 | +460 | +267 | +727 |
| 375 | +331 | +239 | +570 |
| 379,9 | +62 | +63 | +125 |
| 380 | +54 | +55 | +109 |
| 385 | -65 | -74 | -139 |
| 389,6 | -89 | -104 | -193 |
| Хиљаде година пре 1800 по Хр. | $\Delta_1 Q_s$ | $\Delta_2 Q_s$ | ΔH |
| | каноничне јединице | | метара |
| 390 | -108 | -129 | -237 |
| 395 | -278 | -381 | -659 |
| 399,2 | -315 | -444 | -759 |
| 400 | -302 | -421 | -723 |
| 405 | +45 | +46 | +91 |
| 407,7 | +222 | +186 | +408 |
| 410 | +328 | +237 | +565 |
| 415 | +370 | +251 | +621 |
| 415,5 | +362 | +249 | +611 |
| 420 | +389 | +256 | +645 |
| 424 | +273 | +214 | +487 |
| 425 | +224 | +188 | +412 |
| 430 | -260 | -351 | -611 |
| 433,6 | -501 | -800 | -1301 |
| 435 | -520 | -900 | -1420 |
| 440 | -164 | -206 | -370 |
| 444 | +83 | +86 | +174 |
| 445 | +156 | +142 | +298 |
| 450 | +72 | +72 | +144 |
| 454,8 | +72 | +72 | +144 |
| 455 | +82 | +81 | +163 |
| 460 | +215 | +182 | +397 |
| 465 | +130 | +122 | +252 |
| 465,4 | +125 | +118 | +243 |
| 470 | -13 | -14 | -27 |

ТАБЛИЦА 5
(Наставак)

| Хиљаде година пре 1800 по Хр. | $\Delta_1 Q_s$ | $\Delta_2 Q_s$ | ΔH |
|----------------------------------|-----------------------|----------------|------------|
| | каноничне јединице | | метара |
| 475 | -455 | -706 | -1161 |
| 475,6 | -466 | -728 | -1194 |
| 480 | -264 | -358 | -622 |
| 485 | +196 | +170 | +366 |
| 486,1 | +233 | +193 | +426 |
| 490 | +198 | +172 | +370 |
| 495 | +82 | +81 | +163 |
| 497,1 | +90 | +88 | +178 |
| 500 | +198 | +172 | +370 |
| 505 | +289 | +222 | +511 |
| 508,2 | +144 | +133 | +277 |
| 510 | +21 | +22 | +43 |
| 515 | -205 | -265 | -470 |
| 520 | -178 | -225 | -403 |
| 525 | -163 | -204 | -367 |
| 525,3 | -156 | -194 | -350 |
| 530 | +27 | +28 | +53 |
| 535 | +415 | +261 | +676 |
| 537,8 | +445 | +266 | +711 |
| Хиљаде година пре 1800 по Хр. | $\Delta_1 Q_s$ | $\Delta_2 Q_s$ | ΔH |
| | каноничне јединице | | метара |
| 540 | +386 | +253 | +641 |
| 545 | -60 | -68 | -128 |
| 548,6 | -300 | -418 | -718 |
| 550 | -322 | -456 | -778 |
| 555 | -45 | -51 | -96 |
| 559 | +185 | +170 | +353 |
| 560 | +174 | +153 | +329 |
| 565 | -137 | -167 | -304 |
| 569,4 | -246 | -329 | -575 |
| 570 | -216 | -282 | -498 |
| 575 | +357 | +247 | +604 |
| 579,7 | +701 | +268 | +969 |
| 580 | +703 | +268 | +971 |
| 585 | +221 | +186 | +407 |
| 590 | -411 | -619 | -1030 |
| 590,3 | -419 | -633 | -1054 |
| 595 | -285 | -393 | -678 |
| 600 | -43 | -48 | -91 |



Секуларна померања границе вечног снега на северној калоти Земљиној, ограниченој упоредником од 55°.



Секуларна померања границе вечног снега на јужној калоти Земљиној, ограниченој упоредником од 55°.