

БОРИВОЈЕ Н. ДОБРИЛОВИЋ

ГОДИШЊИ ХОД ТЕМПЕРАТУРЕ ПЕСКА У БЕОГРАДУ (период 1927—1939)

Увод. Температуре на површини песка започете су да се мере у Београду почетком овог века (1902) у оквиру врло опсежних мерења топлотних прилика београдског тла која су вршена у тадашњој Опсерваторији Велике Школе. Један део резултата ових мерења, која обухватају период 1902—1914, публикован је (1). Подаци о мерењима температуре на површини песка, извршеним у периоду 1904—1906, могу се наћи у познатој студији П. Вујевића (2) којој је као подлога послужило осматрачки материјал београдске Метеоролошке опсерваторије из наведеног периода.

Други низ мерења температура песка, који ће послужити као подлога овом раду, чини део мерења температура тла вршених такође у Метеоролошкој опсерваторији у Београду, у времену између два светска рата и то у периоду од 1927 до 1940 г. Постоје дакле два одвојена низа мерења температура песка у Београду: један, из периода 1902—1912, и други, из периода 1927—1939 год. Мерења температуре песка у првом низу вршена су само на површини песка, док су се у другом низу протезала до дубине од 30см. У првом низу мерења су вршена помоћу живиног термометра с цилиндричним резервоаром (2, стр. 570), док су у другом она вршена помоћу термометара с резервоаром у облику куглице. Поред ове разлике постоје разлике и у часовима осматрања. У првом низу осматрања су била часовна (1, 2, 3, ... 23, 24), а у другом терминска (7, 14 и 21 по локалном времену). Наведене разлике у погледу хомогености низова биле су довољне да онемогуће коришћење резултата мерења првог низа односно извођење средњих вредности температура на површини песка које би резултовале из оба периода. Стога ће се овде изнети само резултати мерења другог низа и дати неколико нумеричких вредности и величина које карактеришу температурске услове песка у току године.

Материјал осматрања. Мерења температуре песка вршена су, као што је било поменуто, у периоду од 1927 до 1939 године. Термометри су били постављени на следећим дубинама: 0, 5, 10, 20 и 30см. Сва мерења извршена су помоћу термометра непосредно пободених у песак. На дубинама 0, 2, 5 и 10см низови мерења су непрекидни тј. обухватају

период од I-I-1927 до 31-XII-1939 г. На дубини од 20cm мерења су вршена у два периода: од I-I-1927 до 31-I-1932 и од I-IV-1933 до 31-I-1935; на 30cm у периоду од I-IV-1931 до 31-XII-1935. Располажемо према томе тринаестогодишњим низовима за дубине 0, 2, 5 и 10cm, седмогодишњим низом за дубину од 20cm и петогодишњим за 30cm. Интерполације и редукције седмогодишњег и петогодишњег низа вршене су помоћу тринаестогодишњег низа температура на дубини од 10cm методом диференција. Интерполисане су биле све терминске средње месечне вредности за дубину од 20 и 30cm, а такође извршене и редукције два краћа низа на тринаестогодишњи период. Средње вредности добијене интерполацијом или редукцијом означене су у свима таблицама.

Термометри су читани у климатолошким терминима. У току зиме снег је чишћен око термометара само толико да се ослободе термометарске скале и омогући читање. Термометар којим се мерила температура на 0cm ослањао се на три ножице, стојао је усправно, а куглица резервоара требала је до половине да буде у песку. Она је била заштићена од директног сунчевог зрачења избушеном металном облогом коју су приликом падавина честице песка редовно прљале. Растојање између појединих термометара било је нешто мање од 20cm. Сва мерења била су извршена у кругу Опсерваторије у фином речном, дунавском, песку, који се налазио у дрвеном сандуку, величине 1m³, укопаном у земљу, тако да је висина околног земљишта и површине песка била на истом нивоу. Сливање воде с околног земљишта према песку било је спречено, па се може претпоставити да су дубине на којима су вршена мерења остале практично исте у току целог периода осматрања.

Статистичка маса овог низа мерења температура песка обухвата око 60.000 података.

Средње месечне и годишње вредности. Располажући резултатима осматрања, вршеним само у климатолошким терминима, било је могуће извршити једино анализу годишњег хода температуре, јер су три осматрања у току једног дана недовољна да би се нешто поуздано могло рећи о дневном ходу. Ипак, чини нам се да се, у извесним случајевима праксе, помоћу терминских вредности може добити макар и груби увид у температурске прилике дневног хода, па су из тог разлога оне дате у прилогу. Средње температуре добијене су као аритметичка средина терминских резултата мерења. Уз температуре песка приложене су и одговарајуће температуре ваздуха, мерене у термометарским заклону, да би се омогућило, уколико је потребно, непосредно поређење топлотног стања ваздуха и песка.

У табелици I дате су вредности средњих месечних и годишњих температура песка за све дубине на којима су вршена мерења у периоду 1927—1939. Због познатих различитих физичких особина ваздуха и песка, у првом реду веће апсорпционе моћи песка у погледу сунчевог зрачења, затим разлика у специфичним топлотама и агрегатном стању између њих, средња годишња температура ваздуха мања је преко 1,4°C од средње годишње температуре на површини песка. Исто се може констатовати и код свих средњих месечних температура ваздуха и површине песка, с максималном разликом у месецу летњег солстицијума.

Таблица 1 — Table 1

Средње месечне температуре ваздуха и песка у рзним дубинама (Београд, период 1927—1939)
 Mean monthly values of air temperature and of sand temperature at different depth (Beograd, period 1927—1939)

Дубина у см Depth in cm	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год. Year	Ампл. Annual temp. range
Ваздух* Air**	0,2	0,5	6,5	11,8	17,0	20,8	23,1	21,8	18,0	12,7	7,5	1,5	11,78	22,9
0	0,6	1,5	7,3	13,3	19,3	23,9	26,2	24,2	19,5	13,3	7,5	1,8	13,20	25,6
2	0,5	1,1	6,8	13,5	20,1	25,2	27,8	25,0	19,5	12,9	7,1	1,9	13,45	27,3
5	0,7	1,2	6,9	13,5	19,7	24,7	27,1	24,8	19,6	13,2	7,4	2,2	13,42	26,4
10	1,0	1,4	6,8	13,1	19,1	23,9	26,5	24,7	19,9	13,6	7,9	2,6	13,37	25,5
20**	1,7	2,1	6,6	12,7	18,7	23,5	25,8	24,5	20,0	13,9	8,3	3,2	13,42	24,1
30**	2,4	2,0	6,5	12,3	18,0	22,6	25,5	23,9	19,8	13,8	8,5	3,4	13,22	23,5

* На 2 м изнад површине тла у метеоролошком закљону

* 2 m over ground in meteorological screen

** Редуковане вредности

** Reduced values

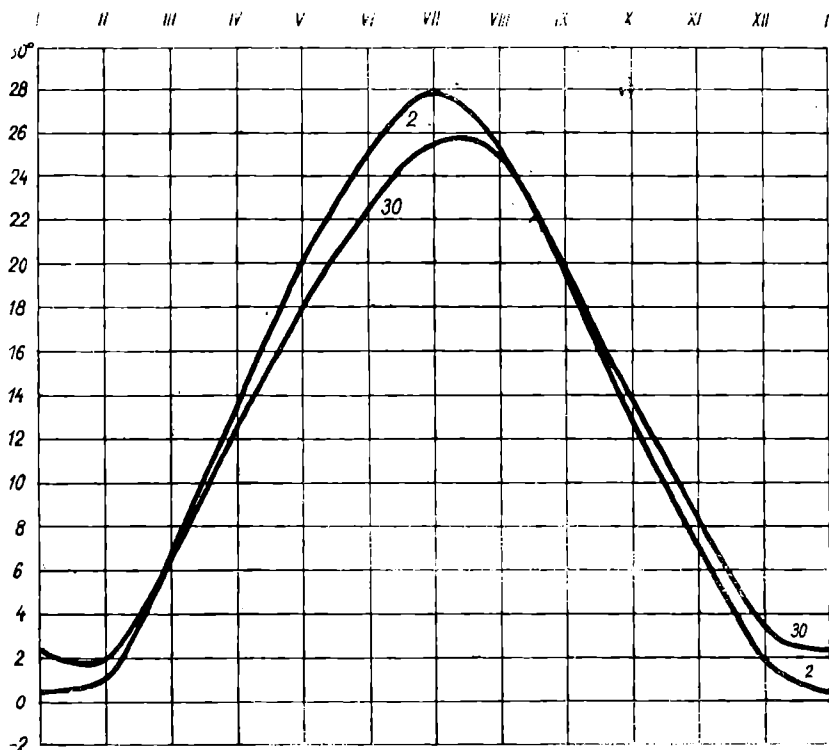
Карактеристично је поређење температурских услова на 0 и 2cm. Очекивало би се да је средња годишња температура на 0cm виша од оне на два сантиметра, чињеница која се јасно показује код хумусне земље (3, стр. 151, 153, 155); код песка је, међутим, обрнут случај: средња годишња температура на 0cm нижа је за 0,25° од средње годишње температуре на 2cm. Покушаћемо да дамо извесно објашњење ове појаве анализом годишњег хода средњих месечних и терминских средњих месечних температура на 0 и 2cm.

Из таблице 1 се види да су средње месечне температуре на 0cm више, просечно за 0,3°, од оних на 2cm у хладном делу године, тј. у периоду октобар-март. У топлом делу године (април-септембар), разлике су супротног знака и сразмерно су знатно веће: износе просечно —0,8°C. Повећане негативне температурске разлике чини нам се да су делимично проузроковане смештајем термометра којим су мерене температуре на 0cm. Познато је, наиме, да је врло тешко мерити температуре на површини тла и необично финим електричним термометрима (4, стр. 191), а да је то практично неизводљиво на начин који је горе био описан, јер присуство куглице термометра поремети саму површину песка и топлотне услове на њој, и на тај начин онемогући мерење температуре површине. На куглицу термометра не утиче скоро ништа топлотно стање саме површине, која у овом случају као таква и не постоји, већ, с једне стране, средње топлотно стање слоја песка дебелог 4—5 mm, слоја у коме се налази доњи део куглице термометра, и с друге, средње топлотно стање „граничног“, неколико милиметара дебелог, ваздушног слоја у коме се налази горњи део резервоара. Према нашем мишљењу резервоар термометра био је у топлим месецима знатно више упливисан топлотним стањем ваздуха него у хладним, због појачане размене ваздушних честица у „граничном“ слоју, а донекле и у самом површинском слоју песка, што је имало за последицу повећане негативне разлике у топлим месецима. Извесна потврда за овакво тумачење налази се у поређењу терминских средњих месечних температура мерених у 14^h на 0 и 2cm (Прилог, таблица I). Просечна разлика између поменутих температура у периоду октобар-март износи 2,32°, а у периоду април-септембар —0,42. Овакав годишњи ход разлика очигледно указује на утицај смештаја термометра на 0cm, односно на повећану размену ваздушних честица у топлом делу године.

Негативне температурске разлике између средњих месечних температура на 0 и 2cm јављају се и због повећања разлике између терминских средњих месечних температура мерених у 21^h на 0 и 2cm, повећања које је последица интензивне радијације са површине песка у тим месецима (Прилог, таблица I). Напред истакнуто јасно се уочава ако се упореде разлике у хладном и топлом делу године, наиме, оне износе у периоду октобар-март просечно —0,93, а у периоду април-септембар —2,37, дакле скоро су утростручене. На крају, анализирани температурске разлике мислимо да потичу и од подневног климатолошког термина; овај закашњава у односу на време појаве максимума сунчевог зрачења, коме непосредно треба да следује максимум температуре на самој површини. Ако се узме у обзир да се максималне вредности температуре на површини песка, па и у самом „граничном“ слоју ваздуха,

јављају нешто пре 13^h (2, стр. 575), да према томе подневно климатолошко осматрање закашњава за овим скоро читав сат, а уз то да су промене температуре и у подневним часовима на површини песка ипак знатне, јасно је да ће се ово морати показати и на средњој вредности температуре површине песка у месецима интензивног сунчевог зрачења. Мислимо да је горњим тумачењима дато делимично објашњење анализираних појава, али при свем том температуре на 0cm нису узимане у обзир приликом доцније анализе у већини случајева.

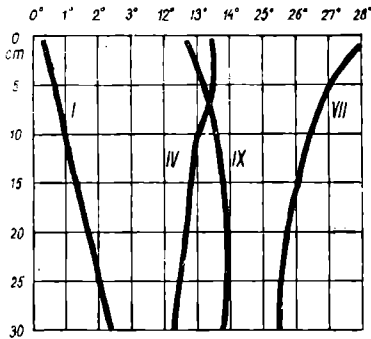
Почевши од дубине на 2cm па наниже температурски услови не показују више неке уочљиве неправилности. Јулски максимуми се смањују, а јануарски (односно фебруарски) минимуми расту са дужином што има за последицу познато смањење амплитуде са дужином. Заостајање времена појаве максимума, односно минимума, у овом прилично



Сл. 1. Годишњи ход температуре песка на дубини 2 и 30cm у Београду
Fig. 1. Annual course of sand temperature at depth 2 and 30cm in Beograd

танком (30cm) слоју песка не може се констатовати (изузев минимума на 30cm) из горње таблице, али је ипак уочљиво из графичког приказа годишњег хода температура на 2 и 30cm (слика 1). Температурски профили у току године кроз испитивани слој песка прилично је једнолик због малих дубина до којих су вршена мерења, па је због тога приказан

графички само с четири таутохроне: јануарском, априлском, јулском и октобарском (слика 2). Из графика на слици 2 може се непосредно закључити о величини и правцу топлотне струје у песку у поменути

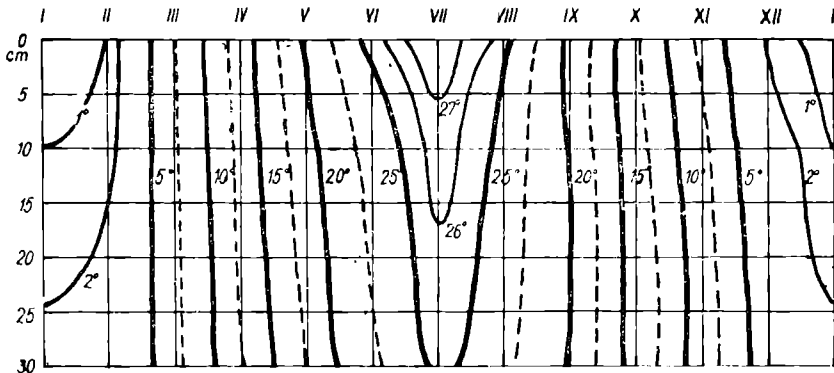


Сл. 2. Таутохроне температура песка у Београду

Fig. 2. Tautochrones of sand temperature in Beograd

четири месеца, У јануару је топлотна струја управљена ка површини и има скоро исти интензитет у свим слојевима. У јулу, она има смер ка већим дубинама, јача је у слоју до 15cm, а слабија од 15 до 30cm. Грубо посматрано, може се рећи да у априлу и октобру влада скоро изотермија у целом слоју до 30cm, јер разлике у температури између највиших и најнижих слојева не прелазе 1,0°C. Ипак се примећује да је у априлу топлотна струја управљена ка већим, а у октобру ка мањим дубинама, при чему јој је интензитет скоро исти у оба месеца. Температурски услови испитиваног слоја песка приказани су и трећим уобичајеним начином: изоплетама (геотермама), слика 3, које такође омогућују

праћење јачине и смера струје, а и промену фазе и амплитуде са дубином, појава које ће бити нешто детаљније анализирани у следећим редовима.



Сл. 3. Изоплете температура песка у Београду

Fig. 3. Isotherms of sand temperature in Beograd

Хармониска анализа. — Годишњи ходови температуре песка су периодичне појаве са израженим годишњим периодом, лако уочљивим из графичког приказа датог на слици 1. Могуће их је према томе приказати тригонометријским полиномима, односно претставити их збиром неколико належућих, обично синусних, таласа, и тако доћи до њихових аналитичких израза на основу којих је омогућено тачније испитивање

Таблица 2 — Table 2

Коефицијенти тригонометријског полинома
The coefficients of trigonometric polynome

Дубина у см Depth in cm	a ₀	a ₁	φ ₁	a ₂	φ ₂	a ₃	φ ₃	a ₄	φ ₄	a ₅	φ ₅	a ₆	φ ₆
0	13,20	12,73	269°30'	0,15	270°0'	0,29	249°40'	0,15	90°	0,20	87°9'	0,20	90°
2	13,45	13,49	270°25'	0,40	133°10'	0,33	233°10'	0,23	93°33'	0,11	86°18'	0,18	90°
5	13,42	13,14	269°32'	0,25	151°22'	0,33	225°0'	0,21	100°47'	0,17	83°12'	0,15	90°
10	13,37	12,71	267°40'	0,11	158°10'	0,32	218°40'	0,18	93°10'	0,16	82°52'	0,16	90°
20	13,42	12,18	266°11'	0,14	120°15'	0,16	198°25'	0,12	70°1'	0,17	69°26'	0,10	90°
30	13,22	11,72	264°57'	0,23	87°30'	0,21	194°2'	0,28	98°10'	0,20	65°46'	0,23	90°

три основне карактеристике належућих таласа, тј. промене њихове амплитуде и заостајање времена појаве екстремних вредности са дужином, и брзине њиховог простирања.

За аналитички израз годишњег хода температуре узет је тригонометријски полином облика:

$$T(x) = a_0 + a_1 \sin(\varphi_1 + x) + \dots + a_6 \sin(\varphi_6 + 6x), \dots \quad (1)$$

у коме a_0 претставља средњу вредност апроксимиране функције, $a_1 \dots a_6$ амплитуде, а $\varphi_1 \dots \varphi_6$ фазне углове належућих таласа чији су периоди 2π ; $n = 1, 2, \dots 6$. Фазни углови рачунају се од почетка године, а x се за поједине месеце разликује по 30° ; за јануар има вредност 0° .

У табlici 2 дати су коефицијенти тригонометријских полинома за све дубине на којима су вршена мерења. Сменом констаната из таблице 2 у полином (1) добијају се аналитички изрази за годишње ходове температура у песку на појединим дубинама. Из вредности констаната $a_1, a_2 \dots a_6$, које претстављају половине амплитуда појединих парцијалних таласа, јасно се види да је карактер апроксимиране појаве, у овом случају годишњи ход температуре, довољно тачно одређен већ првим чланом апроксимационог полинома, јер су амплитуде годишњих таласа на свим дубинама веће преко тридесет пута од амплитуда полугодишњих таласа. Другим речима, годишњи талас даје у нашем случају прилично тачан основни приказ апроксимиране појаве, па је по нашем мишљењу за практичне потребе довољно испитати само промене његових елемената са дужином, тј. промену амплитуде и фазе и брзину простирања.

Ако се амплитуде на појединим дубинама графички прикажу (сл. 4), лако је констатовати да се оне експоненцијално смањују са порастом дубине, односно, да је и у овом плитком површинском слоју песка испуњена у грубом претпоставка која се уводи приликом теоријског проучавања провођења топлоте у тлу. Уколико се податак о амплитуди на 0cm не узме у обзир, јер очигледно показује извесну аномалију, може се горња појава аналитички изразити следећом једначином:

$$A_z = 27,3 e^{-0,0055z}, \quad (2)$$

у којој A_z претставља амплитуду на дубини z ; z је мерено у cm. Да би се омогућила већа прегледност у поређењу вредности амплитуда добијених на три различита начина, унете су у таблицу 3 амплитуде годишњег хода на појединим дубинама прорачунате из података мерења, хармониском анализом и по једначини (2). Из таблице 3 види се да су горња претпоставка и констатација биле у задовољавајућој мери реалне, јер разлике између опажених и прорачунатих вредности не прелазе $0,3^\circ\text{C}$.

Из фазних углова належућих таласа могу се прорачунати времена појаве њихових максимума и минимума. Прорачуната су времена појаве екстремних вредности само за годишње таласе на појединим дубинама и добијене вредности бројно приказане у табlici 4, а графички, за времена појаве минимума, на слици 5. Вредности су израчунате у угловној мери и одговарајућем датуму.

Из графика на слици 5 непосредно се види да се времена појаве минимума, што потпуно вреди и за максимум, мењају линеарно са променом дубине, односно да се ова појава може апроксимирати правом

Таблица 3 — Table 3

Амплитуде годишњег хода температуре у песку
Annual temperature ranges of sand temperature

A_z	A_2	A_5	A_{10}	A_{20}	A_{30}
опажено observed	27,3	26,4	25,5	24,1	23,5
добијено хармон. анализом obtained by har. analysis	27,0	26,3	25,4	24,4	23,4
прорачунато computed	27,0	26,6	25,8	24,4	23,2
опажено — прорачунато obs. — comp.	+0,3	-0,2	-0,3	-0,3	+0,3

Таблица 4 — Table 4

Време појаве максимума и минимума у годишњем ходу температуре песка
Times of occurrence of maxima and minima in annual course of sand temperature

Дубина у cm Depth in cm	Максимум — Maximum				Минимум — Minimum			
	хар. анализа har. analysis		једначина (3) equation (3)		хар. анализа har. analysis		једначина (3) equation (3)	
	угао angle	датум date	угао angle	датум date	угао angle	датум date	угао angle	датум date
0	196,26°	18-VII	195,72°	17-VII	16,26°	16-I	15,72°	16-I
2	195,34°	17-VII	195,98°	18-VII	15,34°	16-I	15,98°	16-I
5	196,23°	18-VII	196,62°	18-VII	16,23°	16-I	16,62°	17-I
10	198,09°	20-VII	197,51°	19-VII	18,09°	18-I	17,51°	18-I
20	199,58°	21-VII	199,30°	21-VII	19,58°	20-I	19,30°	20-I
30	200,81°	23-VII	201,09°	23-VII	20,81°	21-I	21,09°	21-I

линијом. Из података хармониске анализе нађени су следећи изрази за заостајање времена појаве екстремних вредности у песку до дубине од 30cm:

$$\begin{aligned} & \text{за максимум } \varphi_z = 195,72 + 0,179 z, \\ \text{и} & \text{за минимум } \varphi_z' = 15,72 + 0,179 z. \end{aligned} \quad \dots \quad (3)$$

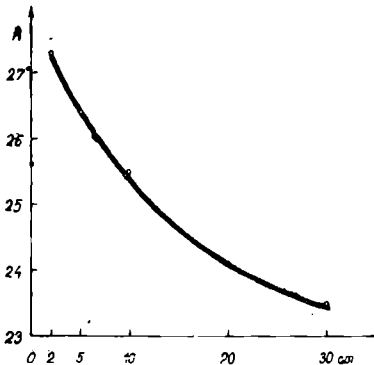
φ_z и φ_z' су времена појаве максимума и минимума на дубини z , изражена у угловној мери; z је и у једначини (3) мерено у cm. Колике су

разлике између вредности које се добијају хармониском анализом и према једначини (3) лако је констатовати из таблице 4. Разлике ни за једну дубину не износе више од једног дана, па нам се чини да је апроксимација испитиване појаве правом линијом, иако груба, ипак прихватљива.

Брзина простирања вертикалног температурског таласа у песку износи:

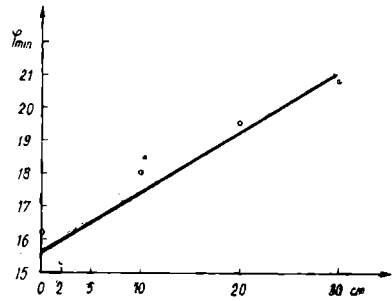
$$v = 5,45 \text{ cm/дан,}$$

вредност која је веома блиска вредности коју је добио Р. Зиринг за исту појаву у Потсдаму ($v = 5,6 \text{ cm/дан}$) (4, стр. 213 и 214), у тлу које се састојало од једноликог и финог кварцног песка.



Сл. 4. Промене годишње температуре са дужином.

Fig. 4. The change of annual temperature range with depth.



Сл. 5. Време појаве минимума на појединим дубинама.

Fig. 5. The times of occurrence of minima at different depths.

Коефицијенти температурског провођења. Коефицијент температурског провођења може се рачунски добити из резултата хармониске анализе, ако се претпостави да је средина кроз коју се врши провођење топлоте хомогена, изотропна и да се у њој не одиграва никаква друга физичка појава осим провођења топлоте. Ове претпоставке су у приличној мери испуњене код дубљих слојева земље или песка, па се теоријски резултати с успехом могу применити на одређивање поменути величине у слојевима испод 50 cm. У површинским слојевима земље и песка збива се истовремено више физичких појава поред провођења топлоте (кондензација, смрзавање, испаравање, кружење воде и ваздуха итд), па је јасно да резултате добијене теоријским путем треба примити с приличним ограничењем.

Коефицијент температурског провођења може се добити или из експоненцијалне промене амплитуде, или из линеарне промене фазних углова са дужином. Вредности добијене на један или други начин теоријски би требало да су једнаке. У нашем случају оне су се јако расипале у појединим слојевима, у једном слоју расипање је прелазило чак и 200%. Оно такође постоји и између слојева и то између вредности до-

бијених на исти начин тј. или према амплитуди или фази. Из тог разлога смо у таблицу 5 унели само средње вредности добијене из резултата осам испитана слоја (вредности коефицијента температурског провођења израчунате су за следеће слојеве: 2—10, 10—20, 0—20, 10—30, 20—30, 2—30 и 0—30 cm).

Таблица 5 — Table 5

Коефицијент температурског провођења $[K] = [cm^2sec^{-1}]$
The coefficient of temperature conductivity $[K] = [cm^2sec^{-1}]$

Средња вредност Mean value	К Према амплитуди К Computed from temp. range	К Према фази К Computed from phase angle	Средњак Mean
		0,0078	0,0122

Тачност добијених резултата мислимо да се грубо може оценити, ако се изврши поређење нађених вредности и вредности које се добијају лабораторијским путем. Ово поређење је у извесној мери незгодно, јер су услови провођења топлоте у песку изложеном атмосферским утицајима, нарочито променљивој количини воде у њему, знатно измењени у односу на тачно дефинисано његово стање (специјално у погледу влажности) приликом лабораторијског одређивања коефицијента температурског провођења. Према Хан-Зирингу (5, стр. 104) је лабораторијска вредност коефицијента температурског провођења за влажни песак $K = 0,0093 cm^2 sec^{-1}$, а према Ландолт-Бернштајну (6, стр. 1927) $K = 0,0097 cm^2 sec^{-1}$, па нам се чини да средња вредност нађена за К претставља ипак неку реалну вредност ове величине у песку који се налази слободно изложен природним условима.

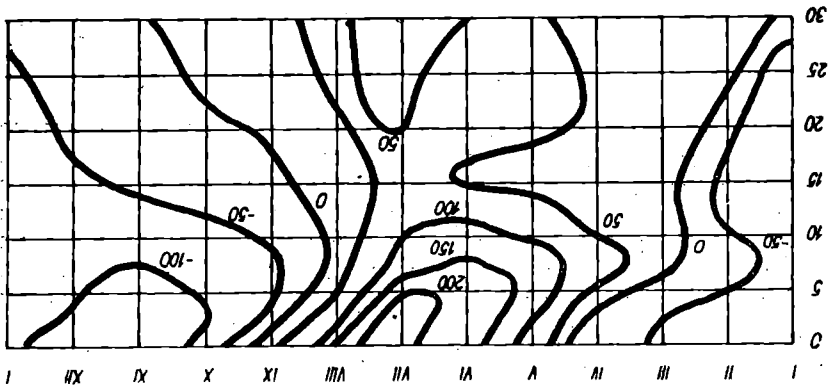
Температурски градијент. У табlici 6 дате су вредности вертикалног температурског градијента за четири слоја, израчунате из средњих месечних температура на појединим дубинама. Знак градијента је изабран тако да позитивном градијенту одговара топлотна струја управљена према унутрашњости песка.

Таблица 6 — Table 6

Средњи месечни температурски градијенти у песку у $0,001^{\circ}C/cm$
Mean monthly values of temperature lapse rate in sand in $0,001^{\circ}C/cm$

Дубина у cm Depth in cm													Год. ампл. Annual temp. range
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
2—5	-66	-50	-50	0	133	167	233	66	-55	-100	-100	-100	333
5—10	-60	-40	20	80	120	160	120	20	-60	-80	-100	-80	260
10—20	-70	-70	20	40	40	40	70	20	-10	-30	-40	-60	140
20—30	-70	10	10	40	70	90	30	60	20	10	-20	-20	160

На основу вредности изнетих у горњој табlici конструисане су изоплете вертикалног температурског градијента и графички приказане на слици 6. Одмах се види да изоплете показују мање више несаглашен ток, чињеница која се опет може објаснити малим дубинама до којих су вршена мерења, односно врло различитим температурским разликама до којих долази у току године у овом изванредно поремећеном слоју песка. Пада ипак у очи да су позитивне изоплете, идући од већих ка мањим дубинама, нагнуте удесно, другим речима да се највећи температурски градијенти јављају у слоју до 10cm скоро месец дана после летњег солстицијума, односно да закашњавају са смањењем дубине. Највеће позитивне температурске разлике образују се у слоју од 15 до 5cm, грубо посматрано, од друге половине јуна до почетка јула;



Сл. 6. Изоплете температурског градијента у песку

Fig. 6. Isoleths of temperature lapse rate in sand

у слоју од 5 до 0cm оне се јаве тек у другој половини јула. У слоју до 10cm јасно се уочава брже опадање позитивних вредности температурског градијента него што је њихов пораст. Спорији пораст температурског градијента чини нам се да је проузрокован нешто повећаном облачношћу и падавинама у јуну и стварањем изразитих инсолационих услова тек у јулу. Његово брже опадање јавља се услед смањене влажности песка у току августа и септембра и релативно повећане радијације у овим месецима. И једна и друга појава изгледа као да потичу од „осетљивог“ реаговања песка у погледу температурских промена у слоју од неколико сантиметара. Изоплета 0, која истовремено показује изотермију, својим током прилично мења утисак створен о овој појави на основу графика приказаних на сликама 2 и 3. То потиче отуда што су вредности градијента рачунате у хиљадитим деловима степена по cm, па разлике постају карикирано изразите. Бројеви у табlici 6 представљају само средња стања у годишњем ходу температурског градијента, не пружају дакле неку верну слику о стварним температурским градијентима који могу да се образују у краћим временским интервалима; напр. током дана, па их као такве треба применити.

Таблица 7 — Table 7
 Екстремне средње месечне температуре песка (Београд, период 1927—1939)
 Extreme mean monthly values of sand temperature (Beograd, period 1927—1939)

Дубина у см Depth in cm	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год. амплитуда Annual temp. range
0	М.	5,9	3,8	11,8	17,9	22,6	26,5	29,2	25,9	17,8	9,1	4,8	33,4
	м.	-3,0	-4,2	1,7	9,8	15,3	19,6	23,0	21,7	9,4	5,4	-2,2	
	к.	8,9	8,0	10,1	8,1	7,3	6,9	6,2	4,2	7,4	8,4	3,7	
2	М.	4,3	3,1	10,6	19,1	24,0	29,6	33,7	28,1	16,1	8,8	4,5	37,1
	м.	-1,9	-3,4	0,1	10,3	16,9	19,7	23,8	21,6	9,2	5,3	-1,9	
	к.	6,2	6,5	10,5	8,8	7,1	9,9	9,9	6,4	7,3	6,9	3,5	
5	М.	4,6	3,5	10,6	16,9	23,2	27,7	31,7	27,7	16,3	9,0	4,8	34,8
	м.	-1,5	-3,1	0,4	10,4	17,0	20,0	24,0	22,2	9,3	5,6	-1,5	
	к.	6,1	6,6	10,2	6,5	6,2	7,7	7,7	5,5	7,0	7,0	3,4	
10	М.	4,7	3,6	10,3	16,4	21,9	27,8	30,2	27,9	16,7	10,0	5,1	32,6
	м.	-1,4	-2,4	0,3	10,2	16,8	19,7	23,9	22,4	9,7	6,1	-1,0	
	к.	6,1	6,0	10,0	6,2	5,1	8,1	6,3	5,5	6,8	7,0	3,9	
20	М.	5,5*	4,1*	10,3	16,2	21,8	28,1	28,6	28,3	17,0*	10,5	5,4	30,5
	м.	0,1*	-1,9	0,1*	10,0	16,0	19,0	22,8	21,9	10,0*	6,5	-0,1	
	к.	5,4	6,0	10,2	6,2	5,8	9,1	5,8	6,4	6,9	7,0	4,0	
30	М.	6,1*	4,2*	9,7	15,6	21,3	26,5*	28,2*	27,1*	16,9	10,6*	5,4	30,0
	м.	0,4	-1,8*	0,1*	9,7	15,5	18,6	22,5	21,8	9,9*	6,5	0,6	
	к.	5,7	6,0	9,6	5,9	5,8	7,9	5,7	5,3	5,9	7,0	4,1	
Ваздух — Air	М.	6,7	3,6	10,8	16,1	19,4	22,6	26,0	23,7	16,9	9,9	5,0	35,2
	м.	-4,0	-9,2	0,0	8,4	13,8	17,5	21,1	20,0	8,6	5,6	-4,1	
	к.	10,7	12,8	10,8	7,7	5,6	5,1	4,9	3,7	7,8	8,3	4,3	

М — максимум — maximum
 м — минимум — minimum
 к — колебање — variation
 * Интерполиране вредности — interpolated values

Таблица 8 — Table 8
 Абсолютне екстремне температуре песка (Београд, период 1927—1939)
 Absolute extreme values of sand temperature (Beograd, period 1927—1939)

Дубина у сп Depth in см	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год. амплитуда Annual temp. range
0	M. 22,2 m. -16,0 k. 38,2	24,7 -17,0 41,7	32,0 -8,7 40,7	42,4 -3,8 46,2	41,6 3,4 38,2	49,4 9,5 39,9	49,0 12,4 36,6	48,4 11,2 37,2	48,4 1,8 46,6	39,4 -1,7 41,1	27,1 -5,0 32,1	20,1 -12,8 32,9	66,4
2	M. 13,3 m. -10,4 k. 23,7	16,8 -11,2 28,0	24,5 -5,0 29,5	43,5 -0,3 43,8	46,0 6,0 40,0	58,6 10,4 48,2	59,2 12,6 46,6	54,7 11,3 43,4	39,6 4,0 35,6	31,0 -0,4 31,4	20,4 -5,0 25,4	15,2 -9,2 24,4	70,4
5	M. 12,8 m. -6,6 k. 19,4	15,8 -8,4 24,2	21,9 -4,6 26,5	33,4 0,1 33,3	38,6 5,9 32,7	47,1 10,2 36,9	54,2 12,7 41,5	48,0 12,1 35,9	36,2 4,0 32,2	30,2 0,9 29,3	19,3 -1,4 20,7	13,1 -7,6 21,7	62,6
10	M. 10,8 m. -6,0 k. 16,8	12,9 -6,4 19,3	18,8 -2,7 21,5	29,5 1,2 28,3	34,6 6,0 28,6	38,9 11,4 27,5	42,2 13,5 28,7	42,0 14,4 27,6	30,6 5,5 25,1	28,2 3,6 24,6	17,8 0,0 17,8	11,5 -4,2 15,7	48,6
Ваздух — Air	M. 18,5 m. -18,9 k. 37,4	19,1 -23,6 42,7	25,6 -14,1 39,7	30,8 -3,0 33,8	32,4 4,7 27,7	35,9 7,2 28,7	38,2 12,1 26,1	38,6 10,6 28,0	35,1 3,1 32,0	34,2 1,1 33,1	22,2 -4,0 26,2	18,8 -18,2 37,0	62,2

Екстремне вредности и колебања. Да би се добила потпунија слика о годишњем ходу температура песка прорачунате су екстремне средње месечне температуре (таблица 7), а такође и апсолутне екстремне вредности (таблица 8) за све оне дубине код којих је то било могуће, јер се на основу њих може добити слика о средњим односно крајњим границама у којима су се кретале температуре песка у испитиваном периоду. Потребно је напоменути да екстреми на појединим дубинама нису симултане вредности.

Максималне и минималне средње месечне температуре песка имају, као и средње месечне, изразит годишњи ход с максимумом у јулу и минимумом у фебруару. Мислимо да изнетим бројним вредностима није потребан коментар. Овде ће се рећи једино нешто о разликама између максималних и минималних средњих м. температура у току године, односно о колебањима екстремних средњих месечних температура у појединим месецима. Највећа колебања јављају се у марту, а најмања у новембру месецу. Секундарни максимум колебања на дубини од 2, 5, 10, 20 и 30cm пада на јуни, а секундарни минимум на август. Јасно може да се уочи скоро паралелан ток колебања у ваздуху и на 0cm готово у свим месецима, што претставља још један доказ да је термометар на 0cm био више упливисан топлотним стањем ваздуха, а не самог песка. Колебања у песку већа су на свим дубинама од оних у ваздуху од марта до августа; у хладном делу године је обрнуто, што је потпуно разумљиво с обзиром на различите физичке особине ваздуха и песка.

Апсолутне екстремне вредности, забележене у терминима осматрања, дате су у табlici 8. Изостале су вредности за дубину од 20 и 30cm, јер је уобичајеним методима било немогуће доћи до апсолутних максимума и минимума за цео испитивани период. Из таблице 8 може се закључити да су се температуре песка кретале у интервалу од $76,2^{\circ}\text{C}$. Горња граница интервала износила је $59,2^{\circ}$, а доња $-17,0^{\circ}\text{C}$. Прва температура забележена је на 2, а друга на 0cm. Амплитуде апсолутних температура повећане су преко 2 пута у односу на амплитуде добијене из средњих месечних вредности. Највеће апсолутне екстремне температуре остваре се на површини песка већ у јуну, у слоју од 2 до 10cm у јулу, а у ваздуху тек у августу. Најмање апсолутне екстремне температуре падају на свим дубинама, а такође и у ваздуху, у фебруару. Иначе, и апсолутне максималне и минималне температуре показују исте оне карактеристике које су се могле констатовати како код екстремних средњих месечних температура, тако и код средњих месечних, само што су њихове бројне вредности повећане.

Почетак, престанак и трајање одређених температура и мрази у њеску. На крају овог приказа о температурама песка даће се подаци о првим и последњим датумима појаве одређених степена температуре. У табlici 9 изнети су средњи датуми као и средња трајања температура у интервалима од по 5 степени, одређени из графика годишњих ходова температуре. Граница од $t \geq 0$ није узета у обзир, јер је дисени средњак температуре у испитиваном слоју јако упливисан скоро уник високим позитивним температурама мереним у 14^h. Задовољавајући преглед о температурама испод 0°C мислимо да се може добити из таблице 10. Високе средње температуре, оне преко 25°C , задржане су

на дубини од 30cm преко месец дана, а на 2cm и читава два месеца, скоро два пута дуже него у хумусној земљи.

Таблица 9 — Table 9

Средње трајање одређених степена температуре
Mean duration of temperature above certain thresholds

Дубина у cm Depth in cm	2			30			
	Степени температуре Degrees of temperature	Први First date	Последњи Last date	Трајање Duration	Први First date	Последњи Last date	Трајање Duration
t > 5°		8-III	26-XI	262	8-III	5-XII	272
t > 10°		30-III	31-X	215	3-IV	7-XI	217
t > 15°		21-IV	6-X	168	1-V	10-X	162
t > 20°		15-V	12-IX	120	28-V	14-IX	109
t > 25°		14-VI	16-VIII	63	9-VII	15-VIII	37

У табlici 10 уписани су подаци о мразу у песку. У мразне дане убројени су они дани у којима је температура у неком од три термина осматрања била испод 0,0°C. Оваква дефиниција мразног дана усвојена је из разлога што није било згоднијег начина да се обради питање продирања негативних температура у песак. Вредности за 20 и 30cm добијене су редукијом; једино су подаци о екстремним датумима првог и последњег мрза на овим двама дубинама оригинални резултати осматрања пошто су ове екстремне вредности пале баш у оним годинама за које постоје осматрања. Једина неправилност у табlici 10 је за један дан доцније екстремни датум последњег мрза на дубини од 2cm од оног на дубини 0cm. До ове појаве дошло је јер је било потребно мразу извесно време да захвати и дубину од 2cm; мраз је наима на 0cm забележен 18-IV у 21^h, а на 2cm 19-IV у 7^h. Ако се број мразних дана на појединим дубинама графички претстави, може се лако констатовати да се он експоненцијално смањује са дубином, тако да се већ на дубини од 50cm појава негативних температура може сматрати као изванредно ретка.

Таблица 10 — Table 10

Подаци о мразу у песку — Data from frost in sand

Дубина у cm Depth in cm	Средњи датум првог мрза Mean date of first day with frost	Средњи датум по- следњег мрза Mean date of last day with frost	Средње трајање безмразног периода Mean duration of period without frost	Средњи број дана са мразом Mean number of days with frost	Екстремни датум првог мрза Extreme date of first day with frost	Екстремни датум последњег мрза Extreme date of last day with frost
0	6-XI	21-III	230	78	13-X	18-IV
2	21-XI	19-III	247	60	17-X	19-IV
5	6-XII	4-III	277	44	16-XI	29-III
10	25-XII	25-II	363	30	4-XII	29-III
20*	4-I	16-II	322	23	4-XII	26-III
30*	17-I	11-II	340	(6)	6-XII	26-III

* Редуковане вредности — Reduced values

Закључак. До сада објављени подаци о температурским приликама песка у Београду обухватили су само температуре на површини песка (2, стр. 575), које су биле добијене из двогодишњих осматрања. Овде је обухваћен знатно дужи период, а и температуре мерене на неколико дубина. Из тринаестогодишњег осматрачког материјала температура песка, који је стајао на расположењу, издвојене су оне нумеричке вредности и величине за које се претпоставља да могу послужити као прилог познавању годишњег хода температура у песку до дубине од 30cm. Овде је изостало поређење топлотних прилика у песку и земљи пошто ће бити приказано на другом месту. Груба слика о екстремним вредностима и амплитудама дневног хода мислимо да се може добити из терминских вредности, па смо их из тог разлога дали у Прилогу.

Л И Т Е Р А Т У Р А

- 1 Milan Nedelkovitch: Bulletin mensuel de l'Observatoire central de Belgrade. Annee 1902, 1903, 1904 i 1905. Belgrade.
- 2 Vujević P.: Die Temperaturen verschiedenartigen Bodenoberflächen. Meteorologische Zeitschrift. Band 20, Heft 12. 1912.
- 3 Вујевић Др Р.: Температуре тла у Београду. Глас Српске Кр. Академије Наука. Књига LXXIX, Први разред 32. Београд, 1909.
- 4 A. Nippoldt — J. Keränen — E. Schweidler: Einführung in die Geophysik II. Berlin 1929.
- 5 Hann — Süring: Lehrbuch der Meteorologie, V Auflage. Leipzig, 1937—1949.
6. Landolt — Börnstein: Physikalisch-Chemische Tabellen II. Berlin, 1923

ПРИЛОГ — APPENDIX

Таблица I — Table I
 Терминске средње месечне температуре песка (Београд, период 1927—1939)
 Mean monthly values of sand temperature at hours of observation (Beograd, period 1927—1939)

Дубина у см Depth in cm	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год. амплитуда Annual temp. range
0	7 ^h 14 ^h 21 ^h	-1,4 3,7 -0,5	3,2 14,3 4,3	9,9 20,5 9,2	16,4 27,3 14,3	20,8 32,8 18,2	22,4 36,3 20,0	19,5 34,0 18,8	14,8 29,1 14,9	9,2 20,4 10,3	4,7 12,1 5,7	0,2 4,4 1,2	24,0 32,6 20,5
2	7 ^h 14 ^h 21 ^h	-0,5 1,9 0,7	3,2 11,5 5,4	8,3 20,4 11,3	15,1 28,1 16,9	19,5 34,7 21,2	20,9 38,8 23,5	18,9 34,1 21,8	14,5 26,4 17,3	9,7 17,3 11,7	5,1 10,1 6,3	0,8 3,1 1,5	21,7 36,9 22,8
5	7 ^h 14 ^h 21 ^h	-0,2 1,8 0,5	3,7 10,6 6,3	8,8 18,9 12,3	15,0 26,2 18,1	19,1 32,1 22,7	20,8 35,2 25,5	19,3 31,8 23,5	15,3 24,7 18,8	10,3 16,7 12,4	5,6 9,8 6,8	1,3 3,4 2,0	21,0 33,4 25,0
10	7 ^h 14 ^h 21 ^h	0,5 1,5 1,0	4,4 9,0 7,1	9,5 16,5 13,4	15,1 23,5 19,2	19,4 28,1 24,2	21,7 30,7 27,2	20,5 28,4 25,1	16,7 22,9 20,2	11,4 15,7 13,6	5,9 9,4 7,8	2,1 3,3 2,6	21,2 29,2 26,2
20*	7 ^h 14 ^h 21 ^h	1,6 2,0 1,8	5,0 7,8 7,3	10,2 14,6 13,4	16,0 21,5 19,4	20,8 25,8 24,2	23,0 27,9 26,5	21,8 26,6 25,1	17,6 21,9 20,6	12,4 15,1 14,0	6,6 9,1 8,3	2,9 3,5 3,3	21,8 25,9 24,7
30*	7 ^h 14 ^h 21 ^h	2,4 2,3 2,4	5,4 7,8 7,1	10,3 13,3 13,2	15,9 20,0 19,3	20,3 23,7 24,0	23,0 26,5 26,5	22,1 24,7 25,1	18,2 20,6 20,4	12,8 14,4 14,2	7,0 8,7 8,6	3,3 3,5 3,5	20,9 23,7 24,3
Ваздух — Air	7 ^h 14 ^h 21 ^h	-1,2 2,2 -0,2	3,8 10,3 5,9	9,3 15,9 11,0	15,0 21,2 15,8	18,7 25,4 19,7	20,4 28,0 22,1	18,9 27,0 20,6	15,0 23,2 16,9	10,1 17,1 11,8	5,8 10,4 7,0	0,4 3,2 1,1	22,0 25,8 22,3

* Редуковане вредности — Reduced values

Таблица II — Table II

Терминске екстремне средње месечне температуре (Београд, период 1927—1939)
 Extreme mean monthly values of sand temperature at hours of observation (Beograd, period 1927—1939)

Дубина у cm Depth in cm		Ваздух — Air			0			2			5			10			20			30		
		7h	14h	21h	7h	14h	21h	7h	14h	21h	7h	14h	21h	7h	14h	21h	7h	14h	21h	7h	14h	21h
Месец — Month		7h	14h	21h	7h	14h	21h	7h	14h	21h	7h	14h	21h	7h	14h	21h	7h	14h	21h	7h	14h	21h
I	М.	5,2	9,6	5,9	3,0	10,7	4,0	2,3	7,3	3,4	2,7	7,2	3,9	3,4	6,2	4,6	4,5*	6,7*	5,4*	5,3*	7,1*	6,0*
	м.	-5,3	-2,1	-4,3	-4,7	-1,0	-3,9	-2,7	-0,8	-2,1	-2,3	-0,6	-1,7	-1,5	-0,8	-1,2	0,0	0,3	0,1	0,5	0,2	0,5
II	М.	1,6	6,8	3,0	1,2	9,6	1,9	1,0	6,1	2,3	1,5	6,0	2,9	2,2	4,9	3,7	2,9*	5,0*	4,1*	3,7*	5,6*	4,4*
	м.	-11,2	-6,7	-9,5	-5,3	-3,2	-4,2	-4,1	-3,1	-3,1	-3,5	-2,9	-2,8	-2,6	-2,3	-2,2	-2,0	-1,9	-1,8	-1,1*	-1,6*	1,5*
III	М.	8,0	15,3	10,0	7,2	19,9	8,5	6,5	16,5	9,2	6,9	15,4	10,2	7,7	13,2	11,0	8,1	12,0*	10,9*	7,9	10,6	10,8
	м.	-1,5	2,3	-0,3	-0,8	5,9	0,0	-0,6	0,9	0,0	-0,3	1,2	0,3	-0,2	0,7	0,4	0,0*	0,1*	0,3*	0,7	0,5	0,3
IV	М.	13,1	20,8	15,2	14,4	28,7	12,3	11,7	27,4	14,4	12,0	22,8	16,0	12,8	19,1	16,6	13,4	18,3	16,9	13,5	16,7	16,8
	м.	5,9	12,2	7,7	6,5	15,9	6,5	5,8	14,9	8,2	6,0	15,4	9,5	7,0	13,1	10,5	7,3	11,5	10,6	7,6	9,9	10,3
V	М.	16,8	24,2	18,5	20,5	31,8	16,7	17,8	35,1	19,5	17,3	31,0	21,4	18,1	24,7	22,8	18,8	24,0	22,6	19,1	24,5	24,4
	м.	12,5	17,3	12,6	13,3	21,7	10,8	12,7	22,9	15,2	12,5	22,7	15,2	13,1	20,8	16,3	13,5	18,0	16,3	13,8	16,6	16,2
VI	М.	20,5	27,7	21,9	24,7	39,1	20,3	23,7	43,6	25,6	21,3	36,1	26,8	21,2	33,9	28,2	26,5	29,3	28,4	29,2*	27,9*	28,3*
	м.	16,0	21,7	16,2	16,2	27,5	15,0	16,0	25,6	17,4	15,9	25,7	18,4	16,0	23,8	19,4	16,5	21,1	19,6	16,8	19,6	19,4
VII	М.	22,6	31,5	25,2	27,2	41,7	22,6	23,2	54,5	26,9	23,3	44,1	30,3	25,1	36,8	31,5	26,5	29,8	30,2	26,8*	28,2*	30,1*
	м.	18,4	25,6	20,2	17,7	32,0	18,2	18,1	32,1	21,2	18,5	31,0	22,4	19,1	28,5	23,8	19,7	25,1	23,5	20,2	33,7	23,5
VIII	М.	19,9	29,9	22,5	22,0	38,3	20,2	20,2	42,9	24,5	20,6	37,1	27,8	23,2	33,5	28,8	25,3	29,8	29,6	26,0*	28,3*	29,5*
	м.	17,2	24,7	19,0	16,7	32,0	17,0	17,0	28,1	19,8	17,5	28,1	20,9	18,2	26,4	22,3	19,2	25,0	22,4	20,1	23,0	22,6
IX	М.	18,3	27,8	20,8	16,5	32,8	18,5	16,5	31,6	21,2	17,5	30,5	22,0	18,8	27,7	23,8	20,4	26,7	24,2	20,5	23,7	23,4
	м.	12,4	17,7	13,1	12,0	21,8	12,6	12,7	20,4	14,4	13,1	19,8	15,2	14,2	18,8	16,7	15,0	17,7	16,9	15,6	17,2	17,1
X	М.	13,3	22,2	16,1	12,9	26,5	13,9	12,0	22,0	14,2	12,9	20,5	15,6	14,1	19,0	16,8	15,1*	18,4*	17,2*	15,2	18,2	17,3
	м.	6,5	12,0	7,9	6,0	15,2	6,9	6,5	13,0	8,2	6,7	12,6	8,6	7,7	11,6	9,7	8,7*	11,0*	10,1*	9,0*	10,3*	10,3*
XI	М.	7,6	14,0	9,2	6,5	15,9	7,4	6,6	11,9	7,8	7,3	11,6	8,6	8,9	11,2	9,9	9,7	11,3	10,4	10,0*	10,5*	10,6*
	м.	3,9	8,3	5,1	2,4	10,1	3,6	3,4	8,5	4,2	3,7	8,3	4,8	4,7	7,7	5,9	5,8	7,2	6,5	5,9	6,9	6,7
XII	М.	3,9	6,7	4,6	3,2	7,4	3,9	3,0	6,7	3,8	3,4	6,7	4,3	4,1	6,1	5,0	4,9	5,8	5,5	4,8	5,7	5,5
	м.	-5,1	-2,6	-4,3	-3,2	-0,7	-2,7	-2,5	-1,1	-2,1	-2,0	-0,9	-1,6	-1,2	-0,8	-1,0	-0,1	-0,1	-0,1	0,7	0,6	0,6

* Интерполисане вредности — Interpolated values

Таблица III -- Table III

Термичке апсолутне температуре песка (Београд, период 1927--1939)
 Absolute extreme values of sand temperature at hours of observation (Београд, период 1927--1939)

Дубина у см Depth in cm	Ваздух -- Air		0		2		5		10							
	7h	14h	7h	14h	7h	14h	7h	14h	7h	14h						
I	M.	12,7	18,5	13,1	11,3	22,2	11,3	7,3	13,3	8,1	7,5	12,8	8,6	7,5	10,8	8,7
	m.	-18,9	-12,1	-15,3	-12,2	-9,8	-16,0	-8,0	-6,2	-10,4	-7,4	-5,8	-6,6	-6,0	-4,5	-4,9
II	M.	10,8	19,1	12,7	10,2	24,7	11,4	7,4	16,8	9,3	7,7	15,8	9,8	7,6	12,9	10,3
	m.	-23,6	-19,8	-23,1	-17,0	-11,2	-10,6	-11,2	-7,8	-8,2	-8,4	-7,0	-7,4	-6,4	-5,8	-5,0
III	M.	18,9	25,6	23,4	17,2	32,0	19,5	12,8	24,5	16,0	12,8	21,9	15,9	12,8	18,8	16,5
	m.	-14,1	-6,0	-9,2	-8,7	-2,9	-6,6	-5,0	-2,0	-5,0	-4,6	-2,0	-3,0	-2,7	-1,0	-1,4
IV	M.	20,9	30,8	23,3	23,3	42,4	22,0	17,8	43,5	24,0	17,8	33,4	25,8	18,7	29,5	24,2
	m.	-3,0	0,2	-1,0	-3,8	0,4	-2,6	-0,4	0,8	0,6	0,1	1,0	0,8	1,2	2,4	1,2
V	M.	23,3	32,4	24,9	28,0	41,6	23,2	24,2	46,0	28,4	21,3	38,6	27,1	21,0	34,6	29,2
	m.	4,7	6,6	4,7	6,3	7,8	3,4	6,0	10,1	6,4	5,9	10,4	7,8	6,0	11,3	10,4
VI	M.	26,8	35,9	27,8	33,4	49,4	26,4	30,6	58,6	29,1	26,2	47,1	32,8	25,7	38,9	33,1
	m.	7,7	11,8	7,2	10,8	13,0	9,5	10,8	15,6	10,4	10,2	16,0	11,8	11,4	16,0	14,0
VII	M.	28,6	38,2	31,5	36,0	49,0	29,4	27,8	59,2	31,3	27,0	54,2	35,0	27,6	42,2	35,2
	m.	12,1	13,0	12,7	12,4	13,6	12,4	12,6	16,2	13,6	12,7	17,8	14,8	13,5	18,7	17,6
VIII	M.	26,0	38,6	30,1	30,6	48,4	28,2	25,3	54,7	33,2	25,0	48,0	36,6	27,4	42,0	38,1
	m.	10,6	13,4	12,3	11,9	13,8	11,2	11,3	15,2	12,2	12,1	16,1	13,8	14,4	16,8	16,5
IX	M.	24,6	35,1	26,8	25,6	48,4	25,0	21,2	39,6	25,6	21,4	36,2	26,5	29,0	30,6	28,2
	m.	3,1	6,4	4,2	1,8	6,5	3,2	4,0	7,7	6,3	4,0	7,8	6,6	5,5	8,7	8,7
X	M.	24,8	34,2	22,8	21,6	39,4	22,3	19,4	31,0	23,1	19,7	30,2	23,7	20,1	28,2	24,9
	m.	1,1	3,5	1,9	-1,7	4,0	-1,0	-0,4	6,4	1,2	0,9	6,8	2,6	3,6	8,2	4,9
XI	M.	16,7	22,2	17,5	15,6	27,1	15,2	14,2	20,4	17,8	14,2	19,3	14,4	14,6	17,8	15,4
	m.	-4,0	-3,5	-3,8	-5,0	-2,5	-4,6	-5,0	-0,8	-2,0	-1,4	-0,5	-0,7	0,0	0,1	0,2
XII	M.	14,9	18,8	14,5	10,4	20,1	10,4	8,8	15,2	10,4	8,6	13,1	9,2	8,8	11,5	9,3
	m.	-18,2	-12,5	-17,0	-12,8	-5,0	-10,8	-9,2	-4,3	-7,8	-7,6	-4,2	-6,3	-4,2	-3,9	-4,0

*Borivoje N. Dobrilović***S u m m a r y****THE ANNUAL COURSE OF SAND TEMPERATURE IN BEOGRAD**
(period 1927—1939)

Among the very extensive investigations of the heat conditions of Belgrade soil that were started at the Meteorological Observatory towards the beginning of the century (1902), measurements of temperature on the sand surface were also carried out. The results, as well as an analysis of the measurements carried out during the period 1904—1906, can be found in a study by P. Vujević [2]. World War I stopped those measurements.

The present work deals with another series of sand temperature measurements, made at the Belgrade Meteorological Observatory between the two wars, during the period 1927—1939.

The series of sand temperature measurements of 1902—1912, as well as that of 1927—1939, are not homogeneous, so that it was impossible to obtain mean values which would result from both periods.

Measurements of sand temperature were carried out at the depths of 0, 2, 5, 10, 20 and 30 centimeters. The thermometers were stuck directly into fine river (Danubian) sand, placed in a cubic wooden case, with a volume of 1m³. Temperatures were read at three climatological hours of observations (7, 14 and 21^h, local time).

The analysis of the annual variation of temperature has been based on numerical values of temperature, as well as the annual temperature ranges for all depths where measurements were made. Based on those values, the annual course has been reproduced in three usual ways: temperature curves, tautochrones and isopleths (geotherms) in figures 1, 2 and 3. An attempt was made to explain negative temperature differences between monthly mean temperatures at 0 and 2 cm during summer months.

In order to make a more detailed analysis of the annual course of sand temperature measurement, harmonic analysis of the results of measurements was made. Table 2 shows the coefficients of trigonometric polynomials given by equation (1), the first terms of which were used to find out the analytical expressions for the change of the annual temperature range (equation 2), and for the displacement of the phase times of extreme values (equation 3) with depth in sand. In those equations A_z stands for the temperature range in depth z , while φ_z and φ'_z denote times of occurrence of maxima and minima, respectively, expressed in angular measure.

Table 3 shows the agreement between actually observed annual temperature ranges, those obtained by means of harmonic analysis, and those computed from equation (2). Times of occurrence of maxima and minima, obtained by means of harmonic analysis and from equation (3), expressed in angular measure and with the corresponding dates, are given in Table 4. Figure 4 represents the change of temperature range with depth, and Fig. 5 the times of occurrence of minima at different depths.

The values of the coefficient of temperature conductivity, computed from the logarithmic growth of temperature range and from the linear phase change, are given in Table 5. Next Table, 6, gives the values of temperature lapse rate expressed in $0,001^{\circ}\text{C}/\text{cm}$, and the annual course of the lapse rate is represented by means of isopleths in Fig. 6. A positive temperature lapse rate corresponds to the heat current flowing towards the interior of the earth.

Extreme mean monthly values are given in Table 7, and absolute extreme values in Table 8, from which one can see that sand temperatures in Belgrade varied between $-17,0^{\circ}\text{C}$ and $59,2^{\circ}\text{C}$. Mean duration of temperatures above certain thresholds is shown in Table 9, and data concerning frost are given in Table 10. From the latter an exponential decrease of the number of frost days with depth and the probable disappearance of those at depth of 50 cm can be inferred.

Thus, from the observation material of thirteen years, such numerical values and quantities were chosen, which were supposed to be fit to serve as a contribution to the knowledge of the annual course of sand temperatures at different depths, up to 30 cm. The autor believes that a rough picture of extreme values and ranges of diurnal variations of temperature can be obtained from the values, analogous to those given in Tables 1, 7 and 8, and taken at observations hours, which are reproduced in the Appendix.