

UDK: 628.1 (282.243.7.943)

Izvorni naučni rad *Original scientific paper*

VODNI BILANS NA PODRUČJU HIDROMORFNIH ZEMLJIŠTA SREDNJEG PODUNAVLJA VOJVODINE

Pekeč Saša, Orlović Saša, Ivanišević Petar, Galović Vladislava, Kovačević
Branislav, Vasić Verica, Katanić Marina¹

Izvod: U radu su prikazni rezultati ispitivanja vodnog bilansa područja hidromorfnih zemljišta, koja su formirana u zaštićenom delu aluvijalne ravni srednjeg toka Dunava kroz Vojvodinu. Vodni bilans je određen na osnovu empirijske jednačine prema metodu Thornthwite-a za umerene semiaridne do semihumidne uslove kakvi vladaju na području Vojvodine. Proračun vodnog bilansa za ispitivano područje je utvrđen za višegodišnji period 1964-2007., te za jednogodišnje periode: 2006. i 2007. godinu.

Ključne reči: vodni bilans, hidromorfna zemljišta, temperatura, padavine, evapotranspiracija, aluvijalna ravan

WATER BALANCE IN AREA OF HIDROMORPHIC SOIL OF THE CENTRAL DANUBE BASIN ON VOJVODINA

Abstract: The study has showed water balance of the order of hydromorphic soils, which are located in a protected part of the alluvial plain of the Danube river in Vojvodina. Water balance was determined based on empirical equations by method Thornthwite for the moderate to semihumid and semiarid conditions which prevailing in Vojvodina. Calculate of water balance in the investigated area is designated for multi-year period: 1964-2007, and for one-year periods: 2006 and 2007.

Key words: water balance, hydromorphic soils, temperature, rainfall, evapotranspiration, alluvial plain

1. UVOD

Tokom proćavanja hidroloških i pedoloških osobina zemljišta u zaštićenom delu aluvijalne ravni u Srednjem Podunavlju znaćajno je bilo odrediti i vodni bilans kako bi se uz pedološke osobine dobila potpunija slika vladajućih ekoloških uslova u navedenom području. Vućić (1987), definiše vodni bilans kao kvantitativne promene sadržaja vode u određenom periodu, hidrološkoj godini, vegetacionom

¹ Dr Saša Pekeć naućni saradnik, Dr Saša Orlović naućni savetnik, Dr Petar Ivanišević naućni saradnik, Dr Vladislava Galović naućni saradnik, Dr Branislav Kovaćević viši naućni saradnik, Mr Verica Vasić, istraživać saradnik, Dipl. biolog Marina Katanić, istraživać saradnik, Univerzitet u Novom Sadu, Institut za nizijsko šumarstvo i životnu sredinu, Antona Čehova 13, 21000 Novi Sad, www.ilfe.org, e-mail: pekecs@uns.ac.rs

periodu ili njihovim delovima, pri čemu se uzimaju u obzir svi elementi priliva i gubitka vode koje su proizašle iz ovih promena. Bošnjak (1992), navodi da postoji više metoda za obračun vodnog bilansa koje imaju univerzalnu primenu na širem području u zavisnosti od klimatskih karakteristika rejona. Od opšte poznatih i u svetu priznatih metoda, najčešće se koriste: Metod Penmmana za humidne uslove, metod Thornthwite-a za umerene semiaridne do semihumidne uslove, i metod Blaney-Criddle-a u aridnim uslovima. Antić *et al.* (1982), sve pojave u vezi sa dospevanjem vode u zemljište, njenim kretanjem i gubljenjem nazivaju vodnim režimom zemljišta, koji predstavlja trajnu osobinu zemljišta. Kvantitativna strana vodnog režima naziva se vodnim bilansom. Bilans vlage u zemljištu ima pozitivnu i negativnu stranu. Pozitivna strana obuhvata sve izvore vode i načine njihovog dospevanja u zemljište, a negativna strana obuhvata sve gubitke vode. Voda u zemljište dolazi na više načina i putem više izvora, kao što su: atmosferski talozi, kondenzacija vodene pare, nanosi snega, poplave i slivanje površinske vode sa viših terena, putem podzemnih voda i veštačkim načinom - navodnjavanjem. Od navedenih izvora vode najvažniji izvor za zemljište su atmosferski talozi. Međutim, sva voda koja dospeva na zemljište i u samo zemljište se tu ne zadržava trajno, već se deo te vode gubi na tri osnovna načina: evaporacijom-isparavanjem sa površine zemlje, transpiracijom i desukcijom, odnosno isparavanjem sa biljaka, te površinskim, bočnim i vertikalnim oticanjem.

Ako su poznate pozitivne i negativne vrednosti vodnog bilansa može se izračunati vodni bilans za određeni vremenski preiod. Antić *et al.* (1982), navode sledeću opštu formulu za izračunavanje vodnog bilansa:

$V1 = V_0 + (P + K + Pt) - (D + E + P_0 + B_0 + V_0)$, a oznake u formuli imaju sledeće značenje: V1- zaliha vode u zemljištu na kraju proučavanog perioda, V₀- zaliha vode u zemljištu na početku proučavanog perioda, P-padavine, K-kondenzacija, Pt-podzemni tokovi, D-desukcija, E-evapotranspiracija, P₀-površinsko oticanje, B₀-bočno oticanje i V₀-vertikalno oticanje.

Rajić (2004), proučavajući vodni bilans zemljišta Vojvodine, navodi da su najvažniji činioci padavine kao prihodna stavka i potencijalna evapotranspiracija kao rashodna stavka, pri čemu potencijalna evapotranspiracija ili potrebe biljaka za vodom zavise od same biljke, klime i zemljišta dok visina padavina zavisi isključivo od klime. Stojiljković i Nešić-Zdravić (2004), obrađujući vremensku i prostornu raspodelu padavina u Vojvodini iznose podatke da je primarni maksimum padavina u junu a sekundarni u decembru, dok je primarni minimum u februaru-martu, a sekundarni u septembru-oktobru. Prostorna raspodela prosečnih godišnjih padavina ima negativan trend od juga prema severu, a izražen je negativan trend visine padavina u zimskom periodu, te pozitivan u letnjem i jesenjem periodu. Rajić *et al.* (2005), navode tokom procene evapotranspiracije u zavisnosti od nivoa podzemne vode da je analizom nivoa podzemnih voda i određivanjem njegovog uticaja na veličinu evapotranspiracije utvrđeno da za sve bunare na višim geomorfološkim celinama, tj. na lesnom platou, nema doprinosa od podzemne vode jer su nivoi duboki. Na ostalim geomorfološkim celinama uočava se različitost položaja nivoa podzemne vode na istom tipu zemljišta.

2. OBJEKAT I METOD RADA

Ispitivanje vodnog bilansa je rađeno na području srednjeg toka Dunava kroz Vojvodinu, u zaštićenom delu aluvijalne ravni. Na ispitanom području prevladavaju zemljišta iz hidromorfog reda: fluvisol, humofluvisol, humoglej i euglej. Klimatski podaci potrebni za proračun vodnog bilansa dobijeni su sa Poljoprivrednog fakulteta, odeljenja za meteorologiju, u Novom Sadu. Prikazane su vrednosti za višegodišnji period od 1964 -2007., te za jednogodišnje periode: 2006. i 2007. godinu. S obzirom da za vrednosti vodnog bilansa u uslovima Vojvodine realne vrednosti daje metod Thornthwaite-a, ovaj metod je i korišćen u radu za obračun vodnog bilansa.

Thornthwaite je ustanovio empirijsku jednačinu za obračun potencijalne evapotranspiracije, kojoj je osnova temperatura vazduha sa korekcijom na geografsku širinu.

$(ETP) = 16(10*t/I)^a$ gde je:

(ETP) = nekorigovana mesečna potencijalna evapotranspiracija (mm),

t = srednja mesečna temperatura vazduha ($^{\circ}C$)

I = godišnji termički indeks, dobija se sumiranjem mesečnih termičkih indeksa (i)

a = eksponent,

Izračunata (ETP) se preračunava na korigovanu mesečnu potencijalnu evapotranspiraciju ETP putem koeficijenta k

k = korekcionni koeficijent za geografsku širinu koji zavisi od dužine obdanice.

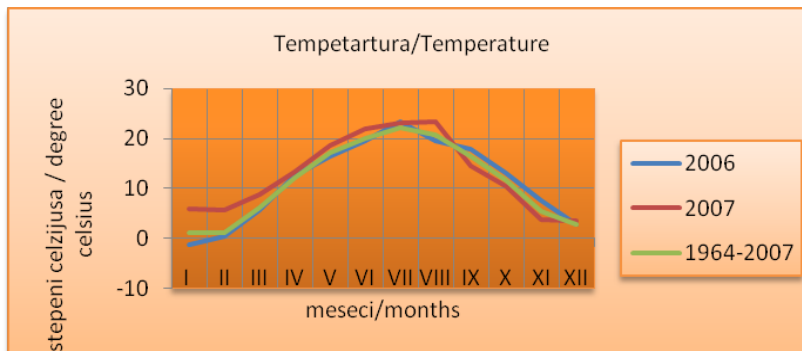
Na osnovu količina padavina P po mesecima i korigovane mesečne evapotranspiracije ETP izračunava se stvarna mesečna evapotranspiracija ETR, a odnos količine padavina i stvarne evapotranspiracije daje suficit ili deficit vode u pojedinim mesecima.

3. REZULTATI I DISKUSIJA

Analizirajući temperaturu vazduha za višegodišnji period, konstatuje se da je minimum bio u januaru ($1.2^{\circ}C$), maksimum u julu ($22.3^{\circ}C$), i prosek za celu godinu je iznosio $11.5^{\circ}C$.

Grafikon 1 Srednje mesečne vrednosti temperature vazduha

Graph 1 Average monthly air temperature

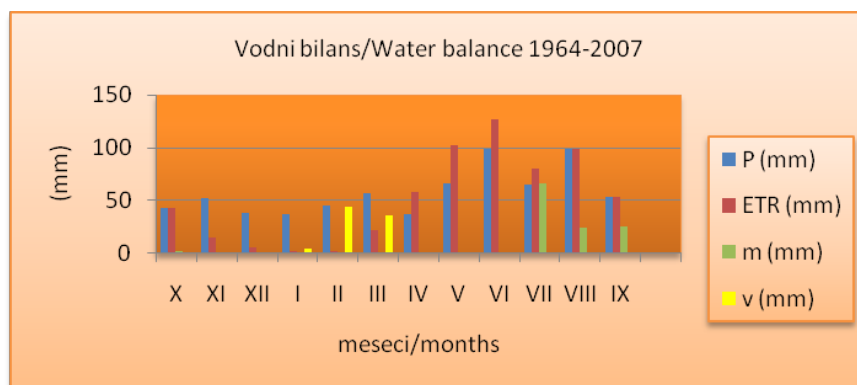


Tokom 2006. godine, minimum je iznosio $-1,2^{\circ}\text{C}$ i bio je u januaru, maksimum je bio veći za $1,2^{\circ}\text{C}$ od proseka ($23,5^{\circ}\text{C}$), a godišnji prosek bio neznatno viši u odnosu na višegodišnji prosek. U toku 2007. godine minimum temperature vazduha je pomećen te je bio decembru ($3,6^{\circ}\text{C}$), maksimum je pomećen u august mesec i iznosio je $23,4^{\circ}\text{C}$, dok je prosek temperature za celu godinu iznosio $12,8^{\circ}\text{C}$, što je više za $1,3^{\circ}\text{C}$ u odnosu na višegodišnji prosek.

Analizirajući količinu padavina za višegodišnji period vidljivo je da je minimum padavina bio u aprilu mesecu ($37,0\text{ mm}$), maksimum u junu ($99,1\text{ mm}$), dok je srednja količina padavina za celu godinu iznosila $693,9\text{ mm}$.

U sledećim grafikonima je prikazan proračun vodnog bilansa na ispitivanom području Srednjeg Podunavlja za višegodišnji period (1964-2007.), te za jednogodišnje periode (2006 i 2007.), kad je rađeno ispitivanje na ovom području.

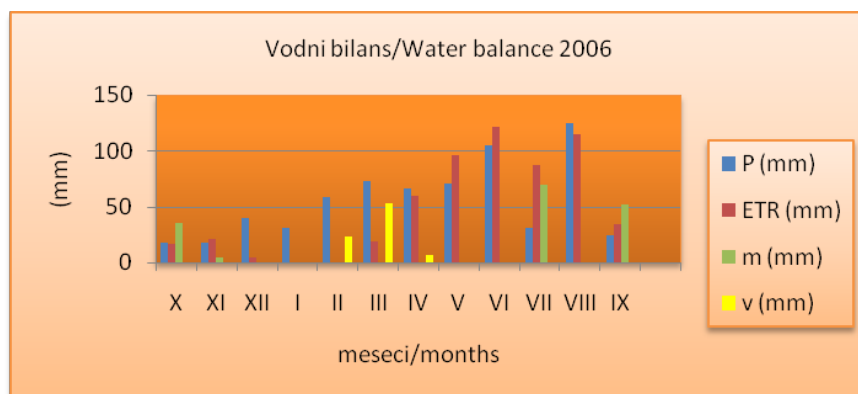
Grafikon 2 Vodni bilans Srednjeg Podunavlja u periodu od 1964. - 2007. g.^{*)}
Graph 2 Water balance of the Middle Danube basin in the period 1964 – 2007



^{*)} Oznake Labels: P = padavine / P = precipitation, ETR = stvarna evapotranspiracija / ETR = real evapotranspiration, m = deficit vode / m = water deficit, v = suficit vode / v = excess water.

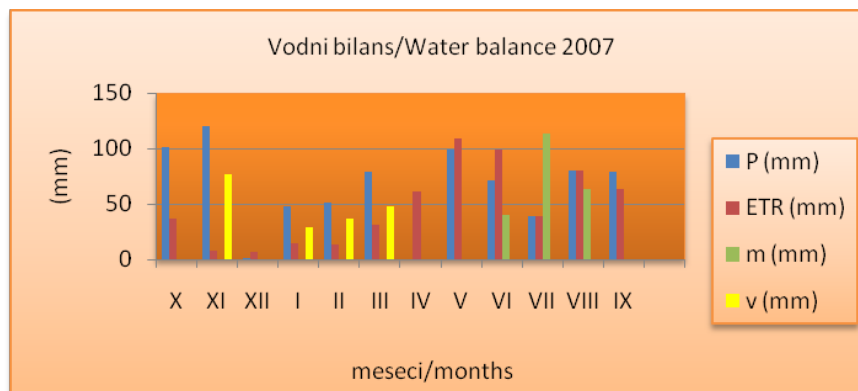
Srednje vrednosti vodnog bilansa u periodu od 1964. do 2007. godine po mesecima od I.X do 31.IX prikazane su u grafikonu 2. Obzirom da su padavine u novembru, decembru, januaru, februaru i martu, imale veće vrednosti od ETR-a te su u novembru popunile rezerve vode, višak vode koji se pojavio od januara gde je iznosio $5,1\text{ mm}$, u februaru $43,67\text{ mm}$ i martu $35,51\text{ mm}$, a ukupan višak vode za celokupan period je $84,28\text{ mm}$, od aprila ETR ima veće vrednosti od padavina te dolazi do utroška količine vode iz rezervi koje padaju na 0 mm do kraja juna a u julu, augustu i septembru dolazi do potpunog iskorišćenja rezerve vode, i u tim mesecima se pojavljuje deficit vode od $65,70$, $24,72$ i $25,49\text{ mm}$, te je ukupan deficit vode za navedena tri meseca $118,44\text{ mm}$. Stvarna evapotranspiracija za posmatrani period od 1964. – 2007. iznosi $609,62\text{ mm}$, a potencijalna evapotranspiracija $525,35\text{ mm}$.

Grafikon 3 Vodni bilans Srednjeg Podunavlja za hidrološku godinu 2006. *)
 Graph 3 Water balance of the Middle Danube basin in the hydrological year 2006



*) Oznake Labels: P = padavine / P = precipitation, ETR = stvarna evapotranspiracija / ETR = real evapotranspiration, m = deficit vode / m = water deficit, v = suficit vode / v = excess water.

Grafikon 4 Vodni bilans Srednjeg Podunavlja za hidrološku godinu 2007 *)
 Figure 4 Water balance of the Middle Danube basin in the hydrological year 2007



*) Oznake Labels: P = padavine / P = precipitation, ETR = stvarna evapotranspiracija / ETR = real evapotranspiration, m = deficit vode / m = water deficit, v = suficit vode / v = excess water.

Na grafikonu 3 je prikazan vodni bilans za 2006. godinu, u periodu od 1.X do 31.IX, s obzirom da su od decembra do maja i u augustu, padavine imale veće vrednosti od ETR te su u februaru popunjene rezerve vode, višak vode koji se pojavio u februaru je iznosio 23,65 mm, u martu 53,69 mm i aprilu 6,26 mm, ukupan višak vode u 2006. godini je iznosio 83,3 mm, taj trend se zadržava do maja gde ETR ima veće vrednosti od padavina te se troše količine vode iz rezervi i u mesecu julu, a rezerve padaju na 0 mm. U avgustu je primetan manji porast da bi u septembru došlo opet do potpunog iskorišćenja rezervi. U julu septembru, oktobru i

novembru mesecu dolazi do pojave deficita vode jer je potrošena rezerva vode, a vrednosti deficita iznose 69,52, 52,29, 35,23 i 4,07 mm, te je ukupan deficit vode za 2006. godinu bio 161,11 mm. Prosečna korigovana ETP je iznosila 533,61 mm, a stvarna evapotranspiracija za 2006. godinu iznosi 577,57 mm.

Grafikon 4 prikazuje bilans vode za 2007. godinu. Analizirajući period od 1.X do 31.IX, uočava se da od oktobra do marta (osim u decembru), kao i u septembru padavine imaju veće vrednosti od ETR, što je rezultiralo viškom vode u novembru, januaru, februaru i martu za 77,01 mm, 28,38 mm, 37,14 mm i 48,21 mm. Ukupan višak vode za celokupan period je 190,74 mm. ETR ima veće vrednosti od padavina u periodu od aprila do augusta i u decembru. Manjak vode je evidentan u junu, julu i augustu sa vrednostima od 39,99 mm, 113,61mm i 62,87 mm. Ukupan deficit vode za 2007. godinu je 216,47 mm. Prosečna korigovana ETP je iznosila 570,96 mm, a stvarna evapotranspiracija ETR za ovu godinu je 560,28 mm.

Iz navedenih višegodišnjih vrednosti i vrednosti po godinama može se uvideti da je ukupan suficit vode tokom 2006. bio manji za 0,98 mm, dok je 2007. bio veći za 106,46 mm od suficita vode višegodišnjeg proseka. Analizirajući podatke ukupnog deficita vode, može se uvideti da je tokom 2006. godine ukupni deficit vode veći za 42,67 mm, a tokom 2007. godine za 98,03 mm, u odnosu na višegodišnji prosek koji je iznosio 118,44 mm. Stvarna ETR se takođe razlikovala na nivou istraženih godina i višegodišnjeg proseka, pa je tako stvarna ETR koja je iznosila 609,62 mm za višegodišnji period, bila veća za 32,05 mm u odnosu na 2006. godinu, te 49,34 mm u odnosu na 2007. godinu.

Za vodni bilans, osim klimatskih parametara su značajne i osobine zemljišta istraživanog područja, pa je tako Schumacher (1864), uvideo da propustljivost zemljišta za vodu zavisi prvenstveno od zapremine nekapilarnih pora. Brzina infiltracije nije samo u vezi sa ukupnom zapreminom nekapilarnih pora nego i sa njihovom veličinom i razmeštajem. Wollny (1893) navodi da je brzina ocedivanja vode veća u zemljištima sa mrvičastom strukturom, nego u nestrukturnim zemljištima. Brzina kojom voda ulazi u neko zemljište zavisi od njegove prvobitne vlažnosti. Sitno teksturna zemljišta kad su suva, mogu imati između zemljišnih agregata pukotine nastale usled skupljanja ili neke druge nekapilarne pore koje omogućavaju infiltraciju. Kad je zemljište navlaženo koloidi apsorbuju vodu i nabubre te tako smanjuju veličinu pora. Ova pojava objašnjava činjenicu da se na teškim zemljištima smanjuje infiltracija sa povećanjem sadržaja vlage, dok infiltracija u grubo strukturnim zemljištima ne podleže tako velikim promenama usled promene vlažnosti. Anon,(1940), dokazuje da se brzina apsorpcije vode povećava sa povećanjem sadržaja organske materije. Značajni gubici vode iz zemljišta mogu biti i usled isparavanja. Faktori koji utiču na isparavanje su: vlažnost vazduha, brzina vetra, pokrivač zemljišta, osobine zemljišta uključujući njegovu vlažnost i temperaturu. Gubici vlage usled isparavanja su obično veći ukoliko je relativna vlažnost vazduha manja, odnosno isparavanje je proporcionalno razlici između pritiska pare pri tački zasićenja površine koja isparava i stvarnog pritiska pare u vazduhu iznad te površine. Priroda samog zemljišta utiče na gubljenje vode isparavanjem pa tako sitno teksturna zemljišta gube više vode od grubo teksturnih zemljišta. Helbig i Roeszler (1921), konstatuju prema Lutz i Chandleru (1962), da su gubici vode isparavanjem manji u zemljištima sa mrvičastom strukturom nego u jednočestičnim zemljištima. Stafelt (1937), navodi da je

isparavanje sa mokrog zemljišta veoma brzo, uglavnom veće nego isparavanje sa slobodne vodene površine, a Stojšić (1990), konstatuje da vodni bilans nadizdanske zone u prirodnim uslovima i u eksperimentalnim uslovima, pokazuje razlike koje se manifestuju preko veličine evapotranspiracije.

4. ZAKLJUČAK

Prema prikazanim podacima vodnog bilansa mogu se uočiti razlike za vrednosti stvarne evapotranspiracije, suficita i deficita vode kod pojedinačnih godina: 2006. i 2007. g. u odnosu na višegodišnji prosek: 1964-2007. g. Razlike su приметne kako u vrednostima navedenih parametara, tako i u periodima odnosno mesecima kada se oni javljaju.

Kod višegodišnjeg perioda višak vode je bio u januaru 5,1 mm, februaru 43,67 mm i martu 35,51 mm. U 2006. godini višak vode se pojavio u februaru i iznosio je 23,65 mm, martu 53,69 mm i aprilu 6,26 mm. Tokom 2007. godine od novembra do marta je usled padavina utvrđen suficit vode koji je za celu godinu iznosio 190,74 mm.

Za višegodišnji period u julu, augustu i septembru dolazi do pojave deficita vode od 65,70, 24,72 i 25,49 mm. Tokom 2006. godine u julu, septembru, oktobru i novembru mesecu imamo pojavu deficita vode čije vrednosti iznose 69,52, 52,29, 35,23 i 4,07 mm, a u 2007. g. vrednost deficita u junu, julu i augustu su 39,99, 113,61 i 62,87 mm.

Ukupan suficit vode tokom 2006. godine je bio manji za 0,98 mm dok je 2007. godine bio veći za 106,46 mm od suficita vode u višegodišnjem proseku (84,28 mm). Podaci ukupnog deficita vode, ukazuju da je tokom 2006. godine ukupni deficit vode veći za 42,67 mm, a tokom 2007. godine za 98,03 mm u odnosu na višegodišnji prosek koji iznosi 118,44 mm. Stvarna evapotranspiracija se takođe razlikovala na nivou istraženih godina i višegodišnjeg proseka, pa je tako stvarna evapotranspiracija koja je iznosila 609,62 mm za višegodišnji period, bila veća za 32,05 mm u odnosu na 2006. godinu, te 49,34 mm u odnosu na 2007. godinu.

Zahvalnica

Ovaj rad je realizovan u okviru projekta „Istraživanje klimatskih promena na životnu sredinu: praćenje uticaja, adaptacija i ublažavanje“ (43007) koji finansira Ministarstvo za prosvetu i nauku Republike Srbije u okviru programa Integrisanih i interdisciplinarnih istraživanja za period 2011-2014. godine.

5. LITERATURA

- Anon (1940): Influences of vegetation and watershed treatments on run – off, silting and stream flow. U. S: Dept. Agr., Misc. Pub. 397. 80 pp.
- Antić M., Jović N., Avdalović V. (1982): Pedologija, Naučna knjiga, Beograd
- Bošnjak Đ. (1992): Praktikum iz navodnjavanja poljoprivrednih kultura, Novi Sad str. 90-100.

- Lutz H..J., Chandler F. R. (1962): Šumska zemljišta, Naučna knjiga Beograd, str. 350
- Rajić M. (2004): Vodni bilans zemljišta Vojvodine, Tematski zbornik radova Poljoprivreda između suša i poplava, Novi Sad: 1-7.
- Rajić M., Stojiljković D. (2005): Procena evapotranspiracije u zavisnosti od nivoa podzemne vode, Tematski zbornik radova Poljoprivreda između suša i poplava, Novi Sad: 14-21.
- Scumacher, W. (1864): Die Physik des Bodens inihren theoretischenund practischen Beziehungen zur Landwirtschaft. Wiegandt and Hempel, Berlin: 505 pp.
- Stojšić, M. (1990): Suše i poplave od unutrašnjih voda u Vojvodini. „Vode Vojvodine,, Pokrajinski fond voda, Novi Sad, br. 19.
- Stojiljković D., Nešić-Zdravić V. (2004): Vremenska i prostorna raspodela padavina u Vojvodini. Tematski zbornik radova Poljoprivreda između suša i poplava, Novi Sad: str. 8-12.
- Staefelt M.G. (1937): Die Bedeutung der Vegetation im Wasswehaushalt der Bodens (Markens valtenavdunstning och des beroende av markbetackingen). (Swedish summary, pp. 198-194) Svenska skogvardsforeningens tidskrift, 35, 161-195.
- Vučić N. (1987): Vodni, vazdušni i toplotni režim zemljišta, Vojvodanska Akademija nauka i umetnosti, Radovi knjiga VII, Odeljenje prirodnih nauka, Novi Sad, knjiga 1: str. 320.
- Wollny, E. (1893): Untersuchungen uber den Einfluss, der Struktur des Bodens auf desen Feuchtigkeitsverhaltnisse. Forshungen a.d. Gebiete d. Agrikultur-Physik, 16: 381-407.

Summary

WATER BALANCE IN AREA OF HIDROMORPHIC SOIL OF THE CENTRAL DANUBE BASIN ON VOJVODINA

by

Pekeč Saša, Orlović Saša, Ivanišević Petar, Galović Vladislava, Kovačević Branislav, Vasić Verica, Katanić Marina

*In the study is present water balance in areas where the prevailing hydromorphic soils, and which are located in a protected part of the alluvial plain of the middle basin of the Danube in Vojvodina. Water balance is determined by an empirical equation which is based on air temperature correction to the latitude ($ETP = 16 (10 * t / I)$) and the method Thornthwaite for the moderate to semihumid and semiarid conditions prevailing in Vojvodina.*

For many years the period of excess water was 5.1 mm in January, February and March of 43,67 mm and 35,51 mm. In 2006 the excess water appeared in February it was 23,65 mm, 53,69 mm in March and 6,26 mm in April. During 2007 from November to March, was notable because of rainfall excess water for the whole year was 190,74 mm. For multi-year period in July, August and September can lead to the water deficit of 65,7, 24,72 and 25,49 mm. During 2006 in July, September, October and November the deficit manifests water whose value amounted to 69,52, 52,29, 35,23 and 4,07. In 2007 value of the deficit in June, July and August were 39,99, 113,61 and 62,87 mm.

The total excess of water during 2006 year was lower by 0,98 mm while in 2007 and was higher by 106,46 mm from the excess of water several years average (84,28 mm). The data of the total water deficit, indicating that in 2006. The total water deficit increased by 42,67 mm, and in 2007 to 98,03 mm as compared to the average for several years which amounted to 118,44 mm. Real evapotranspiration also differed on the level of the investigated years and average years, so the real evapotranspiration, which amounted to 609,62 mm for the growing period was higher by 32,05 mm as compared to 2006 and 49,34 mm as compared to 2007.

Water balance in the investigated area is designated for multi-year period 1964-2007, and for one-year periods: 2006 and 2007, when the research was made research for soil in this area. According to the results shown water balance may see differences in the value of evapotranspiration, the deficit and excess water in individual years: 2006 and 2007 compared to the average for several years: 1964-2007.g. The differences are noticeable both in the values of these parameters, and in periods of months or when they occur.