Hidrološki ciklus vode u šumskom ekosustavu

Premuž, Tomislav

Undergraduate thesis / Završni rad

2016

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Forestry / Sveučilište u Zagrebu, Šumarski fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:108:826601

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-29**

Repository / Repozitorij:

University of Zagreb Faculty of Forestry and Wood Technology

zir.nsk.hr

DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU

ŠUMARSKI FAKULTET

ŠUMARSKI ODSJEK

PREDDIPLOMSKI STUDIJ

ŠUMARSTVO

TOMISLAV PREMUŽ

HIDROLOŠKI CIKLUS VODE U ŠUMSKOM EKOSUSTAVU

ZAVRŠNI RAD

ZAGREB, (RUJAN, 2016.)

PODACI O ZAVRŠNOM RADU

Zavod:	Zavod za ekologiju i uzgajanje šuma
Predmet:	Ekologija šuma
Mentor:	Doc.dr.sc.Damir Ugarković
Asistent - znanstveni novak:	
Student:	Tomislav Premuž
JMBAG:	0068219436
Akad. godina:	2015./2016.
Mjesto, datum obrane:	
Sadržaj rada:	Slika: 6 Tablica: 4 Navoda literature:14
Sažetak:	U prirodi voda je u stalnom kruženju između Zemljine vodene površine, kopnene površine I relaativno nižih slojeva atmosfere. Kruženje vode se odvija kroz hidrološke procese: evapotranspiracija, oborine infiltracija i otjecanjevode. U šumskom ekosustavu voda može biti prisutna kao oborinska, poplavna, podzemna i zračna vlaga. U ovome radu pobliže ćemo opisati značaj i utjecaj pojedinog oblika voda u šumskom ekosustavu. Za jednu metorološku stanicu, vodomjernu stanicu i pjezometarsku stanicu, na osnovu višegodišnjeg motrenja prikazat će se međusobniodnosi oborinske vode, poplave vode, podzemne vode, relativne zračne vlage te evapotranspiracije.

SADRŽAJ

1. UVOD 1
1.1 Atmosferske vode 2
1.1.1 Količina oborina 3
1.2 Površinske vode 4
1.3 Podzemne vode 7
1.4 Hidrološki ciklus 7
1.5 Evapotranspiracija 11
2. CILJ ISTRAŽIVANJA 12
3. METODE RADA 13
4. REZULTATI 14
5. RASPRAVA 16
6. ZAKLJUČAK 17
7. LITERATURA 18

1. UVOD

Voda zajedno sa svjetlom i toplinom spada u najvažnije ekološke čimbenike, o kojima ovisi pojavljivanje, razmnožavanje, rast i razvoj organizama. U šumskim se ekosustavima voda pojavljuje u različitim oblicima, na različite načine i u različitim procesima. Voda kao ekološki čimbenika djeluje na biljke oborinama, vodom iz staništa i kao zračna vlaga. U nekom ekosustavu voda može biti prisutna kao oborinska, poplavna, podzemna, taložine i zračna vlaga.

Hidrološke prilike nizinskih šumskih ekosustava ovisne su uglavnom o mikroreljefu i vodostaju rijeka, a brdskih, gorskih i planinskih šumskih ekosustav o količinama oborina i nagibu terena. Voda kao ekološki čimbenik u nizinskim šumskim ekosustavima je prisutna sa sva tri svoja oblika (oborinska, podzemna i poplavna voda.

Oborinska voda najčešće pada u obliku kiše ili snijega, a nastaje kada su uvjeti za kondenzaciju vodene pare u atmosferi povoljni. Za vegetaciju su najvažnije količine oborina koje padnu u vegetacijskom razdoblju. Biljka u izravnim fiziološkim procesima iskoristi oko 50 % ukupne količine oborina. Oborinska voda se mjeri pomoću kišomjera, koji mogu biti različitih izvedbi.

Poplavna voda je korisna iz razloga što sa sobom nosi mnogo hranjivih tvari i mulja, kojim se povećava plodnost tla. Poplave mogu biti direktne i indirektne. Direktne poplave nastaju izljevanjem većih rijeka, primjerice Save. Indirektne poplave nastaju od pritoka rijeka čije vode rijeka zbog svog visokog vodostaja ne može primiti.

Podzemna voda je jedan od presudnih ekoloških čimbenika za rasprostarnjenost šumskih ekosustava.

Zračna vlaga je jedan od čimbenika koji izravno u manjoj mjeri utječe na formiranje šumskih ekosustava, ali hidratura stanica, tkiva i cijelih organa dobrim je dijelom ovisna o relativnoj zasićenosti atmosfere vodenim parama.

Hidrološki ciklus ili kruženje (recirkulacija) vode je prirodni fenomen u kojem se voda, ponajprije zbog svoje specifične kemijske strukrure i fizikalnih karakteristika, transformira iz pojedinog stanja (kruto-tekuće-plinovito), odnosno izmjenjuje se između Zemljine vodene i/ili kopnene površine (obrasle vegetacijom) te relativno nižih slojeva atmosfere.

Prema mjestu gdje se nalaze na Zemlji i položaju u prostoru vode u prirodi dijele se na: atmosferske vode, površinske vode i podzemne vode.

U ovome radu pobliže ćemo opisati značaj i utjecaj pojedinog oblika voda u šumskom ekosustavu. Za jednu metorološku stanicu, vodomjernu stanicu i pjezometarsku stanicu, na osnovu višegodišnjeg motrenja prikazat će se međusobniodnosi oborinske vode, poplave vode, podzemne vode, relativne zračne vlage te evapotranspiracije.

1.1 Atmosferske vode

Atmosfera je zrak, tj. smjesa plinova koja okružuje Zemlju i sudjeluje u njezinoj vrtnji, te debljine oko 1000 km. Osnovni su sastojci zraka su sljedeći: dušik (78,08%), kisik (20,95%), argon (0,93%), te u promjenjivim količinama vodena para (0 do 4%) i ugljični dioksid (0,03%), a u neznatnim količinama vodik, helij, ozon, metan, amonijak, ugljikov monoksid, kripton i ksenon. Osim plinova u atmosferi se nalaze i krute higroskopne čestice-aerosoli kao što su pepeo, sol, prašina, bakterija i dr. Aerosoli su značajni jer predstavljaju kondenzacijske jezgre koje sudjeluju u stvaranju oborina. Nastajanje oborinauvjetovano je postojanjem vodene pare u zraku, prisutnošću aerosola (kondenzacijskih jezgri) i procesom kondenzacije, odnosno hlađenjem vodene pare. Oborine nastaju kondenzacijom ili desublimiranjem postojeće vlage u zraku. Mogu nastajati izravno na tlu, poput inja, rose, mraza, a mogu nastati i u zraku (u oblaku) iz kojeg na tlo padaju kao tekuća (kiša, rosulja) ili smrznuta voda (tuča, solika, snijeg).

Oborine prema mjestu nastajanja možemo podijeliti na vertikalne i horizontalne.

Vertikalne oborine padaju iz oblaka (kiša, snijeg, led, tuča), a horizontalne oborine nastaju izravno iz tla (rosa, mraz, inje, poledica).

Oborine se mogu podijeliti na konvektivne koje su uvjetovane naglim zagrijavanjem zraka u kontaktu s tlom (smanjene gustoće), vodena para se uzdiže i dinamički hladi tj. kondenzira se i

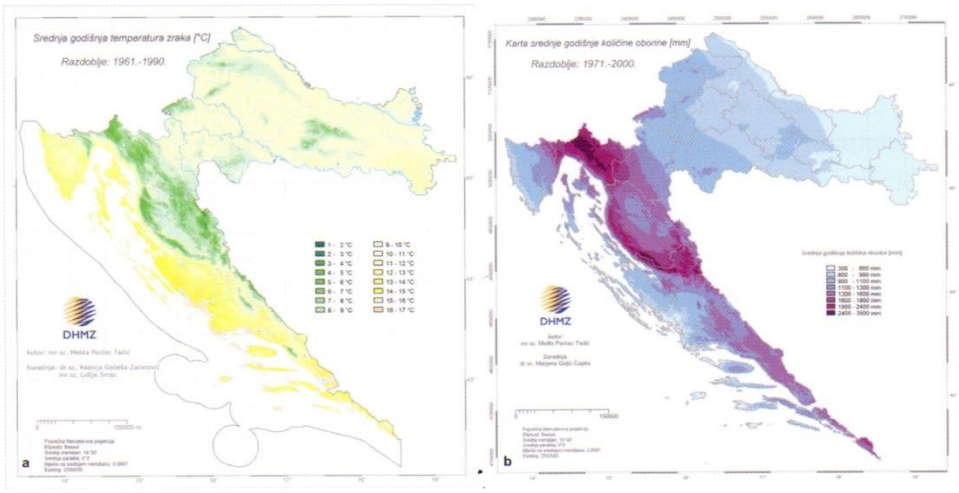
pada na tlo u obliku oborina, na orografske oborine koje su nastale dizanjem vlažnih horizontalnih zračnih struja, koje se hlade na određenoj visini te se kondenziraju i padaju na tlo u obliku oborina, i na ciklonske oborine koje nastaju kao rezultat kretanja zračnih masa iz područja visokog tlaka (anticiklone) i područje niskog tlaka zraka(ciklone), uslijed hlađenja se formiraju oborine.

Za potrebe hidroloških analiza najčešće se kosriste sljedeći elementi oborina: količina oborina, trajanje oborina, intenzitet oborina i učestalost oborina.

1.1.1 Količina oborina

Količina oborina je visina vode u l/m^2 (mm) koja padne na povrsinu Zemlje u određenom vremenu. Različite vrste vrste oborina daju različitu visinu kišnog taloga. Količina oborina, trajanje, intenzitet i učestalost njihove pojave čimbenici su koji izravno utječu na poljoprivrednu djelatnost jer učestali višak ili manjak oborina ograničava poljoprivrednu proizvodnju i zahtijeva poduzimanje melioracijskih mjera odvodnje i/ili navodnjavanje.

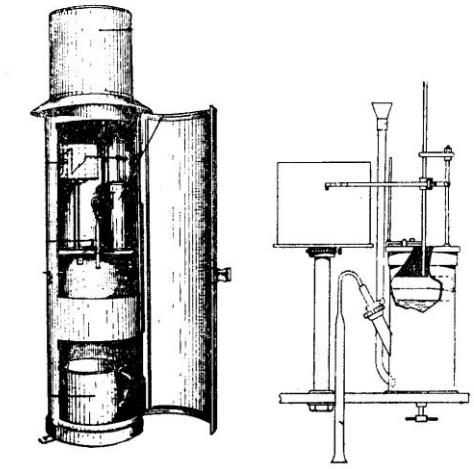
Količinu palih oborina moguće je mjeriti na razne načine, klasičnim načinom pomoću kišomjera, automatski pomoću bežičnog kišomjera i daljinski pomoću radara. Kišomjeri se prema načinu mjerenja dijela na obični kišomjer(pluviometar ili ombrometar), koji mjeri dnevnu količinu oborina, i kontinuirani kišinomjer (pluviograf ili ombrograf) koji mjeri neprekidno količinu oborina.



Slika 1.Prosječna godišnja temperatura zraka(Perćec Tadić,2010) i prosječna godišnja količina oborina(Perćec Tadić i Gajić Čapka,2010)

Obični kišomjer njačešće je baždarena posuda određenog volumena i površine s otvorom na vrhu. Baždarena posuda, u kojoj se skupljaju oborine, postavlja se na odgovarajuće mjesto, a visina vode u posudi očitava se u određenom vremenu. Posuda može biti od nehrđajućeg čelika ili plastike i može biti postavljena u odgovarajuće kućište.

Kontinuirani kišomjer ili pluviograf sastoji se od zaštitnog oklopa, otvora na vrhu za hvatanje oborina, valjkaste posude s plovkom, dovodne cijevi, prijenosne šipke s perom, valjka sa satnim mehanizmom i trakom, odvodne cijevi i posude za prikupljanje vode.



Slika 2. Kišomjer ili pluviograf(www2.arnes.si)

1.2 Površinske vode

Od ukupnih oborina koje padnu na površinu zemlje, dio oborina ispari,a jedan dio vode potječe od oborinske vode koja padne direktno na njenu površinu, te drugi dio potječe od oborinske vode koja se ulije u nju kroz podzemne vode. Površinske vode mogu biti potočić, potok, rijeka, jezero i more. Nastajanje površinskih voda i brzina njihova otjecanja ovisi o klimatskim i slivnim značajkama područja. Klimatske značajke područja su definirane elementima klime: količinom i rasporedom oborina, temperaturom zraka, vlagom zraka, brzinom vjetra, i dr., dok su slivne značajke područja određene oblikom i veličinom slivne površine, reljefom i nagnutosti sliva, pedološkim i geološkim značajkama, vrstom i gustoćom biljnog pokrova, utjecajem čovjeka i dr.

Neke od važnih karakteristika površinske vode su: tvrđa od oborinske vode (od podzemnih voda), sadrži suspendirane tvari i ima razvijen život.

Kod površinskog otjecanja voda najčešće se određuju sljedeći podaci: koeficijent otjecanja, hidromodul otjecanja i maksimalnakoličina otjecanja.

Koeficijent otjecanja (K_o) je količnik ukupnog otjecanja vode s nekog područja I ukupno palih oborina u nekom vremenskom razdoblju. Vrijednost koeficijenta otjecanja kreće se u rasponu od 0,2 do 0,8.

$$K_o = \frac{O}{P} < 1$$

Gdje je: K_o – koeficijent otjecanja

O – ukupno otjecanje (mm)

P – ukupne oborine (mm)

Hidromodul otjecanja ili specifično površinsko otjecanje (q) predstavlja jediničnu količinu vode koja otječe s jedinice površine sliva u jedinici vremena. Hiromodul se može odrediti pomoću više formula, a jedna od formula koja se koristi za određivanje hiromodula površinske odvodnje je i formula prema S.Belli.

$$q = \alpha * H\left[20 + 2 * I + \frac{1000}{F}\right]$$

gdje je: q – hidromodul otjecanja (l/km^2)

α- koeficijent propusnosti tla (koeficijent infiltracije = 0,3-0,8)

H – prosječna višegodišnja količina oborina (m)

I – prosječan pad slivne površine (cm/km)

F – slivna površina (km^2)

Maksimalna količina vode (Qmax) podrazumijeva količinu vode na čitave slivne površine koja se može pojaviti u određenoj točki sliva u jedinici vremena, a izračunava se pomoću sljedeće formule:

$$Q_{max} = F*q$$

Q_{max} – maksimalna količina vode (l/s;m^3/s)

(Šimunić,2013.)

Prema načinu nastajanja površinske vode se dijele na: tekuće vode (tekućice) i stajaće vode (stajaćice).

Tekuće vode (tekućice)

Područje		Osnovni podatci		Bilanca oborinskih voda								
		Površina	Populacija	Oborine			ET			Otjecanje		
		km²		mm	km³	m³ p. c.	mm	km³	m³ p. c.	mm	km³	m³ p. c.
Sliv Save		25.770		1.080	27,8		678	17,5		402	10,4	
Sliv Drave i Dunava		9.362		782	7,32		621	5,81		161	1,51	
Vodno područje Dunava		**35.132**	**3.045.829**	**1.001**	**35,2**	**11.546**	**663**	**23,3**	**7.647**	**338**	**11,9**	**3.899**
Primorsko-istarski sliv		7.567		1.622	12,3		814	6,16		808	6,11	
Dalmatinski sliv		13.839		1.394	19,3		717	9,92		677	9,37	
Vodno područje Jadrana		**21.406**	**1.391.631**	**1.426**	**30,5**	**21.935**	**761**	**16,3**	**11.706**	**665**	**14,23**	**10.229**
Hrvatska	**Ukupno**	**56.538**	**4.437.460***		**65,7**			**39,6**			**26,1**	
			4.284.889**									
	Prosjek			**1.162**		**14.806* 15.333****	**700**		**8.924* 9.242****	**462**		**5.882* 6.091****

Slika 3. Bilanca oborinskih voda na području Republike Hrvatske(Ondrašek i dr., 2015, prilagođeno prema UNEP, 2008)

Tekuće vode ili tekućice spadaju u kopnene vode,vode koje ne miruju, a nastaju nakupljanjem i otjecanjem površinskih i potpovršinskih voda. U tekućice se ubrajaju izvori, potoci (to je vrsta tekućica koje imaju širinu vodotoka do 5 m) i rijeke (ovo su tekućice čiji vodotok ima širinu veću od 5 m). Tok tekućice od izvora do ušća se dijeli na tri dijela: gornji, srednji i donji tok, a razlikuju se na osnovu nagiba, brzine, količini vode, te po drugim značajkama.

Stajaće vode (stajaćice)

Stajaćice su vode koje ne teku i ispunjavaju udubine na površini kopna. U stajaće vode ubrajamo lokve (plitke i površinom namjanje stajaćice, tijekom godine presušuju),močvare (površinom veće od lokava i ne presušuju), jezera (površinom i dubinom najveće stajaćice, mogu biti prirodna i umjetna te se prema potrebi može koristiti za pića,navodnjavanje, uz uvjet da odgovara propisanim standardima kakvoće vode), ribnjaci, umjetne akumulacije i dr.

1.3 Podzemne vode

Podzemne vode nalaze se ispod površine tla i ispunjavaju pore i pukotine u stijenama. Pojavljivanje podzemnih voda uvjetovano je postajanjem pora u stijeni i vododrživog sloja. Najveće količine podzemnih voda nastaju od oborina koje kroz površinski sloj infiltriraju u tlo. Nakon infiltracije kada opna vode oko čestice tla postane toliko velika da je sile tla ne mogu držati, voda postaje slobodna i pod utjecajem gravitacije procjeđuje se kroz tlo u dublje slojeve, sve do vododrživog sloja na kojem se nakuplja i popunjavapore u stijenama (sedimentima).

Između površine tla i vododrživog sloja razlikuju se dva područja, i to ozračeno (nezasićeno) i zasićeno područje.

Granica između ozračenog područja i zasićenog područja naziva se vodna ploha ili vodno lice.

Podzemne vode su najznačajniji raspoloživi izvori pitke vode koji su izloženi prekomjernom iscrljivanju tako da se zbog narušene ravnoteže sve više osiromašuju postojeće zalihe.

Podzemne vode dijelimo prema: 1)porijeklu: iz oborinske vode, iz površinskih vodenih tokova i kondenzacijom vode iz vodene pare u tlu 2) obliku u prirodi: vode temeljnice (miruju u slojevima) i pukotinske podzemne vode. (Šimunić,2013.)

1.4 Hidrološki ciklus

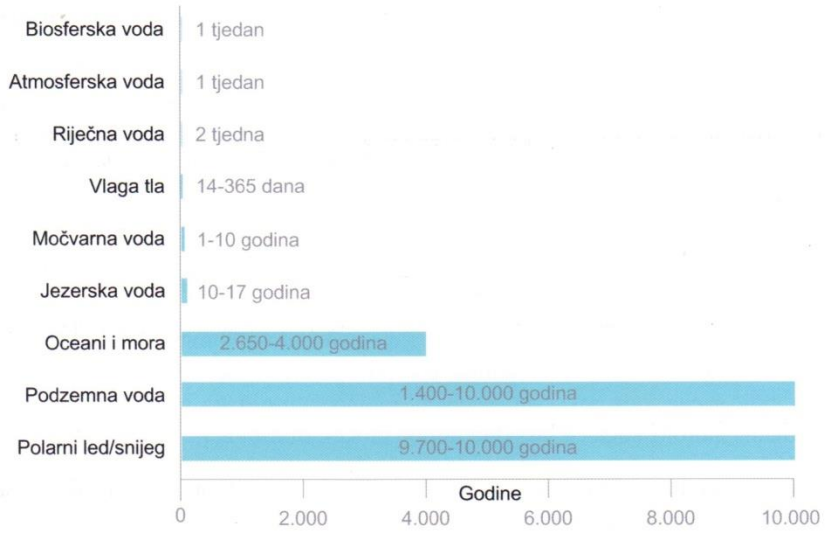
Kruženje vode ili hidrološki ciklus je niz tokova vode kako iznad tako i na te ispod površine tla. Ovaj se ciklus sastoji od četiri stadija: tijek vode (odnosno njena pohrana) na i pod zemljom, isparavanja, kondenzacija i ponovni povratak na zemlju. Voda se privremeno može zadržati (pohraniti) u tlu, u oceanima, morima, jezerima i rijekama, te u ledenim kapama i ledenjacima. Voda zatim isparava u atmosferu s površine zemlje, kondenzira se u oblacima te ukapljena u obliku kiše ili snijega se opet vraća na zemlju. Gotovo sva voda na zemlji je nebrojeno puta prošla kroz taj ciklus i vrlo se malo vode stvorilo i nestalo u posljednjih milijardu godina. Prema tome, hidrološki ciklus kruženje je vode kroz atmosferu i na Zemljinoj površini. Zbiva se u Zemljinu sustavu: u atmosferi, hidrosferi (na površini) i u litosferi (tvrdi sastav

Zemlje ispod hidrosfere). Ogromna količina vode sudjeluje u tom ciklusu. Oko 1,4 milijarde km^3 vode se nalazi na zemlji! Nešto više od 97% ove količine je morska voda, ali isparavanjem se sol ne prenosi u atmosferu tako da ta činjenica ne utječe na karakteristiku kiše koja pada na površinu zemlje. Neslana voda, dakle potencijalno pogodna za piće, se nalazi u ledenjacima, jezerima i rijekama kao i u tlu te nekim stijenama. Prema procjenama takve vode ima 36 milijuna km^3.



Slika 4 Kruženje vode u zemljinom hidrološkom sustavu(www.web.zpf.fer.hr)

Na slici 4 prikazano je procijenjeno vrijeme koje je potrebno da bi se ukupna količina vode iz pojedinog prirodnog resurs hidrološkim ciklusom potpuno obnovila. U hidrološkom ciklusu najbrže se izmijeni voda u atmosferi i biosferi. Primjerice, u plinovitom atmosferskom omotaču, koji sadrži oko 13.000 km^3 vode ili oko 10 % ukupnih resursa svježih tekućih vodnih potencijala potrebno je oko tjedan dana da ukupna količina vode koja se nalazi u atmosferi dospije u Zemljinu površinu te da se u istoj količini procesom evapotranspiracije vrati nazad u atmosferu. Isto razdoblje bilo bi potrebno i biološkoj vodi za recirkulaciju, a potom slijede vodni resursi rijeka: njihov hidrološki ciklus procjenjuje na oko dva tjedna. Ukupnoj vodi tla koja se kapilarnim usponom diže do zone korijena i površine tla, te zatim evapotranspirira u atmosferu, hidrološki se ciklus procjenjuje na oko dva tjedna do godine dana. Procjenjuje se da bi podzemnoj vodi te vodi koja se nalazi u obliku vječnog leda i snijega na polovima i u glečerima trebalo i do 10.000 godina da se oslobode u atmosferu i potom vrate nazad u obliku raznih padalina na Zemljinu površinu.



Slika 5 Vrijeme hidrološkog ciklusa za pojedine resurse vode (Ondrašek i dr., 2015, prilagođeno prema UNEP, 2008)

Osnovni procesi kruženja vode u zemljinom hidrološkom sustavu jesu oborine, otjecanje (površinsko/podzemno), infiltracija te evaporacija i transpiracija, odnosno evapotranspiracija. Svježa, nezaslanjena voda, kao vrlo ograničeni resurs, prirodno se obnavlja uglavnom oborinama te manjim dijelom otapanjem ledenjaka i/ili snježnog pokrivača, stoga se unutar hidrološkog ciklusa, tj. utvrđivanje bilance vode za određene ekološke uvjete, oborine mogu smatrati glavnom ulaznom varijablom. Vodna bilanca je rezultat analize hidroloških procesa kao dijelova hidroloških ciklusa na određenom prostoru u određenom vremenu, a izražava se sljedećom jednadžbom:

$$dW=U-I$$

gdje je;

dW - promjena mase u ograničenom prostoru

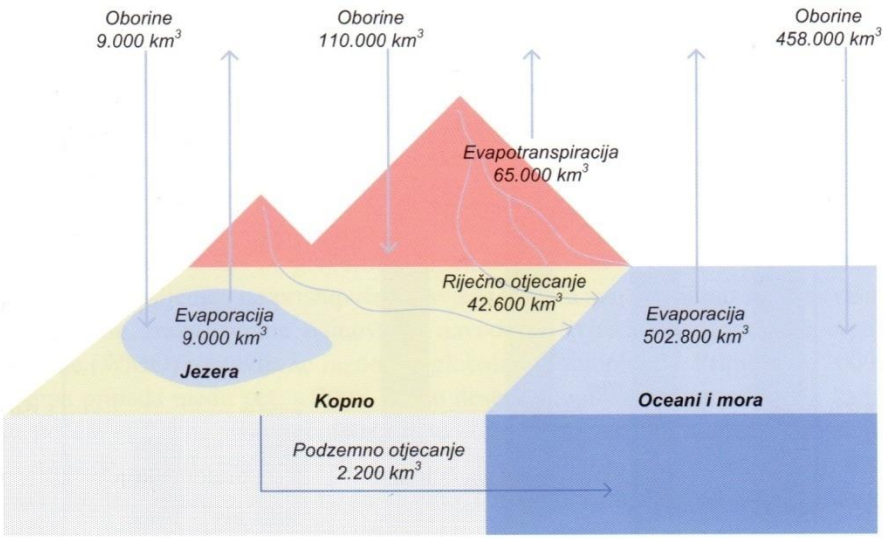
U - masa koja je ušla u taj prostor u određenom vremenu - predstavlja oborine kao ulaznu veličinu

I - masa koja je izašla iz tog prostora u određenom vremenu - predstavlja isparavanje i otjecanje kao izlaznu veličinu

Evaporacija ili isparavanje jest fizikalni proces kojim se molekule vode u plinovitom stanju premještaju s površine litosfere i/ili hidrosfere u atmosferu, a transpiracija je fiziološki proces kojim se voda, najvećim dijelom usvojenaiz tla korijenovim sustavom biljaka, ulaznim ili transpiracijskim tokom premješta u nadzemne organe te kroz sitne otvore (puči), smještene uglavnom na naličju listova , izlučuje u atmosferu u obliku vodene pare.

Ifiltracija ili upijanje vode također je prirodni proces kojim voda u tekućem stanju prodire kroz površinu tla (pedosfere) u njegove dublje slojeve, tj. u litosferu. Također, znatan udio oborina koji padne na određeno područje, najprije površinskim, a zatim i podzemnim otjecanjem napusti to isto područje te izravno ili površinskim i podzemnim tokovima dospije u jezera, mora, odnosno oceane. Otjecanje je vrlo stabilan izlaz varijabla unutar hidrološkog ciklusa, koja se na područje sušnih područja održava prosječno na relativno visokih 29% od ukupnih oborina.

Na globalnoj razini, ukupne količine vode koje procesima evaporacije (oko 89%) i evapotranspiracije (oko 11%) u obliku vodene pare dospiju s površine Zemljine hidro/litosfere u atmosferu tijekom jedne godine, procjenjuje se na oko 577.000 km^3 (slika 5). Najveći udio vode u hidrološkom ciklusu (87%) potječe od isparavanja oceana i mora, s njihove se ukupne površine od oko 361 mil. km^2 tijekom godine u atmosferu evaporacijom oslobodi oko 502.800 km^3 vode. S kopnenih površina (izuzev rijeka i jezera) koje obuhvaćaju oko 119 mil. km^2, godišnje se u atmosferu u obliku vodene pare oslobodi oko 65.000 km^3 vode, a s preostalih vodenih površina na kopnu, dodatno evaporira oko 9.000 km^3 od ukupnog volumena vode koji sudjeluje u hidrološkom ciklusu (slika 5). U povratnom smijeru, u obliku raznih padalina (kiša,snijeg,tuča i sl.) najveći udio ili oko 458.000 km^3 vode dospije ponovno u ekosustav oceana i mora, preostalih 119.000 km^3 na površinu kopna, od čega manji dio ili oko 9.000 km^3 padne na površine jezera i ostale vodene površine, a veći dio, oko 110.000 km^3 dospije na preostali ekosustav Zemljine litosfere. Od ukupnog volumena kopnenih oborina, kao što je navedeno, glavnina evapotranspirira u atmosferu, a preostali dio površinskim ili riječnim otjecanjem, odnosno podzemnim otjecanjem ili tokovima dospije opet u mora i oceane (slika 5). (Šimunić,2013.)



Slika 6 Globalni hidrološki ciklus (Ondrašek i dr., 2015, prilagođeno prema UNEP, 2008)

1.5 Evapotranspiracija

Evapotranspiracija je hidrološki proces kojim se voda vraća natrag u atmosferu te predstavlja značajnu komponentu hidrološkog ciklusa.

Obuhvaća evaporaciju, dakle isparavanje vode s površine tla i vodnih površina i transpiraciju odnosno isparavanje vode iz biljaka.

Voda potrebna biljkama odgovara vrijednosti evapotranspiracije. Kao što je navedeno , razlikuju se potencijalna (PET) količina vodene pare koja bi mogla biti uklonjena evapotranspiracijom a izražava se debljinom sloja vode, stvarna ili aktualna (AE) količina vode koja se ispari s tla i biljaka kada tlo ima svoj prirodni sadržaj vlage i referentna evapotranspiracija (ET_o).

Evapotranspiracija se može odrediti izravnim (eksprimentalnim) ili neizravnim načinom. Izravni način određivanja je pomoću različitih uređaja, kao što su atmometar, evaporimetar i evapotranspirometar (lizimetar), dok je neizravan način određivanja primjenom različitih metoda, koje obuhvaćaju računsko i grafičko određivanje evapotranspiracije. Izravni način određivanja evapotranspiracije je zahtjevan jer je teško postići prirodne uvjete okoline tako da se u praksi primjenjuju neizravne metode koje uključuju podatke o manjem ili većem broju izmjerenih vrijednosti klimatskih elemenata. (Šimunić,2013.)

2. CILJ ISTRAŽIVANJA

Cilj ovog istraživanja je utvrditi korelaciju između različitih oblika atmosferske, površinske i podzemne vode u nizinskom šumskom ekosustavu.

3. METODE RADA

Istraživanja su obavljena na području Posavine, UŠP Nova Gradiška. Za analizu hidroloških odnosa u staništu nizinskih šuma korišteni su podaci o oborinama (mm), relativnoj zračnoj vlazi (%), evapotranspiraciji (mm) i deficitu vlage (mm) za meteorološku postaju Nova Gradiška. Evapotranspiracija je izračunata indirektno prema metodi Thornthwaita (1948). Podaci o maksimalnim, srednjim i minimalnim vodostajima (cm) vodotoka Sava su korišteni s vodomjerne postaje Stara Gradiška. Podaci o dubinama podzemne vode (cm) su prikupljeni s pjezometarske postaje u gospodarskoj jedinici "Međustrugovi". Svi podaci za analizu hidroloških odnosa prikupljeni su u vremenskom razdoblju od 2001. do 2012. godine. Klimatski podaci su obrađeni u programu KlimaSoft 2.1. Statistička obrada podataka (deskriptivna statistika, Spearman rank R korelacija) provedena je u statističkom programu Statistica 7.1. (StatSoft, Inc. 2003).

4. REZULTATI

Tablica 1. Deskriptivna statistika vodostaja vodotoka Sava

Postaja	Varijable	Prosjek	Minimum	Maksimum	Std. Devijacija
St. Gradiška	Maksimumi vodostaja	777,6667	611,000	877,0000	95,91402
	Srednjaci vodostaja	237,2222	111,000	310,0000	65,85548
	Minimumi vodostaja	-76,2222	-139,000	-18,0000	38,63217

Tablica 2. Deskriptivna statistika klimatskih elemenata i indeksa

	Prosjek	Minimum	Maksimum	Std. devijacija
Oborina(mm)	785,3333	576,0000	956,0000	112,1037
RH	73,8889	70,0000	77,0000	2,3154
PET	859,4444	810,0000	895,0000	29,4623
CMD	303,0000	168,0000	516,000	118,9590

RH-relativna zračna vlaga

PET-potencijalna evapotranspiracija

CMD-klimatski deficit vlage

Tablica 3. Deskriptivna statistika dubina podzemne vode na pjezometarskoj postaji

Piezometar	Prosjek	Minimum	Maksimum	Std. Devijacija
PJ 1	77,0256	66,8300	84,4500	6,12381
PJ 2	95,3489	66,4900	151,5500	27,01964
PJ 3	110,2522	59,3400	145,5700	27,89058
PJ 4	234,9911	132,2100	318,8000	60,69158

Tablica 4. Spearman R korelacija hidroloških čimbenika

Varijabla	Oborina	RH	ET	CMD	Max. V	Sred. V	Min. V	PJ 1	PJ 2	PJ 3	PJ 4
Oborina	1,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
RH	0,53	1,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PET	-0,41	-0,88*	1,00	-	-	-	-	-	-	-	-
CMD	-0,68*	-0,79*	0,63	1,00	-	-	-	-	-	-	-
Max. V	0,66*	0,62	-0,65	-0,85*	1,00	-	-	-	-	-	-
Sred. V	0,71*	0,85*	-0,78*	-0,90*	0,83*	1,00	-	-	-	-	-
Min. V	0,63	0,72*	0,61	-0,96*	0,88*	0,88*	1,00	-	-	-	-
PJ 1	0,56	-0,15	0,08	0,11	-0,25	-0,13	-0,31	1,00	-	-	-
PJ 2	0,60	0,40	-0,65	-0,40	0,50	0,58	0,40	0,68*	1,00	-	-
PJ 3	0,68*	0,80	0,81	-0,48	0,33	0,60	0,46	0,40	0,83*	1,00	-
PJ 4	0,66*	-0,73	0,40	-0,80	-0,48	0,71*	0,76*	0,35	0,78*	0,98*	1,00

* signifikantno na razini $p < 0,05$

Oznake kratica:

RH – relativna zračna vlaga

PET –potencijalna evapotranspiracija

CMD – deficit vlage

Max. V – maksimalni vodostaj

Sred. V – srednji vodostaj

Min. V – minimalni vodostaj

P1, P2, p3, P4 - pjezometri

U tablici 4. je prikazana korelacija različitih oblika vode u nizinskom šumskom ekosustavu. Najveći statistički značajni korelacijski koeficijent je utvrđen između dubine podzemne vode u pjezometrima PJ 3 i PJ 4 (0,98*), a najmanji statistički značajni korelacijski koeficijent je utvrđen između oborina i dubine podzemne vode u pjezometru PJ 4 (0,66*).

5. RASPRAVA

U hidrološkom ciklusu voda se nalazi u različitim oblicima, od tekuće do plinovite faze. Isto tako voda prolazi kroz različite sfere, od atmosfere, površine kopna do vode u podzemlju.

Na osnovu provedenih istraživanja utvrđene su značajne korelacije između atmosferske, površinske i podzemne vode u nizinskom šumskom ekosustavu.

Kod atmosferske vode utvrđene su značajne korelacije između oborine i deficita vlage. Ova korelacija je bila negativna, što znači da povećanjem količine oborina se smanjuje deficit vlage. Kod površinske vode tj. vode u vodotoku, utvrđene su značajne korelacije između maksimalnih, srednjih i minimalnih vodostaja vodotoka. Ove korelacije su očekivano bile pozitivne, što znači da povećanjem jedne od kategorije vodostaja, povećavaju se i druge kategorije vodotoka.

Najveće korelacije ili najveća povezanost je utvrđena između različitih dubina podzemne vode. Ove korelacije su također bile pozitivne, što će reći da se povećanjem ili smanjenjem dubine podzemne vode na jednoj od dubina, povećavaju ili smanjuju dubine podzemne vode i na ostalim razinama (dubinama). Ova činjenica potvrđuje i da se pjezometarska postaja s četiri cijevi nalazi na području istog vodonosnog sloja. Ponekad u tlu mogu biti dva ili više vodonosnih slojeva koji nisu međusobno povezani i tada razine ili dubine podzemne vode u pjezometarskim cijevima ne pokazuju međusobnu povezanost.

Rezultati ovog istraživanja na području Posavine (g.j. "Međustrugovi" potvrđuju rezultate istraživanja (Prpić, 1985) na području Podravine u gospodarskoj jedinici "Repaš" o povezanosti površinskih vodotokova s razinom podzemne vode. Prema (Prpić, 1985), povećanjem vodostaja rijeke Drave, povećavale su se i razine podzemne vode na području nizinskih šuma u gospodarskoj jedinici "Repaš". Ove rezultate potvrđuje i ovo istraživanja na području Posavine gdje je glavni vodotok koji određuje hidrološka obilježja tog područja vodotok Sava. Povećanjem vodostaja vodotoka Sava, povećavale su se i razine podzemne vode u šumama na području gospodarske jedinice "Međustrugovi"

6. ZAKLJUČAK

Na osnovu provedenih istraživanja može se zaključiti

- Povećanjem količina oborina značajno se smanjivao deficit vlage u ekosustavu, povećavali su se maksimalni i srednji vodostaji vodotoka Save te razine podzemne vode.

- Povećanjem relativne zračne vlage, smanjivao se deficit vlage i iznos evapotranspiracije.

- Većim vodostajima vodotoka Sava, značajno se smanjivao indeks deficita vlage u ekosustavu.

- Povećanjem srednjeg i minimalnog vodostaja vodotoka Sava značajno se povećavala razina podzemne vode na većim dubinama u pjezometru PJ 4.

7. LITERATURA

- MONACHUS 2004, KlimaSoft 2.0, www.mrg.hr

- Monachus,2004:KlimaSoft 2.1;www.mrg.hr

- Ondrašek, G., D. Petošić, F. Tomić, I. Mustać, V. Filipović, M. Petek, B. Lazarević, M. Bubalo, 2015: Voda u agroekosustavima. Sveučilište u Zagrebu, Agronomski fakultet, Zagreb, 343 str.

- Perčec Tadić, M., 2010: Gridden Croatian climatology for 1961-1990. Theoretical and Applied Climatology 102: 87-103.

- Perčec Tadić, M., gajić Čapka, M., 2010: Karta srednje godišnje količine oborine za razdoblje 1971-2000. Državni hidrometeorološki zavod.

- Prpić, B., 1985: Studija utjecaja vodne stepenice Đurđevac na šumu Repaš. Šumarski list 109/11-12: 539-551.

- StatSoft, Inc. 2003. STATISTICA for Windows. Tulsa: StatSoft, Inc.

- StatSoft, Inc., 2006., (Electronic Version): Electronic Statistics Textbook. Tulsa, OK: StatSoft. WEB: http://www.statsoft.com/textbook/stathome.html

- SUV,2009;DZS,2009 I 2013

- Šimunić,2013:Uređenje voda.Sveučilište u Zagrebu,Hrvatska Sveučilišna Naklada

- Thornthwaite, C. W., 1948: An Approach Toward a Rational Classification of Climate. Georg. Rew. 38: 55 - 94.

- UNEP(2008). Vital Water Graphic-An Overview of the State of the Worlds Fresh and Marine Waters..2nd Edition.UNEP,Nairobi,Kenya.ISBN: 92-807-2236-0

- URL: www2.arnes.si

- URL: www.web.zpf.fer.hr