

ANALIZA REŽIMA PODZEMNIH VODA NAŠIČKIH NIZINSKIH ŠUMA PRIMJENOM GRASS GIS ALATA

AN ANALYSIS OF GROUNDWATER REGIME OF LOWLAND NAŠICE FOREST AREA BY USE OF GRASS GIS

Ivan PILAŠ¹, Ante SELETKOVIĆ¹

SAŽETAK: U radu su prikazani rezultati mjerenja podzemnih voda na 22 piezometarske postaje u Upravi šuma Našice u razdoblju između 1997–2001. godine. Analiza režima podzemnih voda napravljena je pomoću interpoliranih rastvorskih slojeva srednjih vegetacijskih vodostaja korištenjem GIS Open Source Softwarea – GRASS. Cilj istraživanja bio je iz raspoloživih mjerenja raspoznati generalne zakonitosti prostornog razmještaja podzemnih voda, povezati te spoznaje s općim karakterom tala, strukturnim osobinama šuma, vodotocima te učinkom suše. Utvrđeno je kako:

Šumski prostor nizinskih našičkih šuma možemo podjeliti na dvije osnovne grupe i to: područje šumarije Koška i Đurđenovac sa srednjim vegetacijskim vodostajem oko – 360 cm te područje šumarije Donji Miholjac i Slatina sa srednjim vegetacijskim vodostajem oko – 250 cm.

Postoji povezanost između strukturnih osobina šuma na istraživanom području, pridolaska određenih tipova tala te srednjih vegetacijskih vodostaja podzemne vode

Prosječno visoki vodostaji karakteristični su za područje rijeke Karašice dok su niski vodostaji karakteristični za područje oko rijeke Vučice.

Utjecaj suše najizraženiji je na području šumarije Donji Miholjac, gdje je u 2000. godini utvrđen pad podzemne vode od – 133 cm od petogodišnjeg prosjeka na piezometrima od sedam metara.

Ključne riječi: podzemna voda, monitoring, GRASS GIS

UVOD – Introduction

Osnovni čimbenik koji je utjecao na razvoj nizinskih šumskih staništa u obliku kakvom ona danas postoje je voda u tlu, odnosno podzemna voda. Čirić (1984) podzemnom vodom naziva kontinuelni sloj vode, koji ispunjava sve zemljišne pore i ima pozitivni pritisak. Taj sloj obično se nalazi u dubljim dijelovima soluma tla ili u matičnom supstratu, a njegova gornja granica naziva se razina podzemne vode (Mayer 1989). Voda u tlu osnovni je čimbenik pridolaska šuma hrasta lužnjaka, odnosno vrste koja dominantno zauzima površinu nizinskih šuma. Pojava prekomjernog za-

državanje vode u tlu ostavila je trag i u tlima tih ekosustava, što je dovelo do pojave tala s manjim ili većim prisutstvom hidromorfizma, odnosno redukcijskih procesa. Pedološko-vegetacijski slijed koji su iznijeli Glavač (prema Martinović 2003) te Martinović (2003) potvrđuje kako su hidrološki uvjeti dominantan čimbenik tvorbe tala i vegetacije. Podzemna voda ima ključnu ulogu u razvoju tih staništa, jer utječe na povećanje vlažnosti tala u mjeri koja se ne može nadoknaditi neposredno putem oborina. Međutim, dosadašnje antropogene promjene, ponajprije promjene prirodnog režima poplavnih i podzemnih voda, negativno su se odrazile na stabilnost šuma na tim područjima (Prpić i Anić 2000). U današnje vrijeme

¹ Mr. sc. Ivan Pilaš i mr. sc. Ante Seletković,
Šumarski institut, Jastrebarsko

također je sve više izražen trend opadanja podzemnih voda zbog sve većeg globalnog utjecaja suše, tj nedostatka oborina i zatopljenja. Iz navedenih razloga poznavanje statusa podzemnih voda od velikog je značenja za šumsko gospodarstvo, kojemu je osnovno načelo djelovanja potrajno gospodarenje šumama. Kako bi se stekao uvid u sadašnje stanje podzemnih voda te pratio trend njihovog daljnjeg kretanja na području nizinskih šuma, ustanovljen je monitoring podzemnih voda na piezometarskim stacionarima.

Analiza dosadašnjih rezultata motrenja podzemnih voda poslužila je boljem sagledavanju prilika koje vladaju u tlima tih ekosustava Mayer (1993, 1995, 1996), Mayer i Bušić (1996), Mayer i dr. (1996). Prema Mayeru (1995) vremenski nizovi vodostaja u okviru šumarskog hidropedološkog monitoringa omogućuju bolji nadzor nad količinom, dinamikom i prostornim rasporedom vodnog bogatstva, za što je vrlo prikladno korištenje GIS-a (geografsko informacijskog sustava). Na taj način obrađeni podaci predstavljaju osnovu za daljne interpretacije i u smjeru prosudbi o kritičnim vrijednostima hidroloških parametara važnih za stabilnost nizinskih šuma, kao i kvalitetna podloga kod rasprava i odlučivanja pri planiranju i izvođenju novih vodotehničkih zahvata te za modeliranje i prognoziranje vodnog režima.

Osnovni cilj ovoga rada je pomoću primjene GIS alata analizirati prostorni i vremenski segment vode u tlu, njenu dinamiku kroz petogodišnje razdoblje motrenja na području nizinskih šuma Uprave šuma Našice. Na temelju izrađenih tematskih podloga istražiti će se sljedeće:

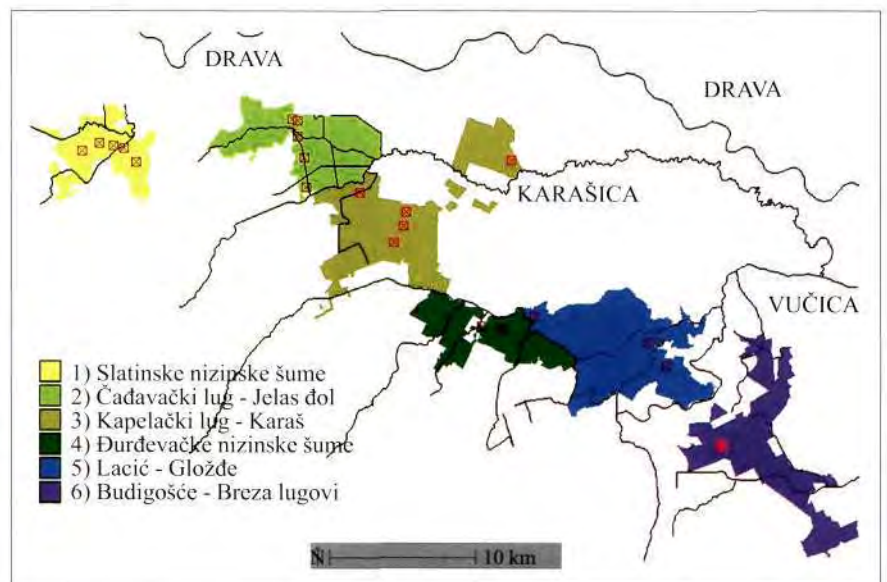
1. Kvantitativne značajke podzemnih voda na mjernim postajama našičkog područja te dati usporedbu s prilikama na drugim područjima obuhvaćenim šumarskim hidropedološkim sustavom motrenja.
2. Varijabilnost podzemnih voda na istraživanom području te prilike nastale kao posljedica sezonskog utjecaja suše.
3. Usporedbom prostornih odnosa tematskih slojeva podzemne vode te glavnih vodotokova (Vučica i Karašica) istražiti njihov regionalni utjecaj na režim vode u tlu u pojedinim dijelovima istraživanog šumskog kompleksa.
4. Širim sagledavanjem osnovnih strukturnih elemenata sastojina pripadajućih gospodarskih jedinica istražiti će se regionalna povezanost između pojave određenih šumskogospodarskih značajki i karakterističnih prilika glede tla i vode u tlu, s ciljem stratigrafije istraživanih šumskih predjela.

MATERIJAL I METODE – Material and methods

Osnovni pokazatelji staništa i klime – Site and climate

Tla na istraživanom području pripadaju odjelu hidromorfni tala, dok je općeniti uvid u tipove moguće utvrditi iz rasporeda pripadajućih pedokartografskih jedinica (Racz i Vidaček 1976, Racz i Bogunović 1976, Racz i Pavlič 1976). Na području šumarije Koška (g.j. Lacić gložde i g.j. Budigošće-breza lugovi) matični supstrat dominantno zastupljenih pseudoglejnih, pseudoglej – glejnih tala te amfikleja, sastavljen je od holocenskih pijesaka (postaje 1 i 2) i lesa (postaje 3, 4, 7, 8) holocenske i pleistocenske ilovine i gline (postaja 6). Na području Đurđenovca (g.j. Đurđanovačke nizinske šume prevladava les te pseudoglej – pseudoglej glej) (postaje 7 i 8). Na području Donjeg Miholjca (g.j. Kapelački lug Karaš postaje 13, 14, 15, 16, 17) matični supstrat dominantno zastupljenih amfiklejnih i hipoglejnih tala uglavnom sačinjavaju holocenske i pleistocenske ilovine i gline, a na području g.j. Čadavački lug – Jelas dol prevla-

davaju pseudoglej, pseudoglej – glej te hipoglej na lesu, pleistocenskim ilovinama te pleistocenskom pijesku. Na području Slatine dominiraju amfiklej (postaje 21 i 22) te hipoglej i pseudoglej – glej (postaje 18, 19 i 20) na pleistocensko holocenskim nanosima. Dre-



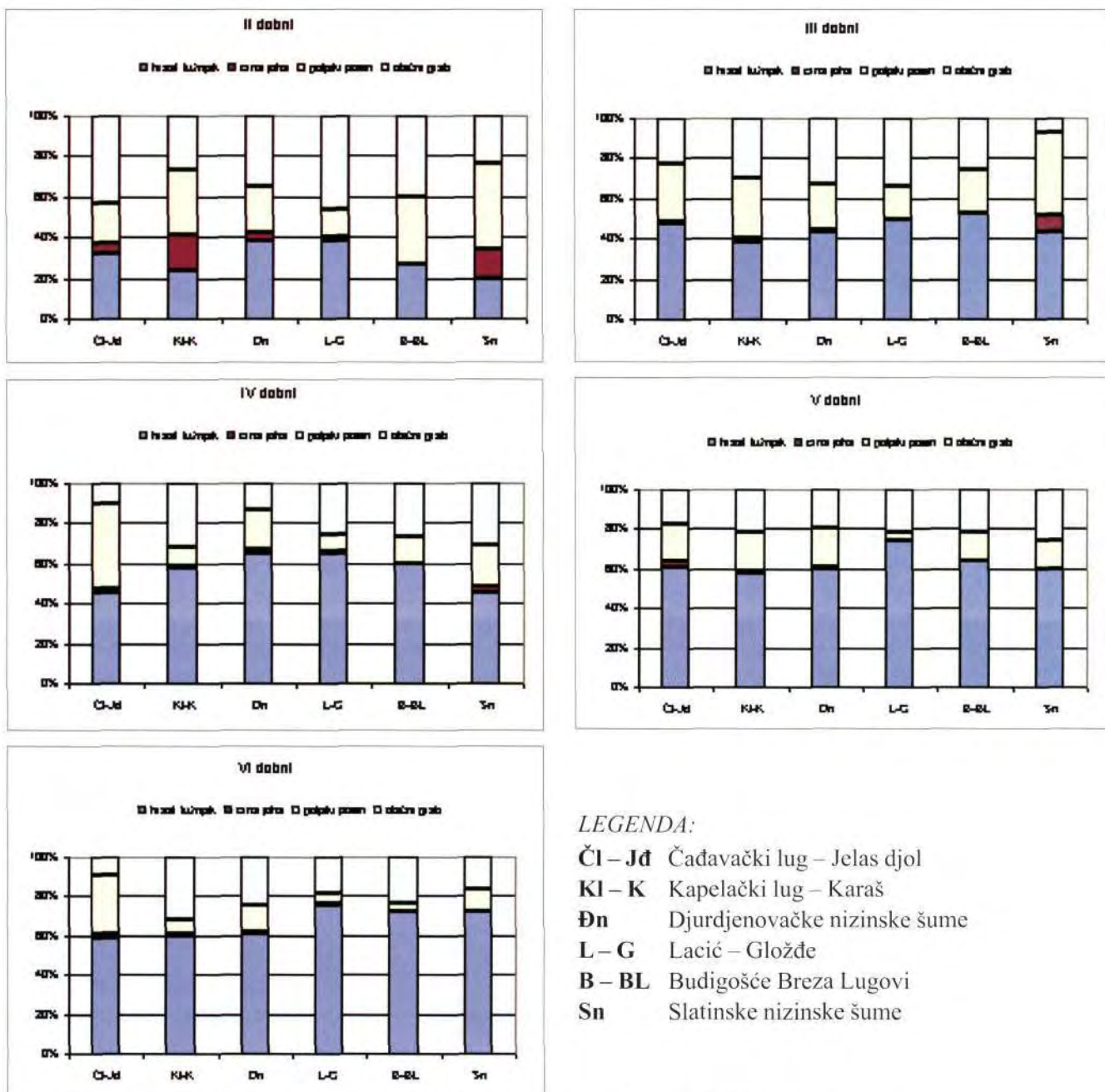
Slika 1. Pregledna karta šumskih predjela, vodotoka i piezometarskih lokacija
Fig. 1. Map of forest areas, rivers and piezometric locations

niranost pripadajućih tala kreće se u rasponu od slabe do umjereno dobre. Za sva navedena tla karakteristični su tipovi prirodnog vodnog režima i to za pseudoglej slabo procjedni povremeno zaustavni, za pseudoglej – glej slabo procjedni povremeno zaustavni podzemni, za hipoglej i amfiglej slabo procjedni odnosno trajnije zaustavni poplavno visoko podzemni (Mayer 1996). Iz dominantno zastupljenih tipova tala na istraživanom području vidljiv je značajan utjecaj prevlaživanja podzemnom vodom na većem dijelu tih staništa.

Sa gledišta hidrogeološke problematike toga područja potrebno je spomenuti kako je vodonosni sloj sastavljen od tri kata koji nisu međusobno povezani, a također je povećan sadržaj finoklastičnih sedimenata

(Mayer 1996 prema Miletiću, Babiću i Urumoviću). Također je u odnosu na ostali nizinski dio Podravine pokrovni sloj ovdje najdeblji i iznosi istočno od Našica preko 30 m.

Općeniti uvid u raspodjelu drvene zalihe služi kao pokazatelj strukturalnih i ekoloških značajki šuma na istraživanom području. Za ovu namjenu korištena je javna baza podataka o šumama (www.hrsume.hr), a na slici 2 prikazan je odnos prosječne zalihe po hektaru po dobnim razredima glavnih šumskih vrsta drveća u pripadajućim gospodarskim jedinicama. Ukupni omjer drvene zalihe prema dobnim razredima ukazuje na najveću zastupljenost hrasta lužnjaka u spomenutim gospodarskim jedinicama. Od ostalih vrsta dominiraju još



Slika 2. Omjer drvene zalihe po hektaru u dobnim razredima – Fig. 2 Volume of wood/ha in different age classes

obični grab, poljski jasen te crna joha. S obzirom na dobne razrede hrast lužnjak je najzastupljeniji u starijim (IV, V i VI), dok se u mlađim dobnim razredima (II, III) taj odnos mijenja u korist običnog graba, poljskog jasena te crne johe. Najveća zastupljenost hrasta lužnjaka je u Đurđanovačkim nizinskim šumama te u Lacić – Gložđu (Šumarija Koška). Najmanja zastupljenost hrasta lužnjaka je u GJ Kapelački lug Karaš i Čađavački lug – Jelas dol (Donji Miholjac) što ukazuje na prevladavanje vlažnijih staništa koje pogoduju crnoj johi i poljskom jasenu te odnosnih šumskih asocijacija i subasocijacija u tim gospodarskim jedinicama. Crna joha je izrazito raširena u mladim sastojinama u Slatinskim nizinskim šumama te Kapelačkom lugu. Zanimljiva je spoznaja kako u Slatinskim nizinskim šumama

postoji nesrazmjer između velikog udjela hrasta lužnjaka u VI dobnom u odnosu prema ostalim gospodarskim jedinicama te najmanjeg udjela hrasta lužnjaka u II dobnom u korist jasena i johe, tako da je tu struktura dobnih razreda najnepovoljnija.

Osnovni klimatski pokazatelji toga područja prikupljeni iz meteoroloških postaja Našice, D. Miholjac i Slatina, pokazuju kako su prosječne godišnje količine padalina mjerene u razdoblju između 1983 – 1992. iznosile 743 mm, 653 mm te 774 mm, dok su vegetacijske 408 mm, 355 mm i 416 mm. Prosječno najviše oborina padne u mjesecu svibnju te neznatno manje u lipnju (Seletković 1996). Srednja godišnja temperatura iznosi 10,5 °C, 11,1 °C i 11 °C, a ostali podaci mogu se naći u radu Seletković (1996).

Metode prikupljanja i obrade podataka – Methods of measurement and data analysis

Monitoring podzemnih voda u UŠ Našice provodi se na 22 piezometarske postaje uz dinamiku mjerenja dva put na tjedan. U ovom radu analizirani su petogodišnji nizovi mjerenja u razdoblju od 1997. do 2001. godine. Hidropedološki stacionari odnosno piezometri sastoje se od četiri baterije cijevi postavljenih na dubinama od 0,5 m, 1,3 m, 2,8 m i 7 m (foto 1) koje su perforirane na određenoj dubini, te pomoću kojih se mjeri hidrodinamički pritisak vode u tom sloju tla odnosno geološkom sloju. Stvarna dubina cijevi veća je nego što je deklarirano zbog taložnika od oko jednog metra dubine koji sprječava njihovo zamuljivanje, tako da je moguće da se dobiju rezultati mjerenja ispod navedenih vrijednosti. Površinske piezometarske cijevi često su korištene u hidropedološkim te hidromelioracijskim mjerenjima te su pokazatelj zadržavanja vode unutar sklopa profila tla, tj. iznad i ispod nepropusnih horizonta, dok je dubinski piezometar (7,0 m) preuzet iz hidrogeološke prakse te se njegove vrijednosti očitavanja uzimaju kao stvarna razina podzemne vode. Čest je slučaj da se u određenim uvjetima (nepropusnost poje-

dinih slojeva, subarteški pritisak itd.) razine vode u cijevima unutar jedne baterije ne podudaraju u potpunosti tako da je kod razmatranja vodnih odnosa potrebno u obzir uključiti sve cijevi, a ne samo dubinsku.

Podaci su unašani i obrađivani u tabličnom kalkulatoru MS EXCEL. Prethodna analiza prikupljenih podataka monitoringa sastojala se u redukciji mjerenja za visinu usta cijevi, čime su dobivene razine vode iskazane od površine terena. Za izračunavanje osnovnih statističkih vrijednosti pojedinačnih piezometara korištene su opcije unutar EXCEL-a, filteri i pivot table. Na taj način obrađeni podaci te njihove koordinate u prostoru prenešeni su u tekstualni procesor i složeni u obliku ASCII fileova kao priprema za daljnju manipulaciju. Za prostornu analizu mjerenja korišten je GRASS GIS (Geographical Resource Analysis Support System) software verzija 5.0 (Neteler i Mitsova 2002) koji pruža izrazito velike mogućnosti rasterskog, vektorskog gis-a kao i analizu slika. Kao podloga korišten je operativni sustav Linux Mandrake 9.2. Za ovu namjenu primijenjena je jednostavna metoda prostorne interpolacije IDW (Inverse distance weighted interpolation), Neteler i Mitsova (2002), pomoću koje su interpolirani vodostaji podzemnih voda u sve četiri dubine. Ova jednostavna deterministička metoda koja je sadržana unutar GRASS paketa, proračunava vrijednosti podzemne vode na nepoznatim lokacijama na temelju prosjeka svih mjerenih vrijednosti, s tim da su veće težine pridodane bližim mjernim postajama.

Pomoću različitih modula unutar GRASS-a izrađeni su sljedeći vektorski, rasterski i lokacijski slojevi:

- vektorski: – gospodarske jedinice
– vodotoci
- lokacijski: – lokacije piezometarskih postaja
- rasterski: – maska (granice gospodarskih jedinica)



Foto 1. Karakterističan vanjski izgled piezometarskog seta u UŠ Našice

Photo 1 Piezometric set in Našice area

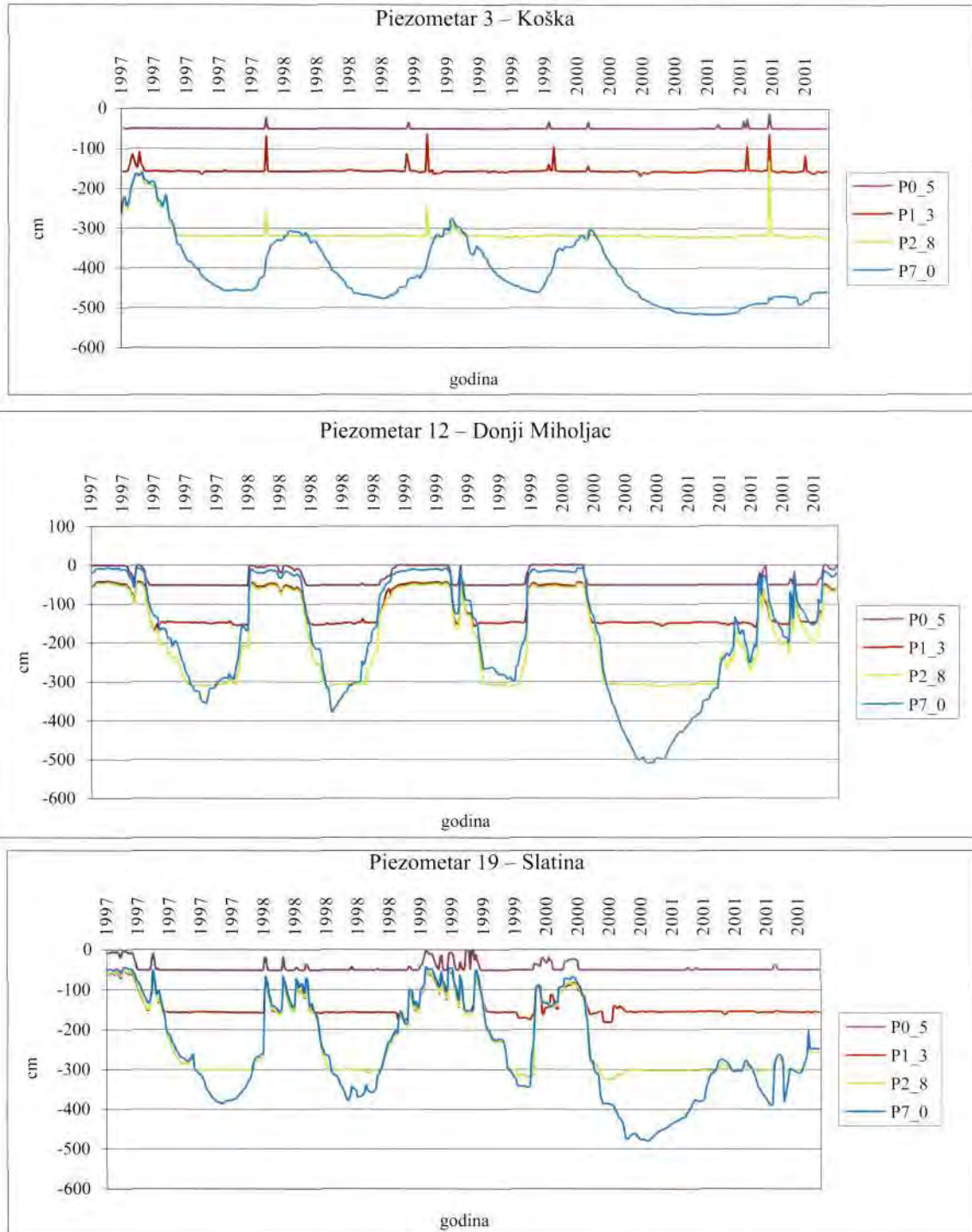
– srednji prosječni vodostaji u vegetaciji i u ekstremno suhoj 2000 god. za piezometre p 0,5 m, p1,5 m, p 2,5 m i p 7,0 m

– slojevi dobiveni rasterskom algebrom oduzimanjem prosječnih vegetacijskih vodostaja od vodostaja u sušnoj 2000.

REZULTATI ISTRAŽIVANJA – Results

Iz dijela nivograma mjerenja podzemnih voda prikazanih na slici 3, može se raspoznati specifičnost njihove dinamike u petogodišnjem razdoblju. Cjelokupan prikaz rezultata mjerenja u obliku osnovnih statističkih

pokazatelja dan je u tablici 1. Na temelju izračunatih srednjih vodostaja u vegetacijskom razdoblju napravljeni su interpolirani slojevi vodnog lica za piezometre na svim navedenim dubinama.



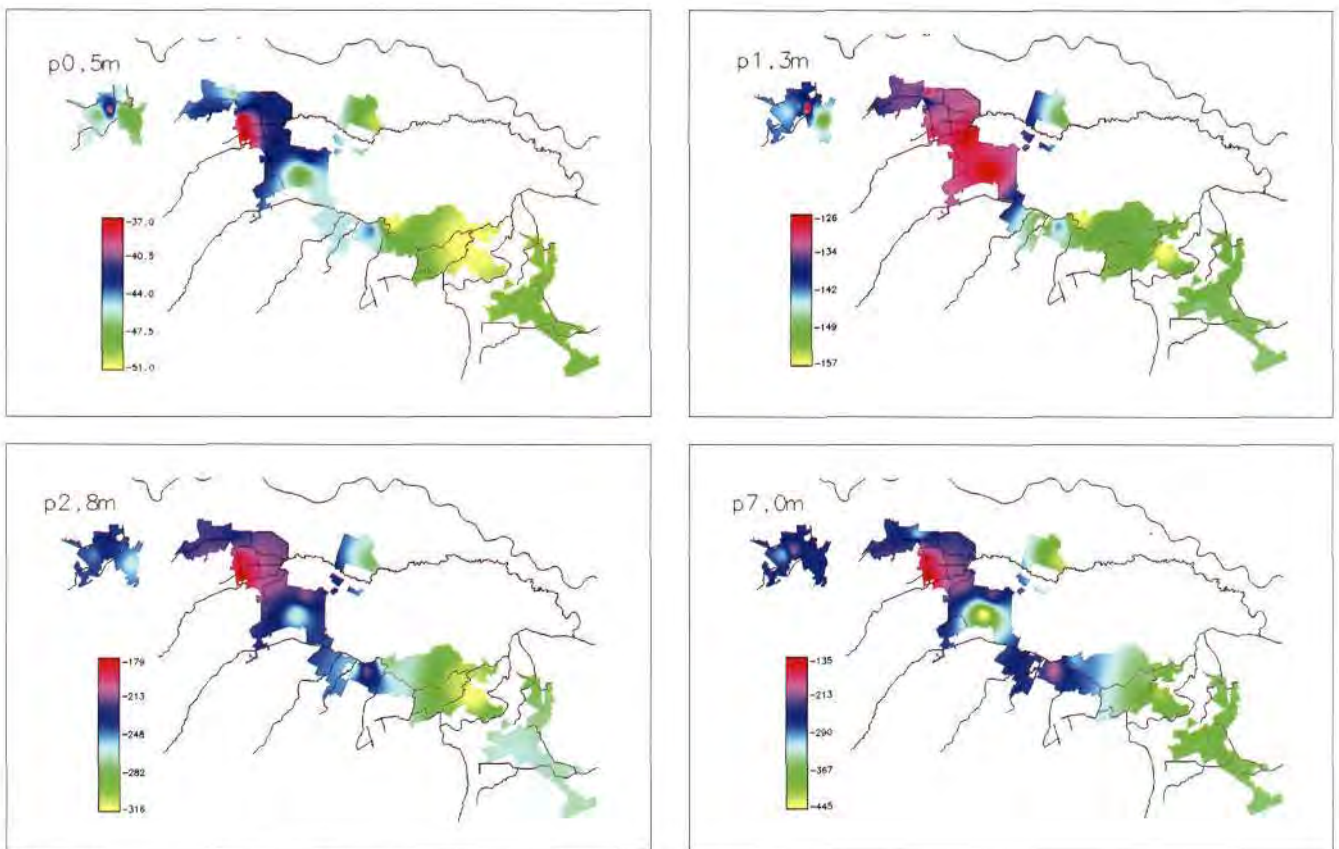
Slika 3. Nivogrami podzemnih voda za petogodišnje razdoblje (1997–2001)

Fig. 3 Groundwater levels in five years period (1997–2001)

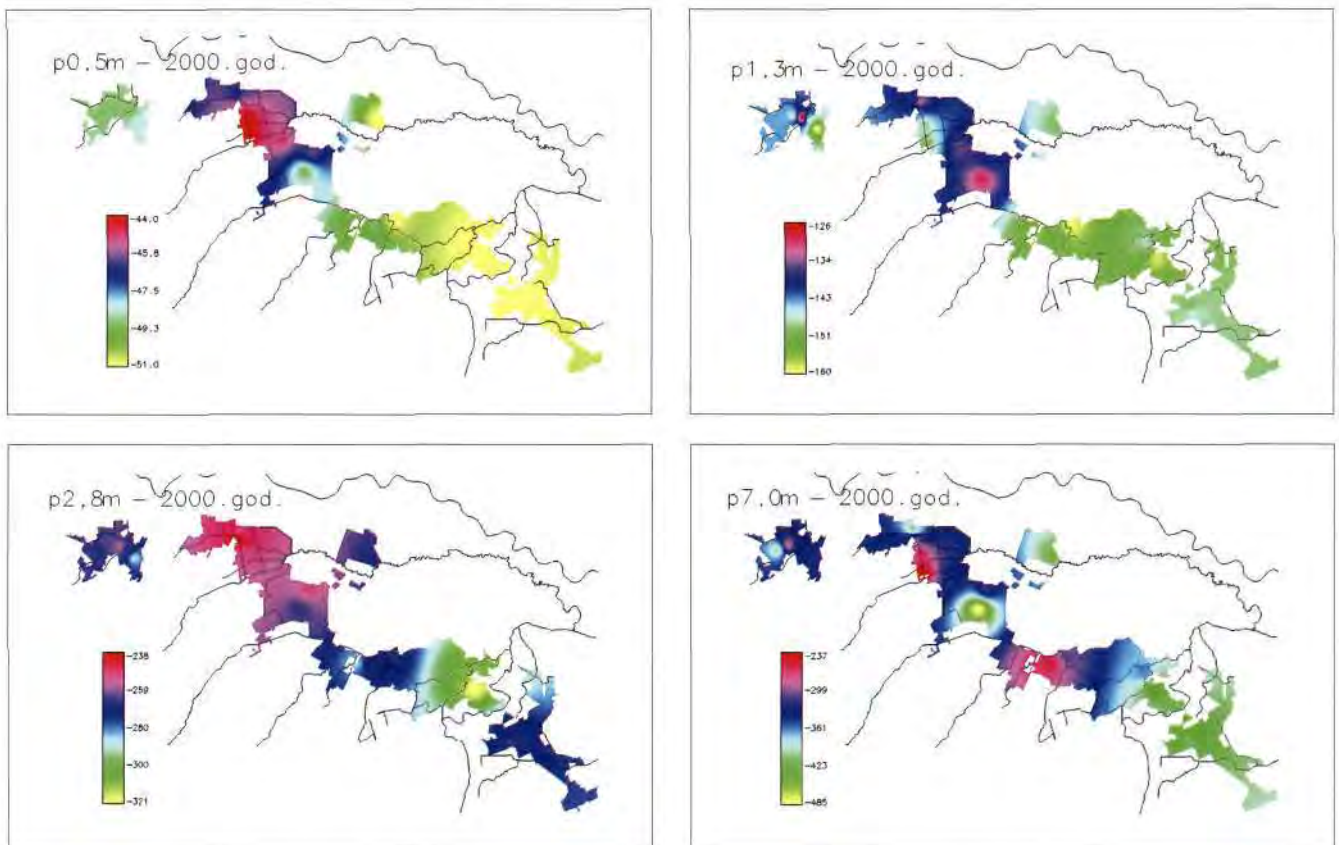
Tablica 1. Osnovni statistički pokazatelji rezultata mjerenja na piezometarskim postajama – Table 1 Statistical data of groundwater

PIEZOMETAR	STATISTIČKI POKAZATELJI GODIŠNJIH RAZINA PODZEMNE VODE – YEARLY MEASUREMENT														
	p 0,5 m			p 1,3 m			p 2,8 m			p 7,0 m					
	sgv	st.dev.	st.pog.	min	st.pog.	min	sgv	st.dev.	st.pog.	min	st.pog.	min	sgv	st.dev.	st.pog.
1	-48,52	8,53	0,40	-53	1,26	-172	-249,21	95,15	4,33	-375	-349,35	183,89	8,37	-684	
2	-49,01	7,88	0,36	-51	1,02	-184	-261,85	87,60	3,97	-417	-398,52	187,82	8,52	-733	
3	-50,55	3,35	0,17	-51	0,52	-170	-312,72	30,58	1,50	-329	-410,13	85,96	4,23	-520	
4	-50,87	1,31	0,07	-51	0,23	-158	-305,62	10,86	0,53	-319	-349,52	52,37	2,58	-431	
5	-49,77	5,11	0,26	-51	0,41	-172	-287,89	23,07	1,14	-329	-302,38	55,55	2,75	-393	
6	-50,53	4,16	0,18	-51	0,21	-162	-278,35	21,11	0,92	-329	-436,39	110,34	4,82	-629	
7	-39,09	18,38	0,81	-51	1,85	-183	-196,14	93,30	4,10	-339	-181,99	87,50	3,84	-332	
8	-41,78	14,19	0,62	-68	1,15	-175	-244,35	65,09	2,86	-318	-233,00	77,50	3,41	-380	
9	-37,42	20,56	0,91	-90	1,96	-165	-186,73	102,59	4,49	-313	-198,14	135,72	5,94	-480	
10	-29,05	24,83	1,24	-51	3,32	-169	-166,83	121,71	6,31	-376	-162,17	148,35	7,69	-499	
11	-45,50	11,36	0,50	-51	0,77	-152	-256,39	48,58	2,12	-346	-438,94	137,67	6,03	-657	
12	-34,28	22,60	0,99	-51	2,00	-165	-185,88	107,97	4,72	-322	-177,00	151,34	6,62	-511	
13	-29,63	24,69	1,08	-53	2,29	-174	-155,58	105,89	4,63	-358	-113,67	105,06	4,60	-354	
14	-27,67	24,56	1,07	-51	2,24	-171	-158,68	106,16	4,65	-351	-125,71	121,46	5,32	-402	
15	-37,16	20,20	0,89	-51	1,98	-167	-180,83	104,27	4,56	-309	-165,95	129,42	5,66	-452	
16	-39,27	18,37	0,80	-51	1,76	-154	-213,04	106,17	4,64	-326	-270,43	164,26	7,18	-562	
17	-43,02	15,18	0,66	-51	1,69	-168	-209,26	104,06	4,55	-351	-289,53	179,97	7,87	-731	
18	-45,21	13,96	0,62	-51	1,26	-182	-241,39	91,52	4,09	-345	-245,06	114,82	5,22	-478	
19	-45,52	12,88	0,58	-51	1,36	-181	-227,02	90,87	4,06	-328	-250,81	126,41	5,65	-480	
20	-45,50	12,72	0,57	-51	1,11	-153	-215,03	85,09	3,81	-313	-228,58	120,84	5,41	-454	
21	-37,79	20,27	0,91	-51	1,52	-175	-201,52	93,12	4,16	-357	-193,99	100,09	4,48	-398	
22	-44,00	14,43	0,65	-51	1,57	-177	-225,08	97,57	4,36	-333	-279,09	155,89	6,97	-576	

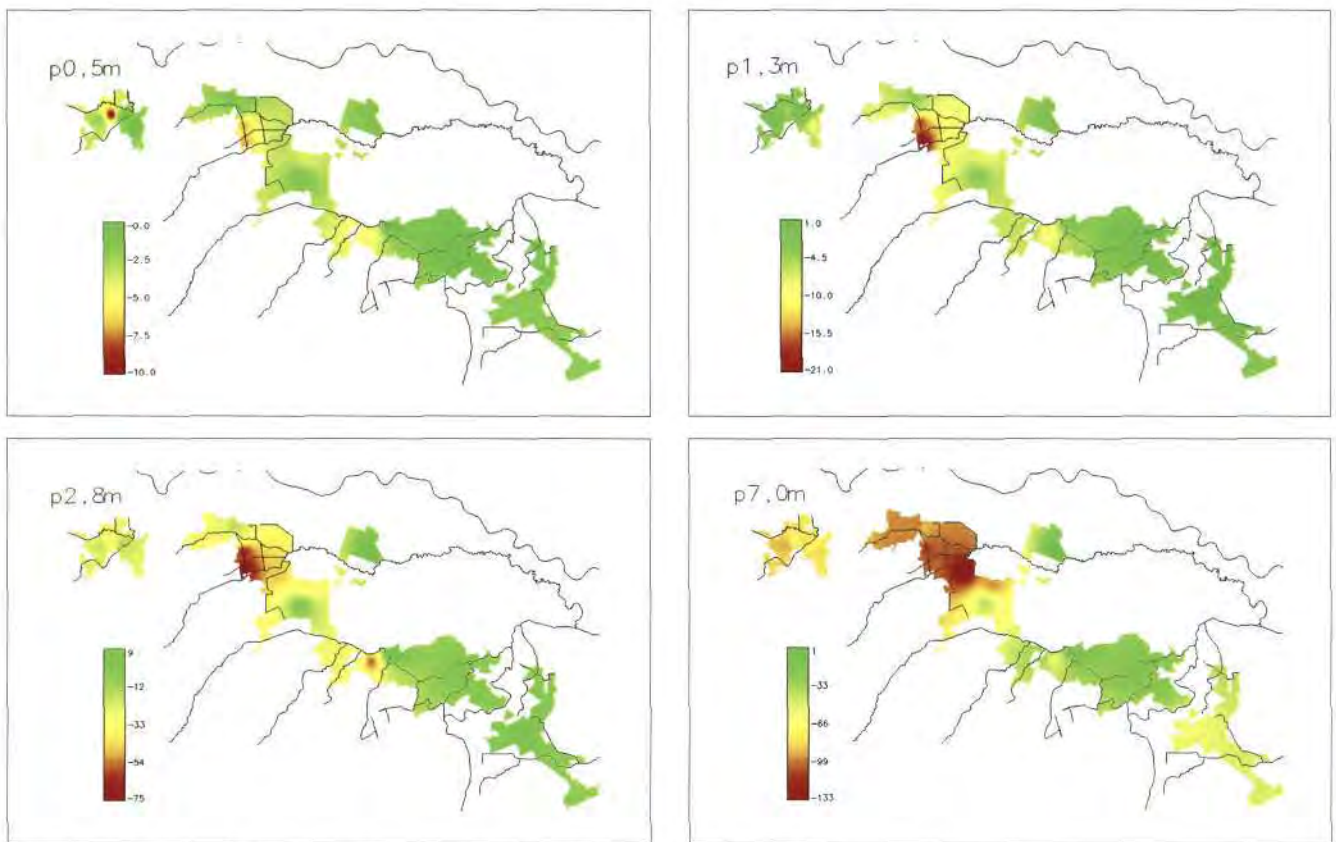
PIEZOMETAR	STATISTIČKI POKAZATELJI VEGETACIJSKIH RAZINA PODZEMNE VODE – VEGETATION SEASON														
	p 0,5 m			p 1,3 m			p 2,8 m			p 7,0 m					
	svv	st.dev.	st.pog.	min	svv	st.dev.	st.pog.	min	svv	st.dev.	st.pog.	min	svv	st.dev.	st.pog.
1	-48,96	8,64	0,51	-51	1,56	-172	-257,68	91,64	5,35	-375	-350,59	166,40	9,72	-634	
2	-49,20	8,08	0,47	-51	1,23	-184	-269,16	86,97	5,06	-417	-399,64	176,81	10,29	-733	
3	-50,58	3,41	0,22	-51	0,50	-170	-316,48	20,99	1,33	-329	-416,37	73,70	4,65	-515	
4	-50,95	0,75	0,05	-51	0,22	-154	-306,79	8,21	0,52	-319	-348,08	46,43	2,93	-422	
5	-50,51	3,36	0,22	-51	0,49	-165	-289,54	19,13	1,20	-329	-298,92	49,66	3,14	-385	
6	-50,31	5,32	0,30	-51	0,33	-162	-276,41	26,98	1,54	-329	-422,56	121,80	6,96	-629	
7	-43,77	15,59	0,90	-51	2,12	-183	-215,16	85,42	4,91	-337	-198,07	78,78	4,53	-330	
8	-44,93	11,86	0,68	-51	1,05	-168	-260,43	57,16	3,29	-317	-237,09	66,50	3,83	-363	
9	-42,42	18,02	1,03	-90	2,25	-165	-213,09	93,87	5,37	-305	-220,57	126,69	7,25	-480	
10	-29,06	27,11	1,77	-51	4,70	-169	-177,73	125,06	8,65	-376	-171,33	146,58	10,14	-432	
11	-48,14	8,34	0,48	-51	0,60	-152	-263,39	41,00	2,34	-346	-444,86	123,42	7,06	-650	
12	-41,75	17,98	1,03	-51	2,21	-165	-209,56	97,79	5,59	-322	-205,01	143,92	8,23	-511	
13	-37,09	22,82	1,31	-53	2,92	-174	-179,69	104,82	6,00	-358	-135,16	103,47	5,92	-354	
14	-36,86	22,19	1,27	-51	2,67	-171	-187,02	101,25	5,80	-351	-153,04	115,94	6,65	-402	
15	-43,87	15,33	0,88	-51	2,06	-167	-211,55	91,35	5,23	-309	-190,82	116,66	6,68	-452	
16	-44,48	14,19	0,81	-51	1,83	-154	-234,33	92,75	5,30	-326	-294,72	147,90	8,46	-562	
17	-46,74	11,31	0,65	-51	1,77	-168	-228,66	93,60	5,35	-351	-309,84	163,16	9,33	-645	
18	-47,64	10,67	0,62	-51	1,24	-182	-262,97	79,32	4,62	-345	-260,99	105,34	6,31	-474	
19	-47,92	10,10	0,59	-51	1,39	-181	-247,65	80,16	4,67	-328	-271,57	113,05	6,58	-480	
20	-47,67	9,90	0,58	-51	1,03	-153	-238,93	76,02	4,43	-313	-248,49	107,66	6,28	-454	
21	-38,61	19,72	1,15	-51	1,56	-172	-223,16	82,75	4,82	-357	-204,83	87,68	5,10	-397	
22	-47,46	9,84	0,57	-51	1,69	-177	-248,30	84,75	4,93	-333	-303,77	138,12	8,04	-576	



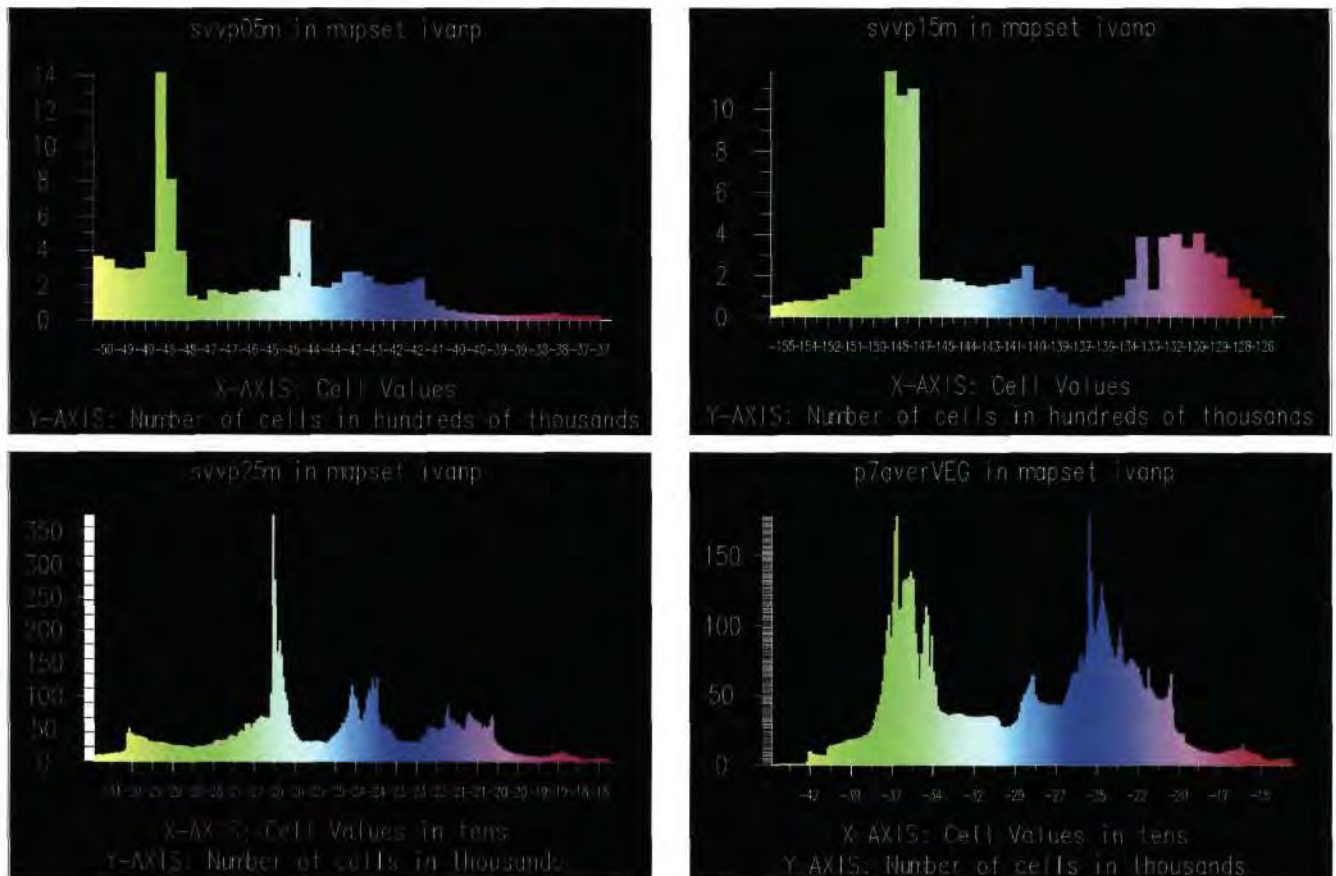
Slika 4. Srednje vegetacijske razine podzemne vode u petogodišnjem razdoblju
 Fig. 4 Average vegetation groundwaterlevels in five years period



Slika 5. Srednje vegetacijske razine u ekstremno suhoj 2000. godini
 Fig. 5 Average vegetation groundwaterlevels in dry 2000



Slika 6. Opadanje srednjih razina podzemne vode u sušnoj 2000. godini od petogodišnjeg prosjeka u vegetaciji
 Fig. 6 Groundwater decrease in dry 2000 from five years average



Slika 7. Histogrami raspodjele vodostaja na interpoliranim rasterskim slojevima
 Fig. 7 Histograms of groundwater distribution on raster maps

Analiza interpoliranih slojeva srednjih petogodišnjih vodostaja izvedena je pomoću histograma, koji prikazuju odnos broja elementarnih jedinica (pixela) rasterskih slojeva veličine 5 x 5 m na određenim dubinama podzemne vode (slika 5). Iz histograma je uočljivo kako je distribucija slojeva dvo i višemodalna, što nam može poslužiti kao osnova za razgraničenje područja prema dominantnoj srednjoj vegetacijskoj razini podzemne vode. Prema srednjoj dubini podzemne vode na dubinskim cijevima od sedam metara jasno se

mogu razlučiti dva područja, i to područje šumarije Koška i dio šumarije Đurđenovac na kojima je srednji vodostaj u vegetaciji iznosi oko – 360 cm, dok u šumarijama Donji Miholjac i Slatina srednji vodostaj iznosi oko – 250 cm. Piezometri na manjim dubinama, a pogotovo površinski pokazuju puno veću heterogenost, što je posljedica izrazito velikih varijacija vode u tlu koje nastaju kao posljedica velikog broja čimbenika kao što su mikroreljef, fizikalna svojstva tala, sastojinske prilike, hidromelioriranost itd.

RASPRAVA – Discussion

Petogodišnja stacionarna istraživanja režima podzemnih voda nizinskih šuma Našičkog područja pomoću piezometarskih cijevi po numeričkim dubinama te njihova prostorna analiza primjenom GIS alata predstavljaju osnovne hidrološke podloge, pomoću kojih je moguće steći uvid u stanje podzemnih voda, njihovu antropogenizaciju, te pratiti promjene vezane za utjecaj djelovanja suše u pojedinim godinama. Usporedimo li utvrđene vrijednosti vodostaja podzemnih voda u ovome radu s do sada objavljenim istraživanjima, možemo utvrditi kako je na području Našičkih šuma kvantitativan sadržaj vode u tlu manji u odnosu na komplekse nizinskih šuma koji su do sada obrađeni unutar monitoringa podzemnih voda. Razlike su pogotovo vidljive usporedimo li vrijednosti vegetacijskih vodostaja našičkog područja s rezultatima mjerenja u posavskom dijelu hrvatske, odnosno na šumskim kompleksima pokupskog bazena, Turapoljskog luga, Česme, Bolčanskog i Varošskog luga (Mayer 1993, Mayer 1995, Mayer 1996, Pilaš 2002). Osim općenitih razlika u tipovima vodnih režima rijeka Save i Drave koji je u prvom slučaju kišno-sniježni, a u drugom glacijalni te koji ponajprije uvjetuju specifične razlike glede sezonske dinamike podzemne vode, različitosti u vegetacijskim razinama podzemne vode posljedica su manjeg ili većeg procijeđivanja pokrovnih slojeva koja je na primjer u slučaju pretaloženih prapornih naslaga našičkog područja umjerena, dok je na šumskim kompleksima posavskog dijela bitno umanjena, što je pri regionalizaciji Posavine, Podravine i Pokuplja prema brzini procijeđivanja površinske vode obradio Mayer (1996).

Osim utvrđenih različitosti na široj razini promatranja, interpolirane vrijednosti srednjih vegetacijskih razina pokazuju i određene specifičnosti unutar šumskog kompleksa našičkih šuma. Iz navedenih odnosa tlo, voda u tlu i vegetacija, možemo u nešto grubljim razmjerima spoznati smjer pridolaska pojedinih stanišnih tipova šuma na istraživanom području. Hidrološke GIS podloge pokazuju kako na nizinskom području našičkih šuma prosječno niske razine podzemne vode prevladavaju u šumskim predjelima Lacić Gložđe, Budi-

gošće-Breza lugovi te u Đurđenovačkim nizinskim šumama (prosječno oko – 360 cm). Na području Donjeg Miholjca i Slatine dolazi do pojave prosječno viših vodostaja podzemne vode (– 250 cm). Iz priloženih taksacijskih parametara te pripadajućih pedokartografskih jedinica toga područja, vidljivo je kako na područjima s prosječno višom razinom podzemne vode dolaze u većini slučajeva tla s izraženijim hidromorfnim karakterom tj. močvarna glejna amfoglejna te hipoglejna tla, a na području šumarije Koška te Đurđenovac pseudoglej i pseudoglej-glej. Uvidom u raspored drvene zalihe po hektaru na tim staništima također možemo povući vezu između odnosa zaliha glavnih vrsta drveća prema tlu i podzemnoj vodi. Tako na području gospodarskih jedinica u šumariji Koška i Đurđenovac veće je učešće hrasta lužnjaka u ukupnom omjeru vrsta, dok je u gospodarskim jedinicama na području Donjeg Miholjca i Slatine povećana relativna zastupljenost poljskog jase na te crne johe, tj. vrsta prilagođenijih vlažnijim stanišnim uvjetima. Ovakav prostorni sklad glavnih vrsta drveća, tala te podzemne vode, upućuje upravo na važnost vode u tlu kao osnovnog čimbenika stratigrafije tipova nizinskih šuma.

Sa šumsko-uzgojnog stajališta utvrđene vrijednosti podzemne vode te priloženih tipova tala pokazuju kako je nedostatak vode u tlu glavni čimbenik koji djeluje na uspjeh provođenja različitih zahvata njege i pomladivanja. Izostanak epiglejnih tala na tom području pokazuje kako prilikom izvođenja oplodnih sječa ne dolazi do pretjeranog površinskog zamočvarivanja te zakorovljenja kao što je slučaj u šumama na posavskom dijelu. Veća pozornost treba se posvetiti održavanju pravilne strukture šumskih sastojina kroz radove njege radi postizanja optimalne strukture koja će omogućiti trajnu stabilnost i produktivnost šuma, uzimajući u obzir sve izraženiji manjak vode na tim staništima.

Promatramo li vremensko gledište vode u tlu, npr. kod pojave izrazito sušnih prilika kakve su prevladavale u 2000. godini, možemo utvrditi kako postoji nejednolikost u kvantitativnom utjecaju suše na razine podzemnih voda na istraživanom području. U 2000. godini najveći pad podzemne vode promatrano od petogodiš-

njeg prosjeka zabilježen je na području šumarije Donji Miholjac u tamošnjim šumskim kompleksima. Pad podzemne vode od – 10 cm u površinskom piezometru pa do – 133 cm u dubinskom, upućuje na velik gubitak vode u tlu koji višestruko nadmašuje prosječne količine oborina u vegetaciji. S obzirom na relativno visoke razine podzemne vode u normalnim uvjetima koje su pogodovale plicem zakorijenjivanju hrasta lužnjaka i poljskog jasena (Prpić 1996) možemo utvrditi kako takav iznimno velik pad podzemne vode izrazito stresno djeluje na tamošnje sastojine, što kao posljedicu može uzrokovati trajnu pojavu sušenja u tim šumskim kompleksima. Ovakve prilike možemo djelimično pripisati i hidromelioracijskim zahvatima na šumskom području oko rijeke Karašice koji djeluju na povećanu drenažu staništa, što se najizrazitije očitovalo u uvjeti-

ma sušne godine, a također se ne može isključiti niti posredan utjecaj rijeke Drave na dinamiku podzemnih voda u zaobalju, na što bi trebalo u budućim istraživanjima obratiti pozornost.

Iako ne možemo na osnovu petogodišnjih nizova govoriti o trendu kretanja podzemnih voda, možemo na osnovu raspoloživih klimatskih podataka (Bonacci 1993) utvrditi kako je trend oborina na tom području u opadanju, što će doprinijeti smanjenju vode u tlu, te će i pojava sve izraženijih klimatskih ekstrema biti učestalija. Dugoročno, problemi vezani uz sve izraženiju pojavu suše imat će posljedice na potrajnost te produktivnost naših nizinskih šuma, što će zahtijevati veći angažman struke i znanosti pri umanjuju posrednih i neposrednih šteta.

ZAKLJUČAK – Conclusion

Analizom rezultata piezometarskih mjerenja na području nizinskih šuma Uprave šuma Našice utvrđene su vrijednosti srednjih vegetacijskih razina podzemne vode od – 37 do – 51 cm u piezometrima od 0,5 m, od – 126 do – 157 cm u piezometrima 1,3 m, od – 179 do – 316 cm u piezometrima 2,8 m te od – 135 do – 445 cm u dubinskim piezometrima od 7 m.

Prostornom interpolacijom te analizom podataka mjerenja, najniži vodostaji podzemnih voda u vegetacijskom periodu utvrđeni su na području šumarije Koška u gospodarskim jedinicama Lacić – Gložđe i Budigošće – Breza lugovi te u šumariji Đurđenovac u Đurđanovačkim nizinskim šumama, oko – 360 cm, a najviši u šumarijama Donji Miholjac i Slatina u gospodarskim jedinicama Kapelački lug – Karaš, Čadavački lug – Jelas Đol te Slatinskim nizinskim šumama, oko – 250 cm.

Niski vodostaji podzemne vode utvrđeni su na okolnom području rijeke Vučice, dok su viši vodostaji na području Karašice. Uslijed djelovanja suše, u ekstremno suhoj 2000. godini na području rijeke Karašice,

(GJ Kapelački lug – Karaš) utvrđen je pad podzemne vode u rasponu od – 10 cm u površinskom piezometru pa do – 133 cm u dubinskom, što je vrlo nepovoljno s gledišta stabilnosti tamošnjih šumskih ekosustava. Ovakve razlike mogu biti rezultat izvedenih hidromelioracijskih zahvata na tom području, ali i posljedica promjena režima podzemnih voda vezanih uz režim vodostaja rijeke Drave, što bi trebalo u idućim istraživanjima potvrditi.

Grubljim prostornim sagledavanjem sastojinskih prilika, vode u tlu te dominantnih pedokartografskih kategorija tala, moguće je uočiti njihovu regionalnu povezanost. Međuodnosi između tih promatranih parametara potvrđuju dominantnu ulogu vode u tlu pri stratigrafiji tipova nizinskih šuma na tom području, dok prikupljeni piezometarski podaci podzemnih voda predstavljaju dobru osnovu za daljnje raščlanjenje te problematike, s ciljem učinkovitijeg gospodarenja nizinskim šumama.

ZAHVALA – Acknowledgment

Ovim putem autori se zahvaljuju svim djelatnicima Uprave šuma Našice koji surađuju u programu piezo-

metarskog monitoringa na predanom prikupljanju podataka, s ciljem daljnje plodonosne suradnje.

LITERATURA – References

- Bonacci, O., 1993: Identifikacija suše i borba protiv nje. Okrugli stol o suši, zbornik radova, 1–20, Zagreb.
- Martinović, J., 2003: Gospodarenje šumskim tlima u Hrvatskoj. Šumarski institut Jastrebarsko, Hrvatske šume, 521, Jastrebarsko.
- Mayer, B., 1996: Hidrološka problematika osobito s gledišta površinskog dijela krovine. Hrast lužnjak u Hrvatskoj, HAZU, Hrvatske šume: 55–71, Vinkovci-Zagreb.
- Mayer, B., 1989: Ekološki značaj režima podzemnih i površinskih voda za nizinske šume pokupskog bazena. Doktorska disertacija, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 317. Zagreb.
- Mayer, B., 1993: Proces osnivanja šumarskog hidro-pedološkog informacijskog sustava (ŠHPIS) na

- osnovu monitoringa podzemnih i površinskih voda u Kupčini, Varoškom lugu, Česmi i Turo-poljskom lugu. Radovi, vol. 28, br. 1: 171–184, Jastrebarsko.
- Mayer, B., 1995: Podzemne i površinske vode u nizinskoj šumi Turo-poljski lug u razdoblju 1989. – 1993. godine. Rad. Šum. Inst. Vol. 30 (1): 47–74, Jastrebarsko.
- Mayer, B., 1996: Hidropedološki odnosi na području nizinskih šuma pokupskog bazena. Rad. Šum. Inst. Vol. 31 (1/2): 37–89, Jastrebarsko.
- Mayer, B., G. Bušić, 1996: Utjecaj kolebanja podzemnih i površinskih voda na promjenjivost širine godova i sušenje hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.) u Varoškom lugu, Česmi, Bolčanskom lugu. HŠD, Znanstvena knjiga 1: Unapređenje proizvodnje biomase šumskih ekosustava: 313–326, Zagreb.
- Neteler, M., H. Mitasova, 2002: Open source GIS: A GRASS GIS approach. Kluwer Academic publishers: 434, Boston, Dordrecht, London.
- Pilaš, I., B. Vrbek, 2001: Istraživanje utjecaja hidroloških promjena i hidrotehničkih zahvata na tjednu dinamiku radijalnog prirasta hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.) u Varoškom lugu. Znanost u potrajnom gospodarenju hrvatskim šumama, znanstvena knjiga, 353–366, Zagreb.
- Prpić, B., 1996: Propadanje šuma hrasta lužnjaka. Hrast lužnjak u Hrvatskoj, HAZU, Hrvatske šume: 274–298, Vinkovci-Zagreb.
- Prpić, B., I. Anić 2000: The influence of climate and hydro-technical developments in the stability of the peduncled oak (*Quercus robur* L.) stands in Croatia. Glas. šum. pokuse 37: 229–240, Zagreb.
- Ratz, Z., M. Bogunović, 1976: Pedološka karta SFRJ 1: 50 000, Donji Miholjac 3. Projektni savjet za izradu pedološke karte SRH.
- Ratz, Z., Pavlič, 1976: Pedološka karta SFRJ 1: 50 000, Podravska Slatina 4. Projektni savjet za izradu pedološke karte SRH.
- Ratz, Z., Ž. Vidaček, 1976: Pedološka karta SFRJ 1: 50 000, Donji Miholjac 4. Projektni savjet za izradu pedološke karte SRH.
- Seletković, Z., 1996: Klima lužnjakovih šuma. Hrast lužnjak u Hrvatskoj, HAZU, Hrvatske šume: 71–82, Vinkovci-Zagreb.

SUMMARY: This paper presents the results of measurements of groundwater levels on 22 piezometric stations located in northeastern Croatia i.e. area of Našice. The analysed measurement results were collected during a period of five years, 1997–2001. The data were obtained by measurements taken two times a week on piezometric stations consisting of four piezometers at various depths; 0,5 m; 1,3 m; 2,8 m and 7,0 m; in addition, the pressure head was monitored. The predominant soils in the area under consideration are hydromorphic mostly gleysols on Pleistocene loams and clays and gleic luvisol on loess. The pedunculate oak, field ash and black alder forest types are the most common in the area. The main aims of research were to analyze the quantitative aspect of groundwater through the use of GIS and to compare these results with results obtained by measurements of groundwater status in other forest complexes of lowland forests in Croatia. The effect of intense seasonal drought in 2000 on the groundwater table and the regional behavior of groundwater regime in accordance of two rivers situated in the Nasice forest complex, the Karasica and Vucica Rivers, were also analyzed. Furthermore, the main structural characteristics of forest stands in the area were compared according to the estimated difference in groundwater regime. The analysis was performed with the aid of GRASS (Geographical Resource Analysis Support System) GIS open source software. The sites were interpolated by IDWA (Inverse distance weighted averages). Some elementary raster map algebra was also performed in order to estimate the groundwater decline during the drought season from five years average. Further analysis was undertaken in the form of histograms of interpolated groundwater raster layers.

According to the distribution of elementary cells in raster maps, two groundwater regimes were distinguished. One characteristic forest area was ascertained in Koška and Đurđenovac, with an average groundwater level of -360 cm, and a second characteristic forest area in Donji Miholjac and Slatina, with an average groundwater level of around -250cm. Relatively high groundwater levels are characteristic for the region surrounding the Karašica River, and relatively low for the area surrounding the Vucica River. A relationship was also found between the structural characteristics of forest stands on the area under consideration, related soil types and the groundwater regime. The drought period in 2000 was significant especially in area of Donji Miholjac, with a decline of the groundwater table of -133 cm from five years average.

Key words: groundwater, monitoring, GRASS GIS

SKICA BATERIJE PIEZOMETARA NA JEDNOJ VODOMJERNOJ LOKACIJI
(STACIONARU) U NIZINSKIM ŠUMAMA U.Š. NAŠICE (1994)

