



Sveučilište u Zagrebu

PRIRODOSLOVNO-MATEMATIČKI FAKULTET
BIOLOŠKI ODSJEK

Aleksandra Kočić

**UTJECAJ STANIŠNIH UVJETA NA
DINAMIKU RAZVOJA MAKROFITA U
VODOTOCIMA NIZINSKOG DIJELA
HRVATSKE**

DOKTORSKI RAD

Zagreb, 2013.

Ovaj je doktorski rad izrađen na Odjelu za biologiju Sveučilišta Josip Juraj Strossmayer u Osijeku pod vodstvom prof. dr. sc. Svena Jelaske u sklopu Sveučilišnog poslijediplomskog dokorskog studija Biologije pri Biološkom odsjeku Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, a u sklopu znanstvenog projekta Ministarstva znanosti, obrazovanja i sporta Republike Hrvatske „Nutrienti i razvoj plutajućih makrofita i alga u Istočnoj Hrvatskoj” (285-0000000-3175) voditeljice prof. dr. sc. Janje Horvatić.

Ovaj rad posvećen je prof. dr. sc. Mariji Đurkić,
osobi zbog koje još uvijek vjerujem...

Zahvaljujem mentoru prof. dr. sc. Svenu Jelaski na strpljenju, podršci, stalnoj brizi, razgovorima i svim sugestijama prilikom čitanja doktorskog rada. Veliko hvala prof. dr. sc. Janji Horvatić na ugodnoj suradnji i poticajnoj radnoj atmosferi, na brizi i podršci tijekom svih godina nastajanja ovog doktorskog rada, na iscrpnom iščitavanju, ispravljanju i korisnim savjetima prilikom pisanja. Zahvaljujem prof. dr. sc. Toniju Nikoliću na pomoći u trenucima kada sam ju najviše trebala, kao i korisnim sugestijama prilikom čitanja doktorskog rada. Posebice hvala prof. dr. sc. Jasenki Topić na dugogodišnjem mentorstvu, ogromnom entuzijazmu, brizi i podršci, na ustupljenoj literaturi i pomoći prilikom određivanja makrofita. Veliko hvala svima vama, bila mi je čast biti vaš učenik.

Zahvaljujem djelatnicima Ekološkog laboratorija Vodovoda Osijek i Laboratorija za zdravstvenu ekologiju Zavoda za javno zdravstvo "Sveti Rok" u Virovitici na suradnji i napravljenim kemijskim analizama, kao i djelatnicima Parka prirode Lonjsko polje na pomoći i ugodnoj pratnji tijekom dijela terenskog istraživanja. Zahvaljujem djelatnicima Državnog hidrometeorološkog zavoda na ustupljenim podacima s meteoroloških postaja korištenim u ovom radu.

Zahvaljujem djelatnicima Odjela za biologiju Sveučilišta Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, članovima Zavoda za biokemiju i ekofiziologiju biljaka, a posebno kolegicama dr. sc. Vesni Peršić, Martini Varga, prof. i Veri Tikas, dipl. ing., na dugim razgovorima, poticajnoj radnoj atmosferi i pomoći prilikom laboratorijskih analiza korištenih u ovom radu.

Posebno hvala doc. dr. sc. Tomislavu Henglu što mi je otvorio vrata u svijet znanosti i što je vjerovao kada nitko nije. Suradnja s njim bila mi je i čast i zadovoljstvo.

Veliko hvala mojim najdražima, Petri i Zlatku zbog kojih se isplatilo proći i sve dobro i sve loše i koji svemu na ovom svijetu daju smisao.

Na kraju, zahvaljujem svima koji nisu spomenuti, a koji su na bilo koji način pomogli u nastanku ovog rada...

Sveučilište u Zagrebu
Prirodoslovno - matematički fakultet
Biološki odsjek

Doktorski rad

**UTJECAJ STANIŠNIH UVJETA NA DINAMIKU RAZVOJA MAKROFITA U
VODOTOCIMA NIZINSKOG DIJELA HRVATSKE**

ALEKSANDRA KOČIĆ

Odjel za biologiju, Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku

Utjecaj stanišnih uvjeta na dinamiku razvoja makrofita praćen je tijekom 2007., 2008. i 2009. godine na 75 lokaliteta u tri dijela nizinske Hrvatske s razvijenom mrežom vodotoka: Baranja, Lonjsko polje i sliv rijeke Bosut. Prema prikazanom sastavu makrofita i stanišnih uvjeta identificirana su područja s većom raznolikošću makrofita i većom koncentracijom nutrijenata. Na područjima s poljoprivrednom proizvodnjom i redovito održavanim plićim vodotocima utvrđen je razvoj amfibijskih i kopnenih vrsta. U slivovima s većim udjelom naselja i većom koncentracijom nutrijenata razvijene su slobodno-plivajuće vrste. U dubokim vodotocima s većom prozirnošću vode razvijene su submerzne vrste. Amfibijske i kopnene vrste dominirale su u sušnom razdoblju, a slobodno-plivajuće vrste u razdoblju veće količine oborina i visokih vodostaja. Povećana koncentracija nutrijenata, kompetitivna prednost i ostali stanišni uvjeti utjecali su na sezonsku izmjenu dominantnih vrsta.

(126 stranica, 38 slika, 9 tablica, 163 literaturna navoda, jezik izvornika je na hrvatskom jeziku)

Ključne riječi: korištenje zemljišta, makrofiti, prostorne skale, prostorna, vremenska dinamika

Mentor: dr. sc. Sven Jelaska, izvanredni profesor

Ocjenjivači: dr. sc. Janja Horvatić, izvanredni profesor
dr. sc. Sven Jelaska, izvanredni profesor
dr. sc. Toni Nikolić, izvanredni profesor

BASIC DOCUMENTATION CARD

University of Zagreb
Faculty of Science
Division of Biology

Doctoral thesis

INFLUENCE OF HABITAT CONDITIONS ON MACROPHYTE GROWTH DYNAMICS IN CROATIAN LOWLAND WATERCOURSES

ALEKSANDRA KOČIĆ

Department of Biology, Josip Juraj Strossmayer University of Osijek

The influence of habitat conditions on macrophyte growth dynamics was monitored during 2007, 2008 and 2009 on 75 sites in watercourses of three regions in lowland Croatia: Baranja, Lonjsko polje and Bosut River Basin. The areas with higher species richness and elevated nutrient conditions were indicated according to species composition and habitat conditions. In catchments with highly agricultural land use with shallow, maintained watercourses and anthropogenic disturbance development of amphibious and terrestrial species were recorded. The spread of free-floating species were associated with higher urban land use and higher nutrient concentrations. Submerged aquatic vegetation was found in deeper watercourses with the higher transparency. Amphibious and terrestrial macrophytes have been dominated during drought conditions and free-floating species during rainy periods of high water. Seasonal changes of dominate species were controlled by nutrient enrichment, competitive advantages and other habitat conditions.

(126 pages, 38 figures, 9 tables, 163 references; original in Croatian)

Keywords: land use, macrophytes, spatial scales, spatial variation, temporal variation

Supervisor: Sven Jelaska, Ph.D., Associate Professor

Reviewers: Janja Horvatić, Ph.D., Associate Professor
Sven Jelaska, Ph.D., Associate Professor
Toni Nikolić, Ph.D., Associate Professor

SADRŽAJ

1. Uvod	1
1.1. Cilj istraživanja	6
2. Materijali i metode	7
2.1. Područje istraživanja	7
2.2. Uzorkovani lokaliteti	22
2.3. Uzorkovanje makrofita	25
2.4. Regionalni čimbenici	28
2.4.1. Prilagodba digitalnog modela reljefa	28
2.4.2. Hidrološka analiza digitalnog modela reljefa	31
2.4.3. Pokrovnost zemljišta u slivu područja	32
2.5. Lokalni stanišni uvjeti	34
2.6. Statistička obrada podataka	35
3. Rezultati	39
3.1. Prikaz sastava makrofita i stanišnih uvjeta	39
3.1.1. Prikaz stanišnih uvjeta na istraživanom području	39
3.1.2. Prikaz sastava makrofita na istraživanom području	43
3.2. Utjecaj stanišnih uvjeta na sastav makrofita	46
3.2.1. Ukupno područje istraživanja	46
3.2.2. Baranja	48
3.2.3. Sliv rijeke Bosut	50
3.2.4. Lonjsko polje	52
3.3. Utjecaj stanišnih varijabli različitih prostornih razina (lokalne i regionalne) na sastav makrofita	54
3.4. Prostorna i vremenska dinamika makrofita i stanišnih uvjeta između godina istraživanja	57
3.4.1. Prostorna i vremenska dinamika stanišnih uvjeta između godina istraživanja	60
3.4.2. Prostorna i vremenska dinamika sastava makrofita između godina istraživanja	64

3.5. Sezonska dinamika makrofita i stanišnih uvjeta	68
3.5.1. Sezonska dinamika stanišnih uvjeta	69
3.5.2. Sezonska dinamika sastava makrofita	75
4. Rasprava	79
5. Zaključci	92
6. Popis literature	94
7. Prilozi	110
Prilog 1. Sastav makrofita po lokalitetima	110
Prilog 2. Popis korištenih kratica mjerenih stanišnih uvjeta	124
8. Životopis	125

1. UVOD

Makrofiti čine važan sastavni dio većine vodenih ekosustava. Okosnica su međudjelovanja riba, beskralješnjaka, ptica močvarica, planktona, bakterija ali i kemije voda i sedimenta (Alexander i sur., 2008). Uzmemo li u obzir da rastu u bliskom kontaktu s vodom koja ih okružuje i sedimentom u kojem su ukorijenjene, prisutnost makrofita kao i njihov sastav na određenom staništu direktan su pokazatelj okolišnih uvjeta (Brönmark & Hansson, 1998). U procjeni ekološkog statusa voda značaj makrofita vrlo je velik, jer osim što su pokazatelji trofije ekosustava, njihov sastav odraz je i vremenskih promjena. Uzmemo li u obzir trendove eutrofikacije koji se događaju u vodotocima upravo su vodena staništa s antropogenim utjecajem pokazatelji budućih promjena u sastavu makrofitske vegetacije. Kako bi se makrofitske vrste mogle koristiti kao indikatori okoliša i kako bi mogli predvidjeti utjecaj promjena okoliša na sastav i rasprostranjenost makrofita, potrebno je dobro poznavati odnose makrofita i staništa. Utvrđivanje odnosa otežano je stalnim vremenskim i prostornim promjenama u florističkom sastavu uzrokovanim promjenama u uvjetima staništa i kompeticijom između biljaka. Stoga je nužno poznavanje utjecaja fizikalnih i bioloških čimbenika na sastav makrofita i njihovu sezonsku i prostornu dinamiku (Edwardsen & Økland, 2006).

Prema dosadašnjim istraživanjima, čitav je niz stanišnih čimbenika koji utječu na dinamiku razvoja makrofitske vegetacije. U sastavu makrofita rijeka ključna je brzina strujanja vode (Haury, 1996; Daniel i sur., 2006, Franklin i sur., 2008) koja često prelazi značaj svih ostalih stanišnih uvjeta. Uz nju se kao ključni čimbenici javljaju mehaničko održavanje vodotoka; izmuljivanje i košnja (Baattrup-Pedersen i sur., 2002, Riis & Sand-Jensen, 2006), vrsta podloge (Baattrup-Pedersen & Riis, 1999), dubina i širina vode (Riis i sur., 2001), sezonski i dnevni režim vodostaja te broj i trajanje poplava (Janauer, 2001). U stajaćim vodama i jezerima u sastavu makrofita ključne su količina svjetla dostupna makrofitima (Chambers, 1987; Bini i sur., 1999), količina nutrijenata (Chambers, 1987) i biološke interakcije (Jones & Sayer, 2003).

Uspješnost kolonizacije makrofita ovisna je o učestalosti poplava. Ulazak i razvoj makrofita relativno je spor te je potreban duži hidrološki stabilan period kako bi se iz propagula razvili makrofiti (Biggs 1996, Wilby i sur., 1998, Riis & Biggs, 2003, Riis i sur., 2008). Nakon što se zajednice makrofita razviju, brzina strujanja vode postaje glavni regulator sastava i pokrovnosti

makrofita (Barko & Smart, 1986, Chambers i sur., 1991, Riis & Biggs, 2003) pri čemu su veća pokrovnost i raznolikost povezane s niskom i srednjom brzinom strujanja vode dok je pri većem strujanju razvoj makrofita ograničen (Madsen i sur., 2001). Brzina strujanja i protok vode zbog povećane vučne sile direktno utječu na mehaničko oštećenje biljke ili čak njeno iskorijenjivanje (Riis & Biggs, 2003). Indirektno utječu na promijene karakteristika sedimenta, izmijenu plinova i nutrijenata i kompeticiju. Porastom brzine strujanja vode znatno se smanjuje raznolikost makrofita pri čemu opstaju samo vrste sposobne oduprijeti se protoku vode, a zbog smanjene dostupnosti otopljenih tvari u vodi smanjuje se i fotosintetska aktivnost i korištenje nutrijenata (Madsen i sur., 2001).

Ograničena dostupnost svjetlosti također dovodi do smanjenog razvoja makrofita, a može biti uzrokovana lokalnim efektima zasjene, zamuljenošću, rastom epifita (Hilton i sur., 2006), prisutnošću obalne vegetacije (Wright i sur., 2003) ili drugih submerznih vrsta.

Najpoznatiji kompeticijski odnos koji utječe na dinamiku makrofita interakcija je sa zajednicama epifitskih algi (Barko & Smart, 1986; Wilby i sur., 1998, Riis & Biggs, 2003; Hilton i sur., 2006), pri čemu se alge akumuliraju na površini listova makrofita, ograničavaju uzimanje ugljika i potiskuju rast zasjenom površine biljaka. Epifiti mogu uzrokovati drastično ograničenje rasta makrofita, čak i u jezerima s dovoljnom količinom svjetla, a samim odnosom upravljaju brzina strujanja vode i koncentracija nutrijenata. Veća koncentracija nutrijenata može dovesti do ograničenja rasta ili čak potpunog nestanka makrofita zbog razvoja fitoplanktona (Scheffer i sur., 1993; Mainstone & Parr, 2002; Declerck i sur., 2005; Bornette & Puijalon, 2011) ili do dominacije plutajućih vrsta u zajednicama makrofita. Smatra se da u plitkim jezerima u slučaju porasta koncentracije fosfora dolazi do potpunog nestanka makrofita uslijed razvoja fitoplanktona. Međutim, pri istoj koncentraciji fosfora u mezotrofnim i eutrofnim jezerima, plitka jezera mogu biti zamućena s dominantnim fitoplanktonom ili relativno prozirna s dominantnim makrofitima (Scheffer i sur., 1993) tako da je ovaj odnos još uvijek nejasan. Za razliku od koncentracije fosfora za visoku koncentraciju nitrata se zna da dovodi do dominacije slobodno-plivajućih makrofita i uzrokuje malu raznolikost vrsta (James i sur., 2005; Barker i sur., 2008).

Tijekom prošlog stoljeća, pod utjecajem intenziviranja poljoprivrede, širenja naselja i zagađivanja voda, došlo je do velikih promijena u kemijskom sastavu slatkovodnih ekosustava

(Carpenter i sur., 1998) što je dovelo do promijena u sastavu makrofita i nestajanja submerznih vrsta (Riis & Sand-Jensen, 2001).

Ljudska aktivnost utječe na slatkovodne ekosustave kroz različite prostorne razine, od mehaničkog održavanja vodotoka na lokalnoj razini do promijena korištenja zemljišta unutar sliva, promijena krajobraza, a sve to dovodi do promijena u hidrologiji i kemiji voda (Allan 2004, Pedersen & Friberg, 2009). Većina se istraživanja slatkovodnih ekosustava temelji na manjim prostornim razinama (lokalitet, stanište) dok su ona na većim prostornim razinama (krajobraz, regija) daleko rjeđa (Gibson i sur., 2004; Kuprijanov i sur., 2011). Čak i kada ovakve analize postoje, češće su uključene u istraživanja fizikalnih i kemijskih procesa u vodotocima (hidrologija, dinamika sedimenta, nutrijenti) nego u biološka istraživanja (Gomi i sur., 2002, Benda i sur., 2004; Lowe i sur., 2006). Prema hijerarhijskoj teoriji fizikalne su osobine staništa i sastav zajednica na malim prostornim razinama ograničene čimbenicima šireg prostora pa je tako biološka zajednica prisutna na određenom lokalitetu proizvod serije procesa koji se odvijaju na razini staništa, regije i kontinenta. Pri tome je svaka pronađena vrsta morala proći sve ove filtere kako bi potencijalno opstala na nekom lokalitetu (Poff, 1997; Townsend i sur., 2003; Johnson i sur., 2007).

Upravo je razvoj Geografskih informacijskih sustava (GIS) omogućio dobivanje odgovora na daleko složenija pitanja o povezanosti različitih prostornih razina pa su i sve brojnija istraživanja u kojima se osim lokalnih karakteristika vodotoka uzima u obzir i utjecaj prostorne strukture mreže rijeka na kvalitetu voda i sastav makrofita. Rezultati istraživanja pokazuju da važan utjecaj na kvalitetu vode i rasprostranjenost makrofita imaju veličina slivnog područja (Demars & Harper, 2005, Demars & Edwards, 2009), različite kategorije korištenja zemljišta u slivu (Feld, 2004; Johnson i sur., 2007; Cheruvellil & Soranno, 2008), pa čak i duljina kanala u kategorijama korištenja zemljišta sliva (Ecke, 2009), a pretpostavlja se da svi oni utječu na raznolikost i sastav makrofita kroz kvalitetu vode (Guisan & Zimmerman, 2000; Ecke, 2009). Prema istraživanju Stephenson & Morin (2009) korištenje zemljišta djeluje kroz više prostornih razina. Na razini cijelog sliva utječe na koncentraciju nutrijenata i hidrologiju a na lokalnoj razini na temperaturu vode i karakteristike supstrata. Prema tome, u vodenim ekosustavima istraživanja provedena na lokalnoj razini uvijek sadrže djelovanje širih prostornih razina koje je generalno nepoznato, a očituje se ako ni u čemu drugom onda kroz hidrologiju (Cooper i sur., 1998).

Korištenje zemljišta često se procjenjuje za područje cijelog sliva, iako je poznato da dijelovi bliži vodotoku imaju veći utjecaj na njegov ekosustav od udaljenijih dijelova sliva. Strayer i sur. (2003) opisuju različite prostorne perspektive. Za procjenu povećanog utjecaja krajobraza u blizini vodotoka uzimaju obalni koridor i lokalno područje s korištenjem zemljišta na različitim udaljenostima od vodotoka i oko uzorkovanog lokaliteta. Vrlo često se malo zna o prostornim razinama na kojima stanišni uvjeti imaju najveći utjecaj na sastav zajednica. Prema Holland i sur. (2004) jedan od načina procjene utjecaja prikladne prostorne razine je da se korištenjem različitih razina odredi ona koja najbolje odgovara modelu. Cijeli ovaj proces otežava činjenica da povezanost staništa i biotičkih čimbenika vidljiva na široj prostornoj razini na manjim razinama može nestati ili se zamijeniti utjecajem bioloških procesa (Kuprijanov i sur., 2011). Naime, poznato je da na regionalnoj razini glavni utjecaj imaju abiotički dok na lokalnoj i abiotički i biotički čimbenici. Prema Wiens (2002) problem prostornih razina u slivovima rijeka nastao je zbog razlika u vremenu (sezonske, epizodne poplave ili suše), u prostoru (struktura krajobraza) i između organizama (veličina, mobilnost, trofička uloga i slično).

Glavni čimbenici odgovorni za smanjenje biološke raznolikosti u slatkovodnim ekosustavima su promijene staništa, zagađenost, ulazak invazivnih vrsta i preveliko iskorištavanje (Abramowitz, 1996), među kojima su najvažnije promijene staništa. Pedersen i sur. (2006) navode da često održavanje vodotoka utječe na održavanje ranog stupnja sukcesije (Sand-Jensen, 1989; Baatrup-Pedersen & Riis, 1999) pri čemu su važne osobine makrofita na takvim staništima brzi rast, sposobnost rasprostiranja na velike udaljenosti i kratak životni ciklus (Baatrup-Pedersen i sur., 2002, Riis & Sand-Jensen, 2006). Baatrup-Pedersen i sur. (2002) utvrdili su da redovito košenje tijekom godine objašnjava ukupno smanjenje raznolikosti vrsta u vodotocima Danske. Čak i kada je ukupna pokrovnost makrofita jednaka u održanim i neodržanim vodotocima, biološka raznolikost daleko je veća i prostorna rasprostranjenost makrofita zakorijenjenih na dnu vodotoka je heterogenija u neodržanim vodotocima (Baatrup-Pedersen & Riis, 1999).

Unutar poplavnog područja drenažom se smanjuje raznolikost staništa, dolazi do promijene hidroloških uvjeta zbog kojih se mijenja prirodna vegetacija močvara. U Danskoj je kontinuirano čišćenje i košnja kao rezultat meliorizacija dovelo do smanjenja razlika između nizinskih vodotoka (Riis & Sand-Jensen, 2001; Baatrup-Pedersen i sur., 2002). Moreira i sur. (1999) navode da je dugotrajno održavanje vodotoka i eutrofikacija voda dovela do smanjenja

raznolikosti zajednica makrofita i promijena prema dominaciji brzo-rastućih vrsta prilagođenih čestim košnjama i homogenijim staništima pa su takva staništa postala značajna u invaziji vrsta. Prema istraživanjima Pysek & Prach (1993) udio unesenih alohtonih vrsta daleko je veći u nizinskim poplavnim područjima nego u brdskim što je pokazatelj osjetljivosti ovakvih područja prema invazijama. Razlog je tome što u poplavnom području isti uvjeti koji podržavaju veliku biološku raznolikost (poplave, prijenos propagula, dostupnost vode) povećavaju i vjerojatnost dolaska invazivnih vrsta (Pysek & Prach, 1993; Tockner & Stanford, 2002).

Proces prelaska pridošle vrste u invazivnu često uključuje fazu mirovanja, nakon čega slijedi faza ekspanzije dok vrsta ne dosegne granice rasprostranjenosti (Tockner & Stanford, 2002) pa je vrlo teško predvidjeti ponašanje unesenih vrsta. Staništa izložena promijenama često u početku imaju povećanu raznolikost kao rezultat invazije eurivalentnim vrstama koje nadoknađuju potencijalni nestanak stenovalentnih vrsta. Kako bi se ovi procesi mogli uočiti na vrijeme potrebno je poznavati prirodne procese, iako, zbog mogućnosti da je ljudski utjecaj već trajno promijenio prirodno stanje vrlo teško za određene mehanizme sa sigurnošću možemo tvrditi da predstavljaju prirodne procese (Nogues-Bravo i sur., 2008).

Prirodna su poplavna područja među biološki najproduktivnijim i najraznolikijim ekosustavima na zemlji ali i globalno među najugroženijim. Tockner & Stanford (2002) navode da zbog degradacije poplavnih područja dolazi do brzog smanjenja biološke raznolikosti slatkovodnih ekosustava. U zemljama u razvoju, preostala prirodna poplavna područja ubrzano nestaju prvenstveno kao rezultat promijena u hidrologiji. Također navode da vodene i amfibijske vrste žive u krajnje fragmentiranim staništima pa se tijekom slijedećih desetljeća može očekivati dramatično izumiranje mnogih populacija, čak i u slučaju kada su poplavna područja zaštićena (Tockner & Stanford, 2002). Promijene su staništa najvažniji uzročnici izumiranja vrsta (Vitousek i sur., 1997), a uključuju degradaciju prirodnog krajobraza i promijene vodnog režima. U poplavnim područjima promijene u hidrologiji utječu na promijene u toku rijeke, širinu, trajanje i frekvenciju inundacije poplavnog područja.

Neka su geografska područja i staništa manje zastupljena u istraživanjima što zbog nedostatka istraživača (Jelaska i sur., 2003) što zbog pristranosti istraživača prema mjestima koja su lako dostupna ili su od posebnog interesa (zaštićena područja), pa do mjesta koja su atraktivnija, stanište su rijetkim vrstama ili su visoke biološke raznolikosti. Ovo stanje prisutno je i u

Hrvatskoj i u svijetu (Knollová i sur., 2005). U Hrvatskoj su vodena staništa s antropogenim utjecajem rijetko istraživana, iako na njima nalazimo čitav niz rijetkih, zaštićenih i ugroženih biljnih vrsta (Hulina, 1998). U svijetlu nestanka velikih poplavnih riječnih kompleksa mnogi autori naglašavaju zaštitnu vrijednost drenažnih kanala koji podržavaju razvoj rijetkih vrsta (Ferreira & Moreira, 2000; Caffrey i sur., 2006; Hulina, 1998) te su sve više mjesta znanstvenog interesa pri proučavanju biljaka. Uzmemo li u obzir trendove eutrofikacije koji se događaju u vodotocima upravo su vodena staništa s antropogenim utjecajem pokazatelji budućih promjena u sastavu makrofitske vegetacije pa je njihovo istraživanje ključno u predviđanju takvih promjena. Budući da su upravo nizinska područja pod najsnažnijim antropogenim utjecajem, s različitim stupnjevima eutrofikacije i najrazvijenijom mrežom vodotoka odabrani su vodotoci nizinskog dijela Hrvatske kako bi se utvrdio utjecaj stanišnih uvjeta na dinamiku razvoja makrofita.

1.1. Cilj istraživanja

Cilj istraživanja ovog rada bio je:

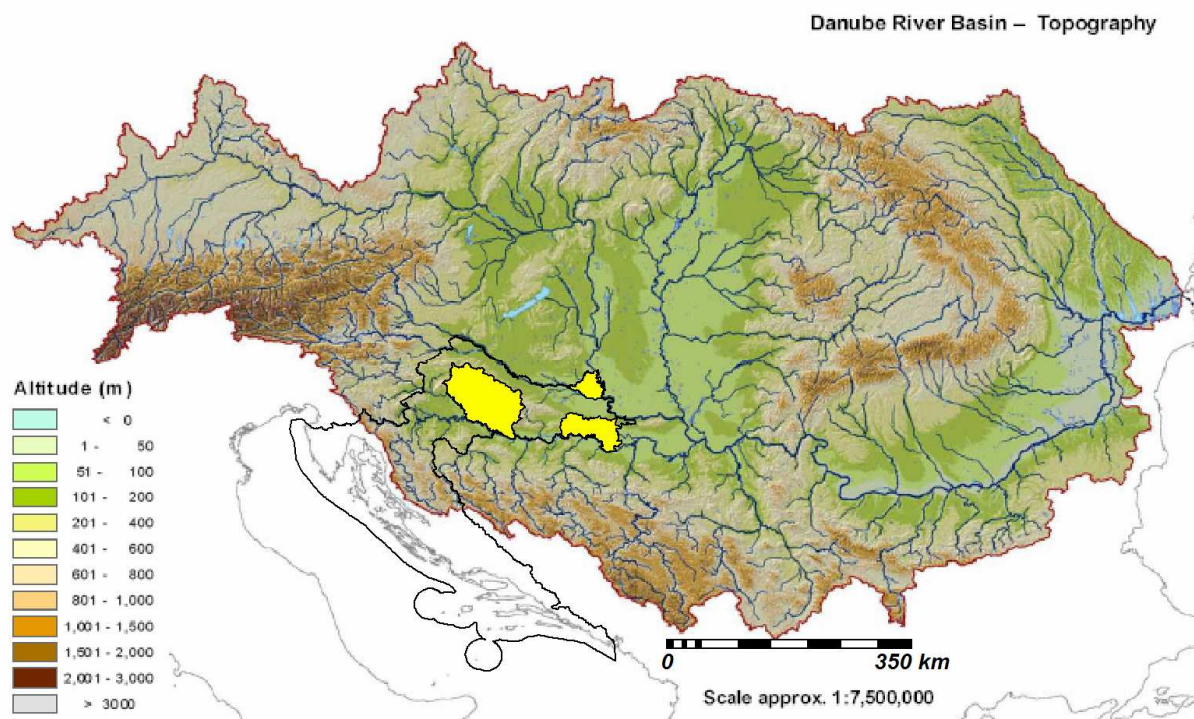
- Prikazati sastav makrofita i uvjeta staništa na istraženom području
- Utvrditi utjecaj stanišnih uvjeta na sastav makrofita
- Usporediti utjecaj stanišnih varijabli različitih prostornih razina (lokalne i regionalne) na sastav makrofita, te utvrditi njihovu međusobnu povezanost
- Utvrditi prostornu i vremensku dinamiku pokrovnosti makrofita i stanišnih uvjeta između ljeta 2007., 2008. i 2009. godine
- Utvrditi sezonsku dinamiku tijekom proljeća i ljeta 2008. i 2009. godine.

2. MATERIJALI I METODE

2.1. Područje istraživanja

Sliv rijeke Dunav drugi je najveći sliv u Europi i veličine je 801 463 km². Sama rijeka, duljine 2780 km, izvire u Srednjoj Europi u podnožju Schwarzwalda u Njemačkoj na visini od oko 1000 m n.m., proteže se preko Jugoistočne Europe i ulijeva u Crno more.

Među najvećim podslivovima su slivovi rijeke Save (95 719 km²) i Drave (41 238 km²), ulijevaju se na području srednjeg toka Dunava na 1382. rkm (Drava) i 1170. rkm (Sava) od ušća Dunava (ICPDR, 2005).



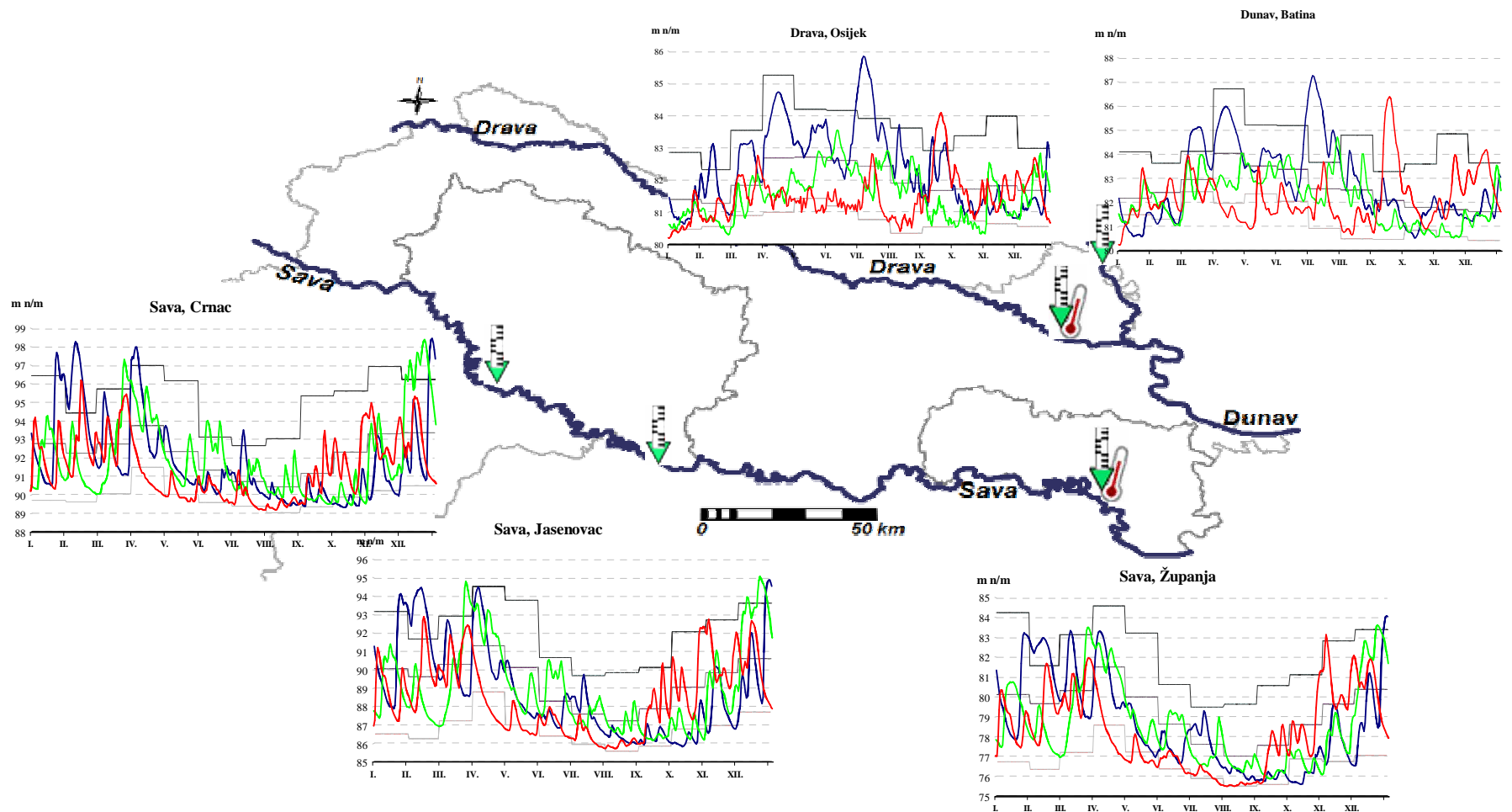
Slika 1. Položaj područja istraživanja (žuto) i Republike Hrvatske u slivu rijeke Dunav. Topografija sliva rijeke Dunav preuzeta iz Vogt i sur., 2007a.

U Hrvatskoj Dunav ima osobine srednjeg toka za koje je karakteristično meandriranje, stvaranje ada i bočna erozija. Režim voda Dunava pokazuje nivalno-pluvijalne značajke (Slika 2), na čije kretanje najveći utjecaj imaju alpski pritoci. U godišnjem hodu vodostaja javljaju se dvije visoke vode, u proljeće i rano ljeto. Proljetni maksimum uzrokovan je otapanjem snijega u nižim dijelovima gornjeg toka, a ranoljetni otapanjem snijega i leda u najvišim dijelovima Alpa i

ciklonalnim kišama karakterističnim za taj dio godine. Područje istraživanja nalazi se na dva velika podsliva Dunava, Savi i Dravi.

Rijeka Drava izvire u Južnim Alpama u Italiji, a u Dunav utječe u Hrvatskoj na području Baranje. Ima kišno-ledenjački vodni režim i karakterizira ga mala vodnost zimi i velika u proljeće i početkom ljeta. Najmanji se protoci Drave javljaju u siječnju i veljači, dok se velike vode javljaju u svibnju, lipnju i srpnju uslijed otapanja snijega i leda i pojave godišnjih maksimuma oborina. Za razliku od Dunava, Drava ima tri maksimuma u godišnjem vodostaju (Slika 2). Prva dva kao i kod Dunava pojavljuju se u proljeće i rano ljeto, dok se treći sporedni, maksimum javlja u jesen kao odraz mediteranskoga kišnog režima u dijelu njezina izvorišnog područja. Rijeka Drava na području istraživanja ima karakteristike nizinske rijeke. Do Osijeka meandrira, a nizvodno od grada je mirnijeg toka s prevladavajućim akumulacijskim procesima. Često se vremenski poklope visoke vode Drave i Dunava, pa dolazi do uspora voda na Dravi na njezinu toku kroz Baranju.

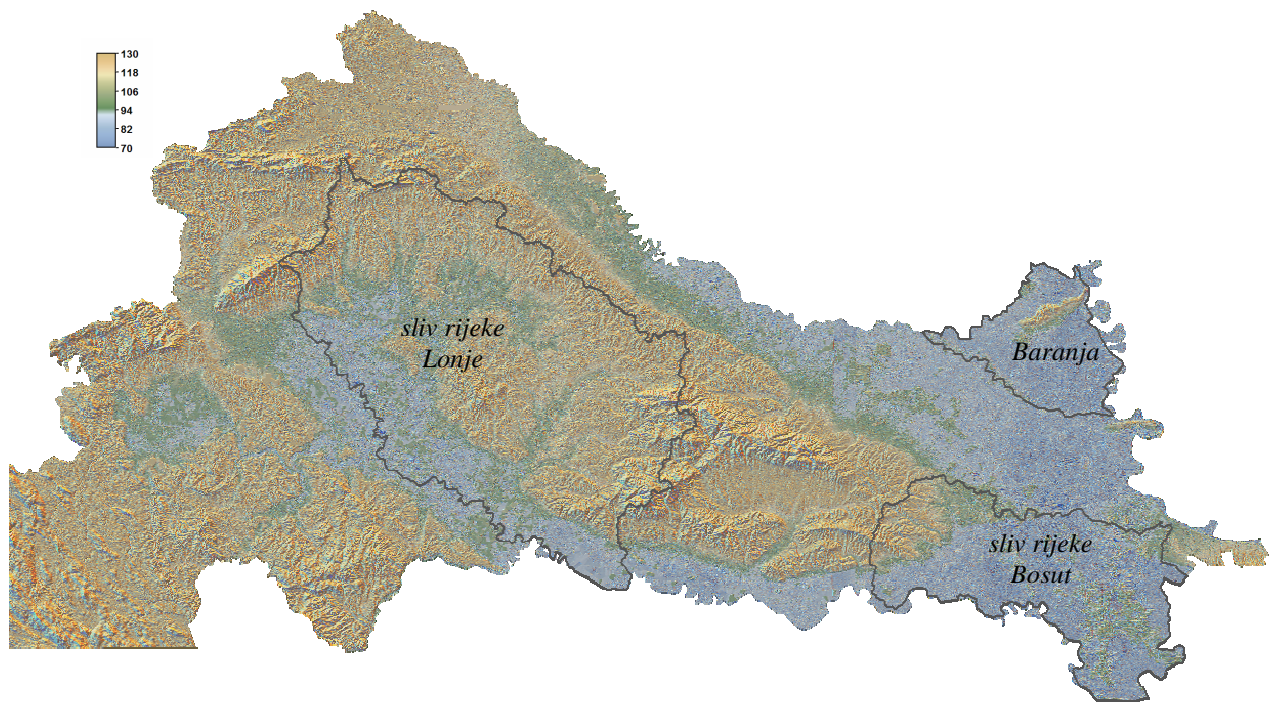
Sava izvire u Slovenskim Alpama (na 2864 m.n.m.), a u Dunav utječe u Srbiji (na 71 m.n.m.). Kroz Hrvatsku teče u duljini od 562 km (ukupna duljina 861 km). Ulazi kao bujični vodotok s izrazitom nestacionarnošću toka. Od ulaska u Hrvatsku, korito Save ima razmjerno plitko, blago padajuće i vijugavo korito i kao takvo protječe kroz Lonjsko polje gdje stvara najveće poplavno područje u Hrvatskoj veličine preko 100 000 ha. Sava ima kišno-snježni režim. Za razliku od Dunava i Drave, maksimalni vodostaji rijeke Save javljaju se u proljetnim i jesenskim mjesecima (Slika 2), a glavni minimumi u kolovozu i siječnju, a rezultat je jačeg utjecaja mediteranskog kišnog režima. Srednji tok rijeke Save predstavlja prirodnu depresiju za prihvaćanje visokih voda. Na području istraživanja Sava predstavlja recipijent vode istraživanih slivova ali svojim hidrološkim značajkama i bitno utječe na vodni režim prostora.



Slika 2. Dnevne vrijednosti vodostaja rijeke Dunav, Drave i Save s označenim mjernim postajama tijekom perioda istraživanja: 2007. (crveno), 2008. (zeleno), 2009. godina (plavo) i srednje višegodišnje vrijednosti (sivo). Korišteni su podaci Državnog hidrometeorološkog zavoda.

Baranja je smještena na ušću Drave u Dunav (Slika 3). Reljefno se ističe specifično močvarno područje Kopačkog rita nastalo djelovanjem tokova dviju rijeka, posebno Dunava, koji povremeno svoje visoke vode prelijeva u korito Drave. Geomorfološki se razlikuju naplavne ravni uz tok Dunava, Drave i Karašice koje zauzimaju čak 63% područja. Zbog male dubine vode temeljnice ističu se velikom vlažnošću, naročito u jugoistočnom dijelu kraja gdje je Kopački rit. Ovaj je prostor bio redovito plavljen pa mu je velikim melioracijskim radovima tijekom 19. stoljeća, podvodnost znatno smanjena i danas je vodoplovni prostor upola manji (32 % Baranje).

Viša reljefna područja zauzimaju terase nizine Drave, a iznad nizinskih reljefa uzdižu se lesne zaravni i platoi. Baranjsko je brdo reljefno najistaknutiji dio Baranje s najvišim vrhom na 245 m. Sjeverozapadna padina Baranjskog brda je strma te je erozijom i ispiranjem jako disecirana. Jugoistočne padine su blaže i prelaze u prapornu zaravan.



Slika 3. Digitalni model reljefa s označenim istraživanim slivovima Baranje, rijeke Bosut i Lonje. Za prikaz korišten ASTER GDEM.

Sliv Bosuta pripada prostoru Istočnohrvatske nizine (Slika 3). U naizgled jednoličnom nizinskom prostoru izdvajaju se naplavne ravni Save nastale njenom akumulacijskom aktivnošću i

predstavljaju uski pojas uz rijeku Savu. Na njega se nastavlja niži prostor fluvio-močvarne nizine. Tereni od 90 do 100 m nadmorske visine pripadaju pojasu terasnih nizina s debelim naslagama lesa. U nizinskom prostoru ističu se dvije središnje udoline odvojene pojasom višeg zemljišta oko Gradišta i Cerne. Istočna Spačvanska udolina je znatno prostranija, pravilnijeg oblika i niža (77 m). Prema njoj pritječu Spačva s pritocima i skreće Bosut praveći veliki zavoj pa je izrazito močvarnog obilježja. Zapadna Biđska udolina je plića (80 m), zatvorenija i jače raščlanjenog dna. I prema njoj se vrši koncentrično pritjecanje, a glavni je tok Biđ. Između ta dva uleknuta dijela prostire se pravi reljefni prag na kojem praporno Veliko brdo kraj Gradišta kao najviša točka kraja dostiže 103 m visine, pa ukupna visinska razlika u Bosutoj nizini iznosi 26 m.

Za razliku od Baranje i Bosuta sliv rijeke Lonje odlikuje se velikom reljefnom i krajobraznom raznolikošću. Reljefno se ističe okolni gorski masiv s planinama različitog smjera pružanja, koje gotovo sa svih strana zatvaraju kotlinu. Istočni dio masiva s planinama Psunj, Ravna Gora i Papuk, viši je te širi i raščlanjeniji od sjevernog i zapadnog dijela masiva. Sjeverni dio masiva predstavlja Bilogoru koja ima funkciju vododjelnice tekućica prema Savi i Dravi kao glavnim rijekama koje teku nizinskom Posavinom i Podravinom. Zapadni dio masiva predstavljaju Kalničko gorje (643 m) i Medvednica (Sljeme, 1030 m). Moslavačka je gora (Hunka 488 m) u središtu slivnog područja i odjeljuje pritoke Lonje (rijeka Česma) i Trebeža (Ilova) koje sakupljaju vode sa sjeverozapadne i istočne strane ovog gorja. U podnožju gorskih masiva nastavlja se širi pojas nižih reljefnih tvorevina blago uzdignutih terena pobrđa. Između masiva protežu se riječne i potočne doline i poriječja (doline Česme, Ilove i ostalih manjih vodotoka) s kotama terena od 110 do 120 metara. Kao najniži reljefni oblik od sjeverozapada prema jugoistoku proteže se nizinski dio uz rijeku Savu. Veće je vlažnosti i nije potpuno zaštićen od visokih voda Save. Lonja kao nizinska rijeka teče paralelno s rijekom Savom i oblikuje močvarno područje Lonjsko polje.

Kao posljedica pretežito ravničarskog reljefa, na cijelom području Baranje izražena je homogenost klimatskih prilika. Srednje su mjesečne temperature u porastu do srpnja kada dostižu maksimum s prosječnom mjesečnom temperaturom od 19,5°C do 21,9°C. Najhladniji mjesec je siječanj sa srednjom temperaturom od – 1,4°C. U godišnjem hodu temperature javlja se jedan par ekstrema, jedan maksimum i jedan minimum temperature. Srednja godišnja

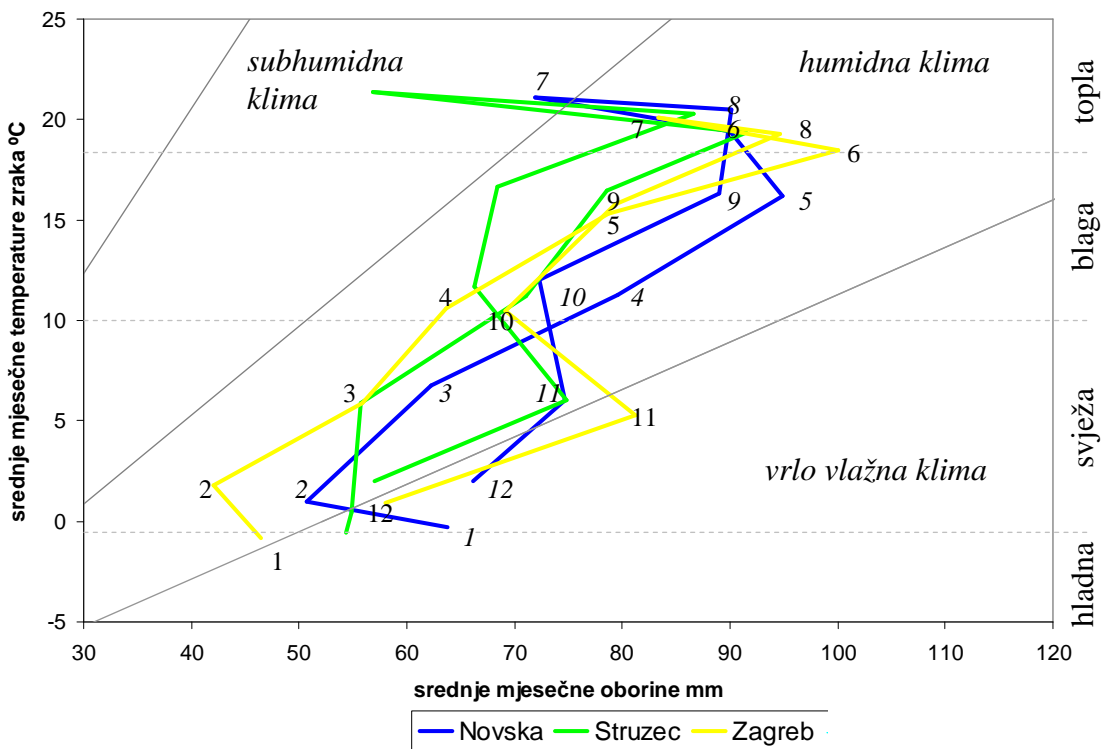
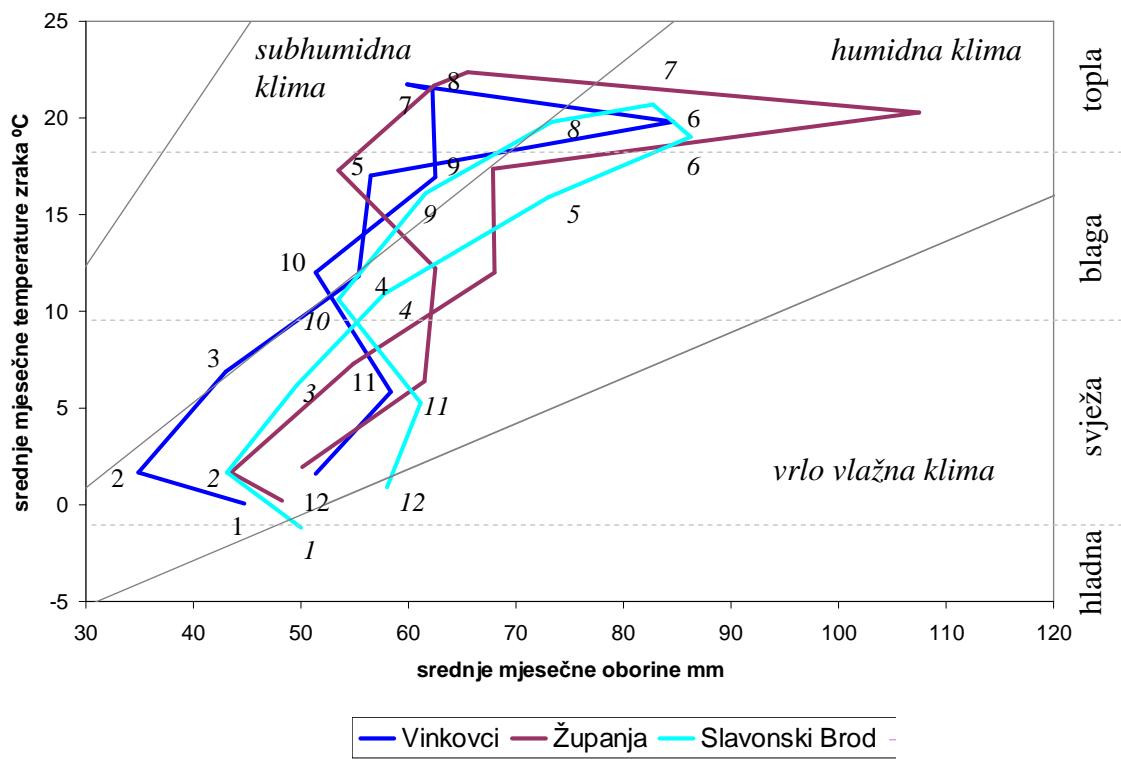
amplituda temperature, između najhladnijeg i najtoplijeg mjeseca za Osijek iznosi $22,3^{\circ}\text{C}$ što je odlika kontinentalnih osobina područja.

Prosječna godišnja količina oborina za Osijek (period 1961-1990) iznosila je 675,6 mm. U godišnjem hodu oborine (Slika 5) izdvajaju se dva para ekstrema. Glavni maksimum se javlja početkom ljeta (lipanj), a sporedni krajem jeseni (studeni). Glavni minimum oborine je krajem zime ili početkom proljeća (veljača, ožujak), a sporedni sredinom jeseni (listopad). Pojava dvostrukog para ekstrema ukazuje na utjecaj maritimnog režima oborina i njegovo duboko prodiranje u kontinent. Izražena je i vrlo velika varijabilnost oborinskog režima.

Klimatske osobine sliva Bosuta imaju odlike umjereno-kontinentalne klime. Uglavnom se radi o nizinskom području gdje su nadmorske visine ujednačene i mali je utjecaj reljefne raščlanjenosti na klimatske prilike. Kako bi se prostorno i vremenski (unutar godine) uočile i pratile značajke klime korišten je Fosterov dijagram (Slika 4). Iz odnosa srednjih mjesečnih temperature zraka i srednjih mjesečnih oborina prikazane su osnovne značajke klime u pogledu vlažnosti i topline. Za dvije krajnje postaje (Vinkovci i Slavonski Brod) na Slici 4 su naznačeni mjeseci kako bi se lakše pratile promjene unutar godine. Dati su podaci za tri krajnje postaje sliva Vinkovce, Županju i Slavonski Brod.

Iz Fosterovog je dijagrama (Slika 4a) vidljivo da područje sliva Bosuta predstavlja prijelaz između subhumidne u humidnu klimu. Dok subhumidna klima prevladava u najistočnijoj prikazanoj postaji Vinkovci na zapadnom dijelu sliva klima prelazi u humidnu (postaja Slavonski Brod). Vrlo vlažna klima javlja se samo na najzapadnijoj postaji Slavonski Brod u prosincu i siječnju.

Prema toplini, samo na najzapadnijoj postaji Slavonski Brod u siječnju prevladava hladna klima. Na preostalim postajama prevladava svježja klima, tijekom travnja, svibnja, rujna i listopada prevladava blaga, a u lipnju, srpnju i kolovozu topla klima. Razdoblje vegetacije ima humidnu i subhumidnu, pretežno blagu i toplu klimu. Kao što je vidljivo iz dijagrama (Slika 4a), ovoj klimi odgovara srednja mjesečna temperatura viša od 10°C , više od četiri mjeseca u godini, uz srednju temperaturu najtoplijeg mjeseca ispod 22°C i srednju temperaturu najhladnijeg mjeseca između 3°C i 18°C .

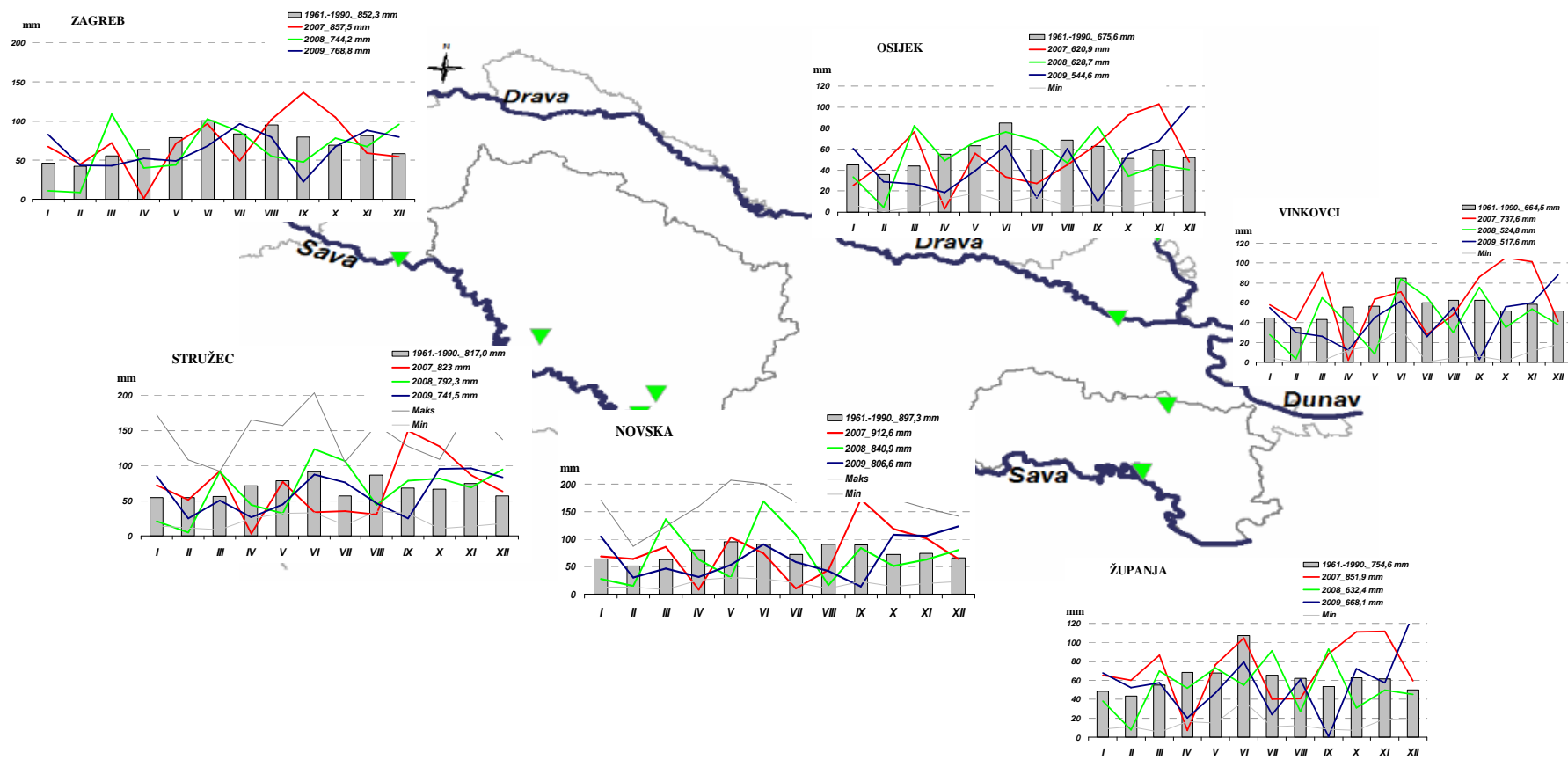


Slika 4. Značajke klime prikazane Fosterovim dijagramom, a) sliv rijeke Bosut, b) sliv rijeke Lonje. Korišteni podaci višegodišnjih prosjeka srednje mjesečne temperature zraka i količine oborina za navedene lokalitete dobiveni su iz Državnog hidrometeorološkog zavoda.

Ukupna godišnja količina oborina u slivu Bosuta kreće se između 600 i 800 mm. Kao i na području Baranje, u godišnjem hodu oborine javljaju se dva para ekstrema (Slika 5). Primarni maksimum oborine javlja se početkom ljeta (lipanj), a sekundarni krajem jeseni (listopad ili studeni). Glavni minimum oborine javlja se sredinom jeseni (rujan ili listopad) dok se sporedni javlja krajem zime ili početkom proljeća (veljača, ožujak).

Usporedbom ukupne godišnje količine oborina unutar područja i godina istraživanja na svim je postajama 2009. godine zabilježena najmanja ukupna količina oborina, a u 2007. godini najviša. Tijekom svih godina istraživanja ukupna količina oborina rasla je po postajama u smjeru zapada. Područje Lonjskog polja pod utjecajem je humidnog tipa kontinentalne klime i najčešće je podređeno kretanju zračnih masa s Alpa. Korištenjem Fosterovog dijagrama (Slika 4b) prikazana je prostorna i vremenska veličina humidnosti. Dati su podaci za postaje Novska, Stružec i Zagreb koje pokrivaju i omeđuju područje istraživanja nizinskog dijela Lonje. Za dvije krajnje postaje Zagreb i Novska na Slici 4b označeni su mjeseci kako bi se lakše pratile promjene unutar godine. Iz dijagrama je vidljivo da na ovom području prevladava pretežno humidna klima. Samo u mjesecu studenom, prosincu i siječnju prevladava vrlo vlažna klima. Što se tiče topline, prema Fosterovom dijagramu, u siječnju prevladava uglavnom hladna klima, u veljači i ožujku svježja, u travnju, svibnju, rujnu i listopadu blaga, a u lipnju, srpnju i kolovozu topla klima. Razdoblje vegetacije ima humidnu, pretežno blagu i toplu klimu.

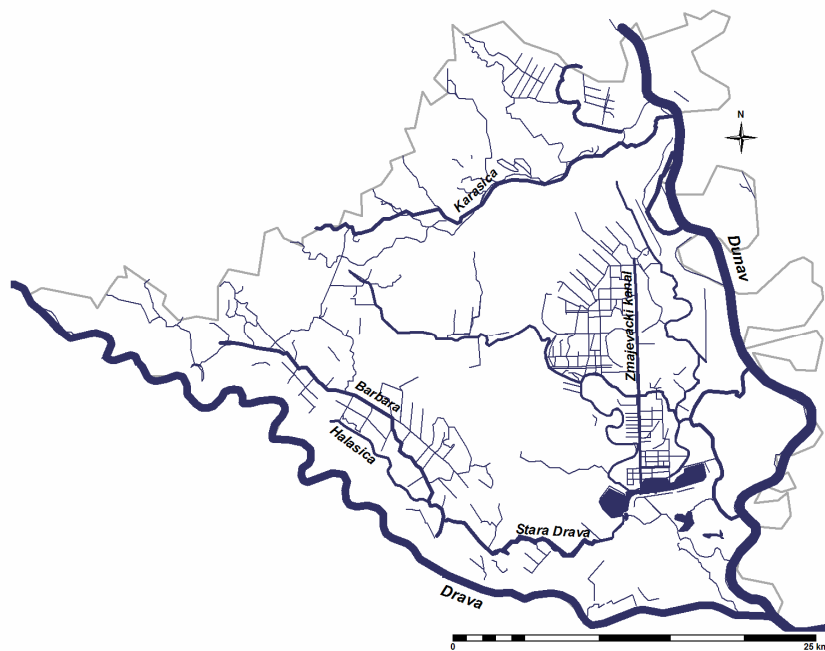
Prosječna godišnja količina oborina (Slika 5) kreće se od 897 u Novskoj do 852 mm u Zagrebu, najviše je oborina u lipnju, a najmanje u veljači. I ovdje je zabilježen porast količine oborina u smjeru zapada. Iznimku čini najistočnija postaja Novska s najvećom količinom oborina tijekom sve tri godine istraživanja. Rezultat je to njenog položaja u podnožju planinskog masiva Psunja, koji zajedno s Papukom na ovom području zadržava zračne mase. Usporedimo li ukupne godišnje količine oborina (Slika 5) unutar područja i godina istraživanja vidljivo je da se u periodu istraživanja svibanj-kolovoz najveća količina oborina javlja u 2008. godini. Prosječne temperature kreću se od $-1,5^{\circ}\text{C}$ u siječnju do 20°C u srpnju. Prosječna godišnja temperature je $9,5^{\circ}\text{C}$.



Slika 5. Srednje mjesečne količine oborina tijekom perioda istraživanja: 2007. (crveno), 2008. (zeleno), 2009. godina (plavo) s višegodišnjim prosjecima (sivi stupci). Korišteni su podaci Državnog hidrometeorološkog zavoda.

Zbog velike vlažnosti područja već spomenutim velikim melioracijskim radovima tijekom 19. stoljeća stvorena je kanalska mreža u ukupnoj duljini od 965 km kojom se vrši odvodnja voda s područja Baranje (Slika 6), a vode skupljene kanalskom mrežom prebacuju se crpnim stanicama mehanički. Na samom ušću Drave u Dunav zadržalo se inundacijsko i močvarno područje Kopački rit, ukupne površine 17.700 ha koje je pod zaštitom kao Park prirode.

Na području Baranje razlikujemo tri sliva: Dravski, Dunavski i sliv Karašice. U sam Park prirode utječu vode Dunavskog i Dravskog sliva, dok se vode iz sliva Karašica ulijevaju u Topoljski Dunavac i Dunav izvan Parka prirode. Ulazak iz Dravskog i Dunavskog sektora odvija se putem ustava i crpnih stanica. Kao glavni kanal u melioracijskom području Dravskog sektora ističe se kanal Barbara. Vode se jednim dijelom ovim kanalom odvede u Staru Dravu, te dalje u Kopački rit dok je dio sliva u razdoblju velikih voda moguće putem dvije crpne stanice prebacivati u rijeku Dravu, prije utoka u Kopački rit (Barišić, 2011).



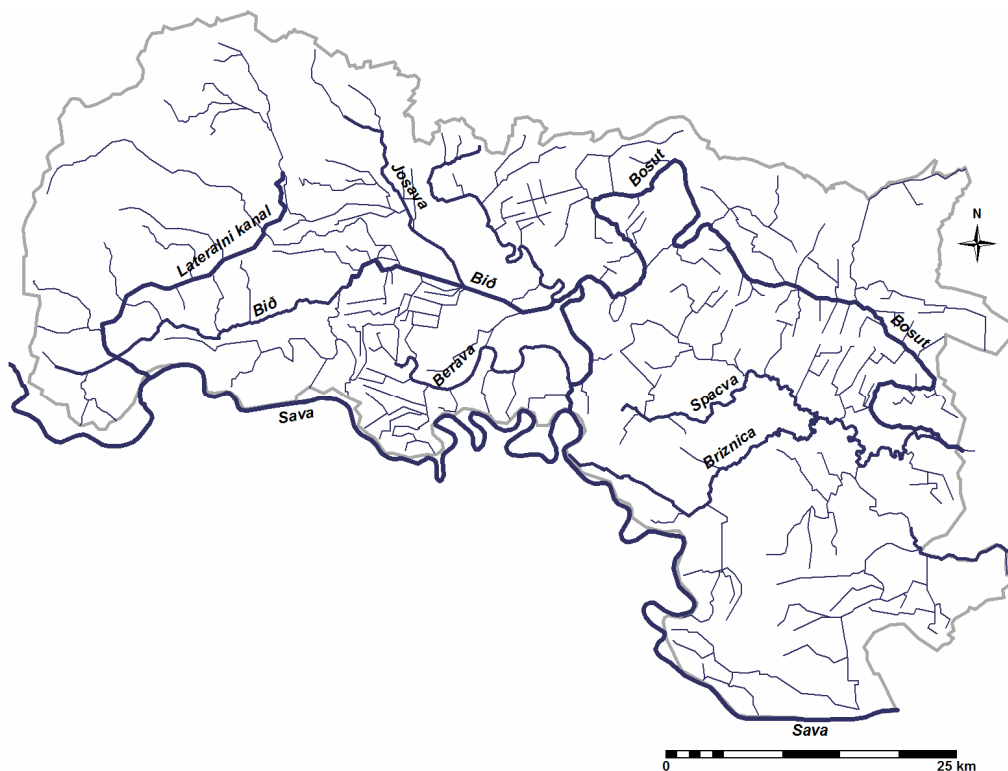
Slika 6. Hidrološka mreža Baranje. Vodotoci su digitalizirani s topografskih karata mjerila 1:100000.

Za režim voda Kopačkog rita najznačajniji utjecaj imaju rijeke Dunav i Drava. Obje su ove rijeke s glacijalnom režimskom komponentom s maksimumom protoka u vrijeme topljenja snijega pa im se često vremenski poklope visoke vode pri čemu dolazi do uspora voda na Dravi na njezinu toku kroz Baranju. Pod utjecajem dugotrajnih i obilnih kiša također se javljaju poplave u ritu, a moguće su u svim godišnjim dobima. Vodostaji ostalih tekućica na

prostoru Baranje direktno zavise o oborinskim značajkama područja. Visoke su vode najčešće pri otapanju snijega u proljeće i u jesen za jakih kiša.

Najveći je dio sliva Bosuta nizinsko područje s visinom od 85 do 90 m.n.m., s mjestimičnim depresijama, od kojih ona u spačvanskom šumskom bazenu prelazi ispod 80 m.n.m. U razvijenoj mreži tekućica najvažniji je Bosut koji s najvećim pritokom Biđem ima dužinu 186 km i porječje od 3025 km² (Slika 7).

Rijeka Bosut počinje svojim tokom bez pravog izvora kod županijskog prigradskog naselja "Šlajs" (njem. die Schleuse, ustava) neposredno od lijevog savskog nasipa. Izvor je Bosuta izdanski kanal uz savski obrambeni nasip koji prikuplja lokalne slivne vode kada je vodostaj u rijeci Savi nizak. Na razinu vode utječe i neposredna blizina savskih infiltracijskih voda odnosno promjena vodostaja Save. Bosut već kod Gradišta dobiva obrise prave rijeke. U naselju Cerna pritječe mu najveća pritoka Biđ. Na mjestu utoka Biđa u Bosut profil Biđa skoro je dva puta veći od profila Bosuta, dužina toka Bosuta do Cerne je 14,1 km, a dužina toka Biđa do utoka u Bosut je 56,7 km. Unatoč tomu, daljnji tok zadržava ime Bosut.



Slika 7. Hidrologija sliva rijeke Bosut. Vodotoci su digitalizirani s topografskih karata mjerila 1:100000.

Visinska razlika između "izvora" (79,5 m.n.m.) i ušća Bosuta (72 m.n.m.) u istočnom Srijemu je 7,5 m, pa je relativni pad riječnog toka samo 0,056%. U pojedinim dijelovima toka voda izgleda kao da uopće ne teče, nego stoji.

U prošlosti je glavninu voda Biđ-Bosut primao od gorskih tokova s Dilja, a pritjecale su mu i vode Save koja je akumulacijom izdigla korito, što je utjecalo na povremeno izlivanje i stalno infiltriranje njezinih voda u zaobalje. Izgradnjom prisavskih nasipa, osobito u drugoj polovici 19. i prvoj polovici 20. stoljeća prestale su izravne poplave Save, ali su za istovremenih visokih vodostaja Save i Bosuta kada je dolazilo do uspora bosutskih voda sezonski plavljene unutrašnje udoline. Taj je problem najvećim dijelom riješen uređenjem brane i crpne stanice na ušću Bosuta (1934.) koja je pojačana poslije drugog svjetskog rata te izgradnjom tzv. lateralnog kanala kojim su diljski pritoci Biđ-Bosuta najkraćim putem skrenuti prema Savi. Poslije tih radova poplavnost je unutrašnjih dijelova kraja osjetno smanjena. Zbog kontinentuskog pluvijalnog režima i jakog ishlapljivanja ljeti u Bosutu je uvijek bilo malo vode, a izgradnjom lateralnog kanala pritjecanje se još više smanjilo.

Od ukupne površine sliva, neposrednom slivu rijeke Save pripada 135 km², slivu rijeke Bosut 2534 km², a ostatak sliva od 436 km² odvodi zapadni lateralni kanal iskopan po obodu Dilj gore u kojem je vodotok Biđ sifonom preveden ispod kanala.

Na ušću Bosuta u Savu visina je voda Bosuta niža od visina voda Save te zbog slabih mogućnosti prepumpavanja povremeno dolazi do zadržavanja voda u retenciji Spačvanskog bazena. Dozvoljena kota akumuliranja vode je do max 79,00 m.n.m., a svako daljnje izdizanje Bosuta uvjetuje uspore u pritocima i sustavu odvodnih kanala šireg područja i zbog šteta u poljoprivredi ne smiju trajati duže od 30 dana.

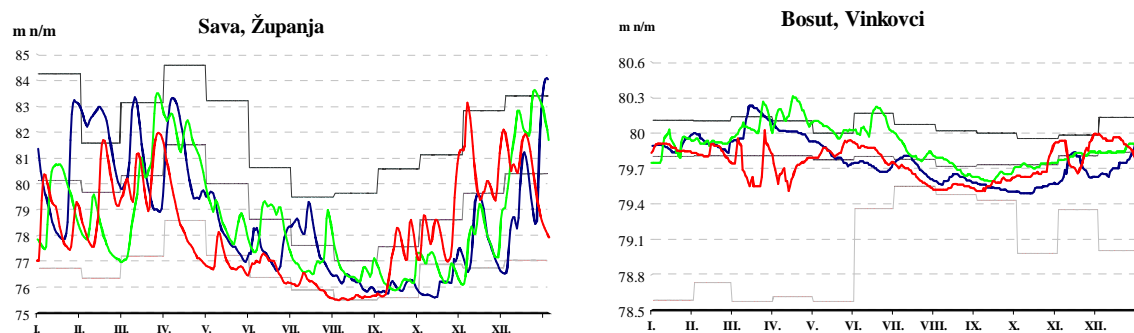
Za vrijeme niskih vodostaja rijeke Save, rijeka Bosut ima gravitacijsku odvodnju. Za vrijeme visokih vodostaja rijeke Save ustava na utoku Bosuta u rijeku Savu se zatvara, a odvodnju Biđ-Bosutskog polja preuzima crpna stanica "Bosut" izgrađena pored ustave. Višak vode koju crpna stanica ne može prebaciti u rijeku Savu, akumulira se u šumskom bazenu Spačva koji tada postaje šumska retencija.

Radi mogućnosti kontrole reguliranja vodostaja malih voda sliva Bosuta s teritorija Republike Hrvatske, 2006. je izgrađena brana-pregrada u 39. km, nizvodno od ušća vodotoka Spačve u Bosut, a uzvodno od mjesta na kojem Bosut ulazi u susjednu državu. Kota krune preljevnog dijela brane-pregrade je na koti 77,50 m.n.m i duljine preljevnog dijela krune cca 102 m (Prostorni plan područja posebnih obilježja višenamjenskog kanala Dunav-Sava, 2007).

Osnovna kanalska mreža "Biđ-Bosutskog" melioracijskog područja duga je preko 300 km, a detaljne ima znatno više. Veći vodotoci i melioracijski kanali su: Moštanik, zapadna Berava, Beravica, istočna Berava, Berava, Biđ, Kaluđer, Bosut, Dren i Ervenica.

Sava ima kišno-snježni režim koji karakterizira maksimalne vodostaje u proljetnim i jesenskim mjesecima. Slično kretanje vodostaja ima i Bosut (Slika 8). Pri visokim vodostajima rijeke Save neophodno je mehaničko prebacivanje vode iz Bosuta dok istovremeno traje proces prirodnog punjenja dijela sliva Biđa i Bosuta infiltracijom savskih voda.

Usporedimo li vodostaje rijeka Save i Bosuta (Slika 8) s količinom oborina (Slika 5) u razdoblju istraživanja, tijekom proljeća je vidljiva ovisnost vodostaja Bosuta o Savi gdje velik utjecaj na vodostaje rijeka ima otapanje snijega u planinskim područjima sliva rijeke Save. Tijekom ljeta i zime vodostaj obje rijeke ovisan je o padalinama.



Slika 8. Usporedba dnevnih visina vodostaja Save i Bosuta u periodu istraživanja: 2007 (crveno), 2008 (zeleno), 2009 (plavo) i višegodišnji mjesečni prosijeci (sivo). Korišteni su podaci Državnog hidrometeorološkog zavoda.

Srednji tok Save, predstavlja prirodnu depresiju za prihvaćanje visokih voda. Na lijevoj obali rijeke Save na području istraživanja (Slika 9) veće su pritoke Lonja, Trebež, Veliki Strug i njihove pritoke. Lonja izvire između Ivanšćice i Kalnika, protječe brežuljkastim područjem, zatim Lonjskim poljem u kojem je dio njezina toka gotovo paralelan sa Savom. Na području nekadašnjeg sliva Lonje nastale su značajne promjene hidrografske mreže. Izgradnjom spojnog kanala Zelina–Lonja–Glogovnica i dijelova kanala Lonja – Strug, sliv Lonje presiječen je nekoliko puta te dio Lonje uzvodno od spojnog kanala pripada slivu Česme, a dio Lonje nizvodno od spojnog kanala utječe u kanal Lonja–Strug. Nizvodno se dionice Lonje pojavljuju još nekoliko puta. Zbog navedene rascjepkanosti sliva, Lonja je izgubila ulogu glavnog recipijenta te se tijekom ljetnih mjeseci događa da u rijeci nema dovoljno vode. Ukupna je duljina toka Lonje 132 km (zajedno s dijelom Lonje koji sada pripada slivu Česme).

Novi zahvati unutar sliva su: spojni kanal Zelina-Lonja-Glogovnica-Česma koji je izgrađen zbog povezivanja vodotoka radi učinkovitije evakuacije velikih vodnih valova i kanal Lonja-Trebež-Veliki Strug čija je trasa prilagođena prirodnoj hidrografskoj i kanalskoj mreži i na

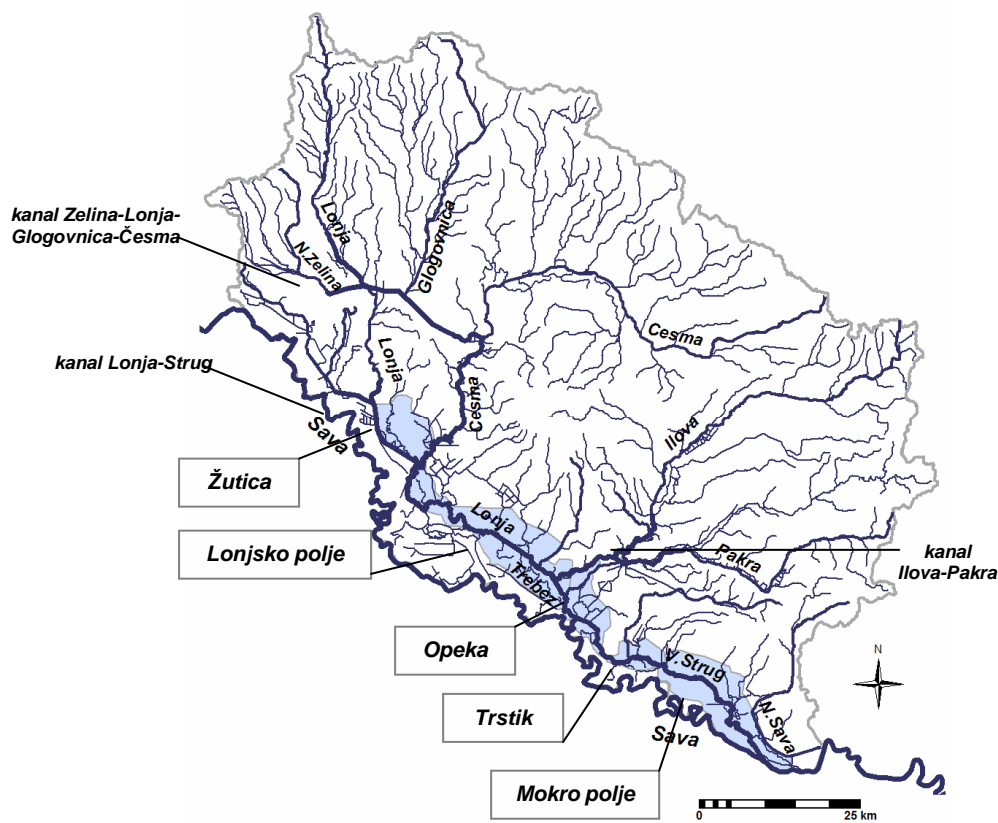
većem dijelu trase djeluje kao prirodni vodotok sa stalnim dotokom vode. Dijelovi ovog kanala izgrađeni su u punom profilu, pa je u svrhu zaštite od poplava, oko grada Siska izgrađen poseban oteretni kanal, a proteže se od ustave Prevlake do prvog retencijskog prostora, šume Žutice (duljine oko 7 km) i na završnom dijelu kod Stare Gradiške u duljini od 5 km. Uloga kanala je dvostruka, djeluje kao oteretni kanal pa višak savskih voda transportira do retencijskih prostora, služi za odvodnju vode iz retencije u nizvodni dio Save i kao glavni recipijent za prihvat i odvodnju unutarnjih voda s područja pripadnih slivova Lonjskog i Mokrog polja. U slivu kanala Lonja-Strug, Česma je najveći pritok, a ostali su pritoci donji dijelovi Zeline, Lonje i nekoliko manjih vodotoka koji se nalaze ispod spojnog kanala Zelina-Lonja-Glogovnica.

U slivu su rijeke Česme uz Česmu i Glogovnicu (slivna površina, 2500 km²) izgradnjom kanala Zelina-Lonja-Glogovnica vodotoci povezani i uvedeni u Česmu, čime je njena ukupna površina povećana na 3100 km², a sliv je proširen na zapad do obronaka Medvednice i Ivanšćice. Ušće se Česme nalazi na 89-tom km kanala Lonja-Strug. Ilova je pritoka Trebeža, a ulijeva se preloženim koritom, putem starog ušća Trebeža direktno u Savu. Pakra je pritok preložene Ilove, povezane su spojnim kanalom Ilova-Pakra, tako da je današnji sliv Ilove i Pakre, površine 165 km², omeđen Moslavačkom gorom na zapadu, Bilogorom na sjeveru i Psunjem na istoku. Na ovom je području također izvedena akumulacija Pakra koja je namijenjena obrani od poplava i vodoopskrbi ribnjaka Lipovljani. Neuređena korita i hidrološke prilike uzrokuju stalne godišnje poplave, te se u slivu već tridesetak godina izvode hidrotehnički radovi (Vodnogospodarski sustav kao utjecajni činitelj korištenja prostora Parka priode Lonjsko polje, 2001).

Veliki Strug teče usporedno sa Savom u koju se ulijeva nešto prije Malog Struga, gotovo na izlazu iz Lonjskog polja. Manji pritoci Velikog Struga su Subocka i Novska, a izviru na padinama Psunja. Na trasi kanala Lonja-Strug, između vodotoka Trebež i Veliki Strug nalazi se spojna građevina koja prevodi vode Trebeža u nizvodno područje Velikog Struga ili dijelom kanala Lonja - Strug.

Plavljeni prostori šireg prostora Parka prirode smješteni su između kote 85 i 138 m n.m. i prate riječni tok Save na dužini od 250 km. Godišnje su velike vode Save raspodijeljene tako da se glavni maksimum javlja u studenom, a sekundarni u veljači, a kod unutarnjih voda se glavni maksimum javlja u ožujku, a sekundarni u studenom. Raspodjela maksimalnih poplava po sezonama je slična i na hladni dio godine otpada 75%, a na topli 25%. Plavljenje je najčešće uzrokovano indirektnim punjenjem pritoka Save i njihovim izlivanjem u

retencijska područja čija je svrha prihvat dijela velikih vodnih valova i ublažavanje maksimalnih protoka na nizvodnim riječnim dionicama.



Slika 9. Hidrologija sliva rijeke Lonje s prikazom retencija (svijetlo plava područja). Vodotoci su digitalizirani s topografskih karata mjerila 1:100000.

Retencijska područja Lonjsko polje (11500 ha), Opeka (5700 ha), Trstika (2100 ha) i Mokro polje (12800 ha) čine 7% od ukupno stvorenih plavnih površina rijeke Save. Dijelom su izgrađene retencije Lonjsko i Mokro polje. Lonjsko je polje s potpunim nadzorom voda, ima svoj konačan oblik, određeno je retencijskim nasipima i visokim terenom na sjeveru, a dio Mokrog polja, Opeka i Trstik su retencije s nepotpunim nadzorom voda i imaju prirodnu dinamiku plavljenja.

Močvarno je područje ovisno kako o plavljenju tako i podzemnim vodama, koje se formiraju isključivo iz oborina. Sava i njeni pritoci na području Lonjskog polja imaju sporedan karakter, tako da samo u vrijeme poplava znatnije utječu na podzemne vode.

2.2. Uzorkovani lokaliteti

Na području istraživanja odabrano je i uzorkovano ukupno 75 lokaliteta u tri dijela nizinske Hrvatske (Tablica 1) s razvijenom mrežom vodotoka: područje Baranje s pripadajućim vodotocima (27 lokaliteta), sliv rijeke Bosut s rijekama Bosut, Spačva, Studva, Biđ i pripadajućim vodotocima (27 lokaliteta), te područje Lonjskog polja (21 lokalitet).

Odabrani lokaliteti prostorno obuhvaćaju vodotoke cijelog istraživanog područja, predstavljaju širok raspon fizikalnih i kemijskih karakteristika staništa, biljnih zajednica, kao i gradijent korištenja zemljišta u kojem je poljoprivreda dominantan stresor. Geografske koordinate odabranih lokaliteta prebačene su na GPS uređaj i zatim korištene za orijentiranje na terenu.

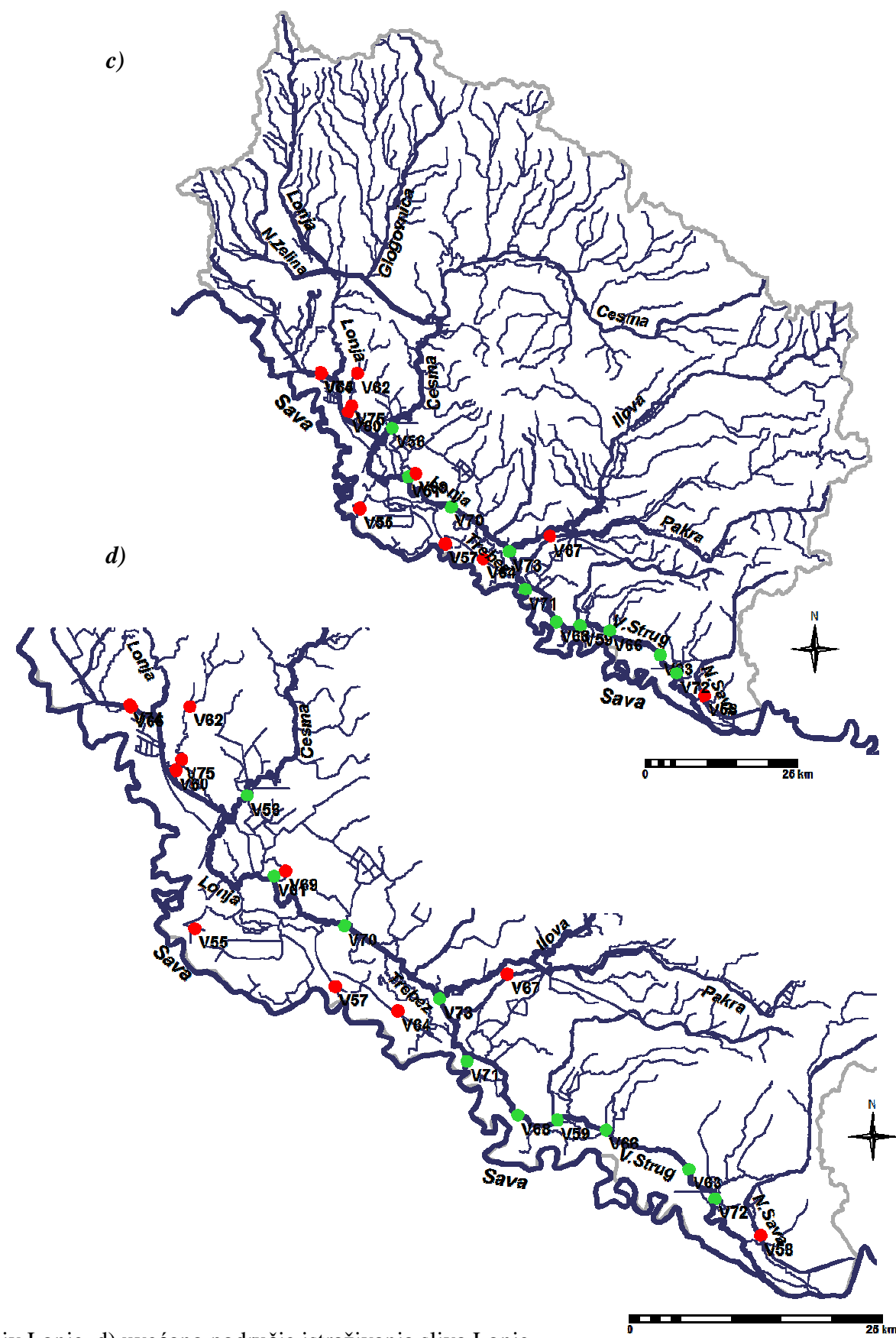
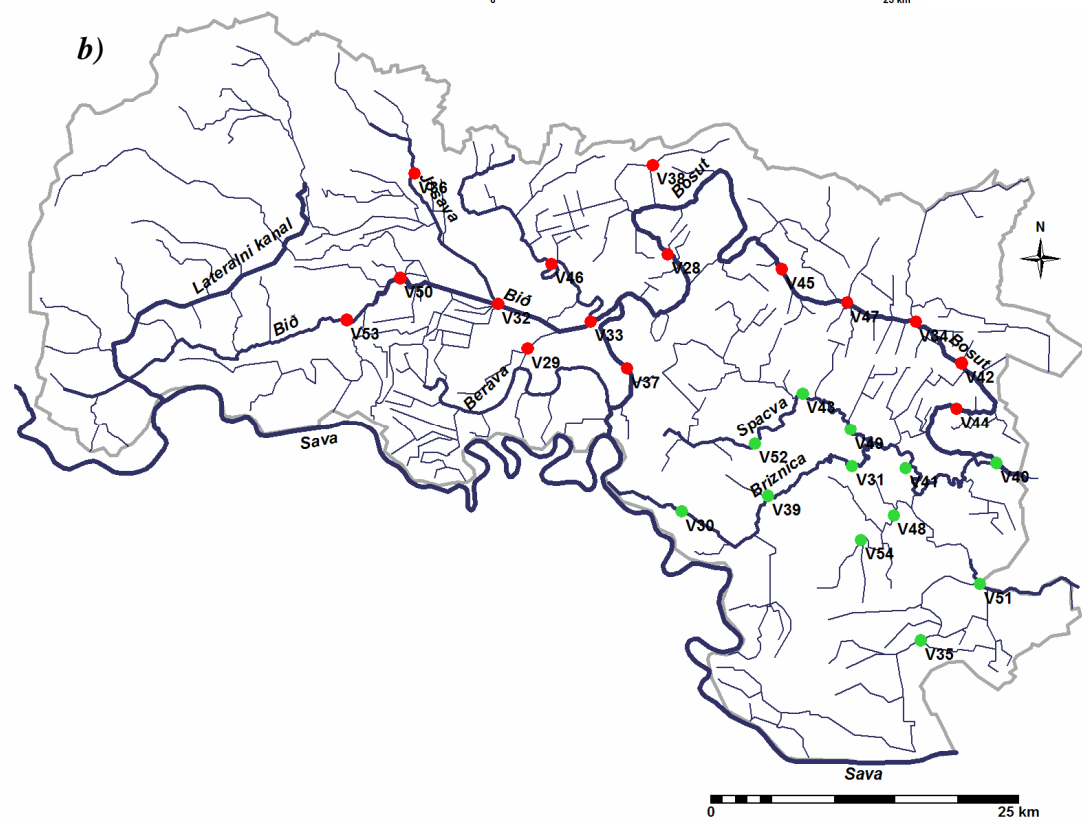
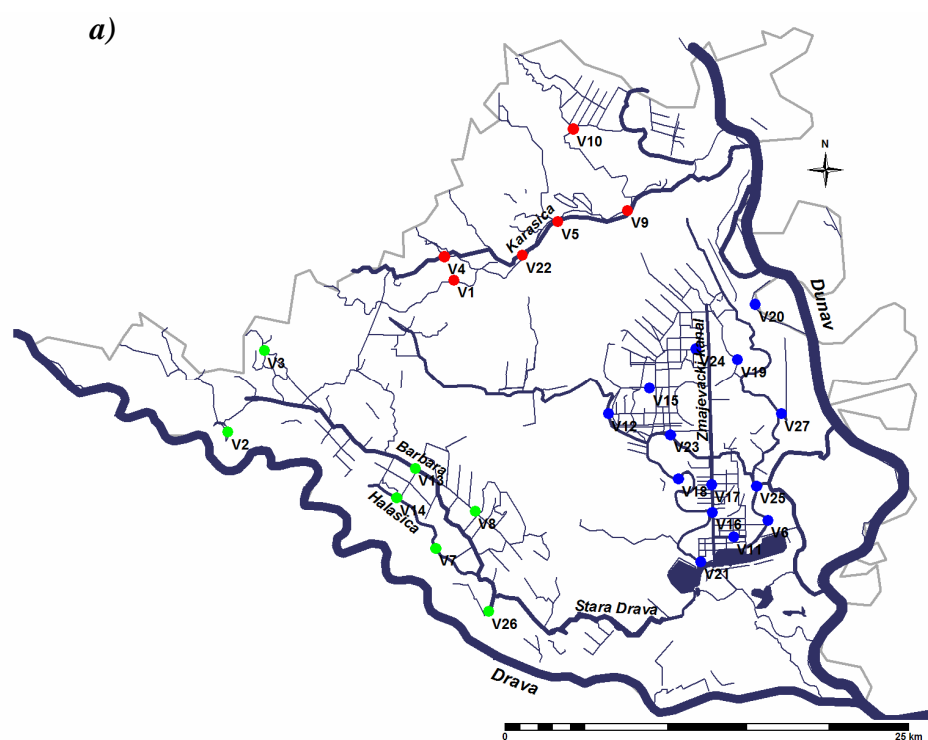
Kako bi se utvrdile godišnje promjene sastava makrofita i uvjeta staništa, lokaliteti su istraživani tri godine, od 2007. do 2009., tijekom srpnja i kolovoza, kada je vegetacija makrofita najrazvijenija.

Razlike u sastavu makrofita među sezonama (sezonska dinamika), u vodotocima nizinskog dijela Hrvatske, praćene su na navedenim lokalitetima tijekom dvije godine (2008., 2009.), kao proljetni (svibanj i lipanj) i ljetni (srpanj i kolovoz) aspekt.

Na svim odabranim lokalitetima prilikom svakog obilaska u navedenom periodu izvršena je procjena pokrovnosti zabilježenih biljnih vrsta i izmjereni su stanišni uvjeti na odabranim lokalitetima (Slika 10).

Tablica 1. Popis uzorkovanih lokaliteta u istraživanim slivovima.

ID	Naziv lokaliteta	Podslivovi	ID	Naziv lokaliteta	Podslivovi
<i>Baranja</i>					
V2	Belišće	Barbara	V11	DZmajevacki kanal	Kopacki rit
V3	BPS	Barbara	V12	Grabovac	Kopacki rit
V7	Ceminac Halašica	Barbara	V15	Jasenovac, Baranja	Kopacki rit
V8	Ceminac Stara Barbara	Barbara	V16	Kozjak1	Kopacki rit
V13	Jagodnjak Barbara	Barbara	V17	Kozjak2	Kopacki rit
V14	Jagodnjak Halašica	Barbara	V18	Lug	Kopacki rit
V26	Topolik	Barbara	V19	Mirkovac	Kopacki rit
V1	Beli Manastir	Karasica	V20	Monjoroški Dunavac	Kopacki rit
V4	Branjin Vrh	Karasica	V21	Podunavlje	Kopacki rit
V5	Branjina	Karasica	V23	Sokolovac	Kopacki rit
V9	Crni kanal	Karasica	V24	Suza	Kopacki rit
V10	Duboševica	Karasica	V25	Tikveš	Kopacki rit
V22	Popovac	Karasica	V27	Zlatna Greda	Kopacki rit
V6	Carna	Kopacki rit			
<i>Sliv rijeke Bosut</i>					
V28	Andrijaševci	Bosut	V53	VKopanica	Bosut
V29	Berava	Bosut	V30	Bošnjaci	Spacva
V32	Brkic kanal	Bosut	V31	Brežnica	Spacva
V33	Cerna	Bosut	V35	Drenovaca	Spacva
V34	Djeletovci	Bosut	V39	Kupina-Brežnica	Spacva
V36	Djurdjanci	Bosut	V40	Lipovac	Spacva
V37	Gradište	Bosut	V41	Lubanj	Spacva
V38	Ivankovo	Bosut	V43	Otok	Spacva
V42	Nijemci	Bosut	V48	Spacva	Spacva
V44	Podgradje	Bosut	V49	Spacva prema Otoku	Spacva
V45	Privlaka	Bosut	V51	Studva	Spacva
V46	Prkovci	Bosut	V52	Virovi	Spacva
V47	Slakovci	Bosut	V54	Vrbanjica	Spacva
V50	Strizivojna	Bosut			
<i>Lonjsko polje</i>					
V55	Budaševo	Manje pritoke	V56	Cazma	Velike rijeke
V57	Cigoc	Manje pritoke	V59	Jasenovac	Velike rijeke
V58	Gredjani	Manje pritoke	V61	Lonja-Sisak	Velike rijeke
V60	Lonja	Manje pritoke	V63	Mlaka	Velike rijeke
V62	Lonjica	Manje pritoke	V66	Novska	Velike rijeke
V64	Mužilovcica	Manje pritoke	V68	Plesno	Velike rijeke
V65	Novi kanal	Manje pritoke	V70	Svinjicko	Velike rijeke
V67	Pakra	Manje pritoke	V71	Trebež	Velike rijeke
V69	Stružec	Manje pritoke	V72	Vrbovljani	Velike rijeke
V74	Zelina	Manje pritoke	V73	VStrug	Velike rijeke
V75	Žutica	Manje pritoke			



Slika 10. Prikaz uzorkovanih lokaliteta u istraživanim slivovima: a) Baranja, b) sliv rijeke Bosut, c) sliv Lonje, d) uvećano područje istraživanja sliva Lonje.

2.3. Uzorkovanje makrofita

Na svakom lokalitetu duljina istraženog područja iznosila je 50 m (Haury, 1996) i na toj duljini određena je pokrovnost pojedine vrste makrofita. Korištena je ljestvica za kombiniranu procjenu pokrovnosti od 6 stupnjeva: 1 = vrlo rijetka vrsta, pokrovnost neznatna; 2 = pokrovnost manja od 5%; 3 = pokrovnost od 6 do 25%; 4 = pokrovnost od 25 do 50%; 5 = pokrovnost od 51 do 75%; 6 = pokrovnost veća od 75% (Braun-Blanquet, 1964). U daljnjoj je statističkoj analizi korištena ordinalna ljestvica pokrovnosti makrofita od 0 do 6. Procjena pokrovnosti submerznih vrsta napravljena je direktnim promatranjem kroz vodu i uzorkovanjem pomoću grablji (Parsons, 2001). Biljne vrste određene su na terenu ili su fotografirane i herbarizirane te određene naknadno. Za determinaciju su korišteni atlas i determinacijski ključevi (Savulescu, 1961; Casper & Krausch, 1980; Pignatti, 1982; Javorka & Csapody, 1991; Domac, 1994; Preston, 1995; Rothmaler, 2007). Korištena je nomenklatura vaskularnih biljaka prema Tutin i sur. (1964-1980). U istraživanje nije uključena flora obala vodotoka.

Učestalost pojavljivanja vrste izračunata je kao broj lokaliteta na kojima je određena vrsta zabilježena u odnosu na ukupan broj istraženih lokaliteta. Biljne vrste koje se pojavljuju u manje od 1% uzoraka (nazočne na manje od četiri lokaliteta tijekom perioda istraživanja, Tablica 2., zgrade) isključene su iz daljnje analize.

Vrste makrofita su podijeljene prema Riis i sur. (2001) u tri grupe: submerzne, amfibijske i kopnene vrste. Podijela je u nekim slučajevima subjektivna i vrlo često nije lako procijeniti kojoj grupi pojedina vrsta pripada, pa je lista submerznih, amfibijskih i kopnenih vrsta (Tablica 2) napravljena prema Riis i sur. (2001) i Riis & Sand-Jensen (2002) s ispravkama za pojedine vrste koje navode Trei & Pall (2004).

Tablica 2. Popis makrofita pronađenih tijekom istraživanja, podijeljenih u kategorije submerznih, amfibijskih i kopnenih, s korištenim kodovima i brojem lokaliteta na kojima je vrsta nazočna (zagrade).

Submerzne vrste			Amfibijske vrste		
Azofil	<i>Azolla filiculoides</i> Lam.	(1)	Acocal	<i>Acorus calamus</i> L.	(8)
Calver	<i>Calitriche verna</i> L.	(4)	Aligra	<i>Alisma gramineum</i> Lej.	(2)
Calsta	<i>Callitriche stagnalis</i> Scop.	(4)	Alilan	<i>Alisma lanceolatum</i> With.	(15)
Cerdem	<i>Ceratophyllum demersum</i> L.	(312)	Alipla	<i>Alisma plantago-aquatica</i> L.	(128)
Chara	<i>Chara</i> sp.	(4)	Bolmar	<i>Bolboschoenus maritimus</i> (L.) Palla	(22)
Elocan	<i>Elodea canadensis</i> Rich.	(8)	Butumb	<i>Butomus umbellatus</i> L.	(81)
Elonut	<i>Elodea nuttallii</i> (Planch.) H. St. John	(14)	Glyflu	<i>Glyceria fluitans</i> (L.) R. Br.	(9)
Hipvul	<i>Hippuris vulgaris</i> L.	(5)	Menaqu	<i>Mentha aquatica</i> L.	(21)
Hydmor	<i>Hydrocharis morsus ranae</i> L.	(170)	Myopal	<i>Myosotis palustris</i> L.	(9)
Lemgib	<i>Lemna gibba</i> L.	(121)	Nasoff	<i>Nasturtium officinale</i> R. Br.	(5)
Lemmin	<i>Lemna minor</i> L.	(218)	Oenaqu	<i>Oenanthe aquatica</i> (L.) Poir.	(34)
Lemtri	<i>Lemna trisulca</i> L.	(128)	Polamp	<i>Polygonum amphibium</i> L.	(27)
Marqua	<i>Marsilea quadrifolia</i> L.	(21)	Roramp	<i>Rorippa amphibia</i> (L.) Bess.	(10)
Myrspi	<i>Myriophyllum spicatum</i> L.	(84)	Sagsag	<i>Sagittaria sagittifolia</i> L.	(60)
Myrver	<i>Myriophyllum verticillatum</i> L.	(19)	Schlac	<i>Schoenoplectus lacuster</i> (L.) Palla	(47)
Najmar	<i>Najas marina</i> L.	(21)	Schtri	<i>Schoenoplectus triqueter</i> (L.) Palla	(3)
Najmin	<i>Najas minor</i> All.	(8)	Siulat	<i>Sium latifolium</i> L.	(44)
Nuplut	<i>Nuphar luteum</i> (L.) Sm.	(129)	Spasim	<i>Sparganium simplex</i> Huds.	(2)
Nymalb	<i>Nymphaea alba</i> L.	(76)	Spaere	<i>Sparganium erectum</i> L.	(92)
Nympel	<i>Nymphoides peltata</i> (Gmel.) O.Kuntze	(45)	Verana	<i>Veronica anagallis-aquatica</i> L.	(5)
Potcri	<i>Potamogeton crispus</i> L.	(98)	Verbec	<i>Veronica beccabunga</i> L.	(6)
Potgra	<i>Potamogeton gramineus</i> L.	(4)			
Potluc	<i>Potamogeton lucens</i> L.	(10)			
Potnat	<i>Potamogeton natans</i> L.	(25)			
Potpec	<i>Potamogeton pectinatus</i> L.	(27)			
Pottri	<i>Potamogeton trichoides</i> Cham. et Schlecht.	(1)			
Ranaqu	<i>Ranunculus aquatilis</i> L.	(1)			
Rancir	<i>Ranunculus circinatus</i> Koch.	(14)			
Rantri	<i>Ranunculus trichophyllus</i> Chaix	(8)			
Ricflu	<i>Riccia fluitans</i> L.	(35)			
Ricnat	<i>Ricciocarpus natans</i> L.	(4)			
Salnat	<i>Salvinia natans</i> (L.) All.	(95)			
Spipol	<i>Spirodela polyrhiza</i> (L.) Schleid.	(276)			
Stralo	<i>Stratiotes aloides</i> L.	(10)			
Tranat	<i>Trapa natans</i> L.	(99)			
Utraus	<i>Utricularia australis</i> Lehm.	(24)			
Wolarh	<i>Wolffia arhiza</i> (L.) Wimm.	(45)			
Zanpal	<i>Zanichellia palustris</i> L.	(5)			

Kopnene vrste

Aloaeq	<i>Alopecurus aequalis</i> Sobol.	(5)	Galpal	<i>Galium palustre</i> L.	(5)
Alogen	<i>Alopecurus geniculatus</i> L.	(2)	Glymax	<i>Glyceria maxima</i> (Hartm.) Holmbg.	(135)
Alopra	<i>Alopecurus pratensis</i> L.	(2)	Graoff	<i>Gratiola officinalis</i> L.	(3)
Aloutr	<i>Alopecurus utriculatus</i> (L.) Sol.	(2)	Iripse	<i>Iris pseudacorus</i> L.	(17)
Bidtri	<i>Bidens tripartitus</i> L.	(7)	Junart	<i>Juncus articulatus</i> L.	(4)
Caracu	<i>Carex acutiformis</i> Ehrh.	(9)	Juncom	<i>Juncus compressus</i> Jacq.	(2)
Carbri	<i>Carex brizoides</i> L.	(1)	Jungla	<i>Juncus glaucus</i> Ehrh.	(3)
Carela	<i>Carex elata</i> All.	(2)	Juneff	<i>Juncus effuses</i> L.	(8)
Carex	<i>Carex</i> sp.	(24)	Leeory	<i>Leersia oryzoides</i> (L.) Sw.	(6)
Carhir	<i>Carex hirta</i> L.	(3)	Ludpal	<i>Ludwigia palustris</i> (L.) Ell.	(1)
Carotr	<i>Carex otrubae</i> Podp.	(1)	Lysnum	<i>Lysimachia nummularia</i> L.	(2)
Carpse	<i>Carex pseudocyperus</i> L.	(9)	Lytsal	<i>Lythrum salicaria</i> L.	(1)
Carrip	<i>Carex riparia</i> Curt.	(10)	Phaaru	<i>Phalaris arundinacea</i> (L.) Mch.	(4)
Carves	<i>Carex vesicaria</i> L.	(8)	Phraus	<i>Phragmites australis</i> Trin. ex. Steudel	(92)
Carvul	<i>Carex vulpina</i> L.	(19)	Pollap	<i>Polygonum lapathifolium</i> L.	(2)
Cypfus	<i>Cyperus fuscus</i> L.	(18)	Polmin	<i>Polygonum minus</i> Huds.	(1)
Pycglo	<i>Pycneus glomeratus</i> (L.) Hay.	(8)	Polmit	<i>Polygonum mite</i> Schrank	(4)
Dicmic	<i>Dichostylis micheliana</i> (L.) Nees.	(3)	Polper	<i>Polygonum persicaria</i> L.	(1)
Eleaci	<i>Eleocharis acicularis</i> (L.) R. S.	(7)	Rumhyd	<i>Rumex hydrolapathum</i> Huds.	(3)
Elepal	<i>Eleocharis palustris</i> (L.) R.S.	(44)	Rumobt	<i>Rumex obtusifolius</i> L.	(10)
Equram	<i>Equisetum ramosissimum</i> L.	(2)	Typang	<i>Typha angustifolia</i> L.	(20)
Equpal	<i>Equisetum palustre</i> L.	(3)	Typlat	<i>Typha latifolia</i> L.	(66)

2.4. Regionalni čimbenici

Korišteni čimbenici koji opisuju uvjete staništa podijeljeni su u dvije grupe, a predstavljaju dvije različite prostorne razine: regionalnu i lokalnu.

Regionalnim stanišnim uvjetima nazvani su čimbenici izrađeni u okviru GIS-a i predstavljaju informacije vezane za slivno područje. Korištene su slijedeće varijable (Prilog 2):

- površina slivnog područja na svakom uzorkovanom lokalitetu
- ukupna duljina vodotoka unutar sliva na svakom uzorkovanom lokalitetu
- udio poljoprivrednih površina unutar slivnog područja
- udio šumskih površina unutar sliva
- udio naselja unutar sliva
- duljina kanala na poljoprivrednim površinama unutar sliva
- duljina kanala u šumskom području unutar sliva
- duljina kanala u naseljima unutar sliva

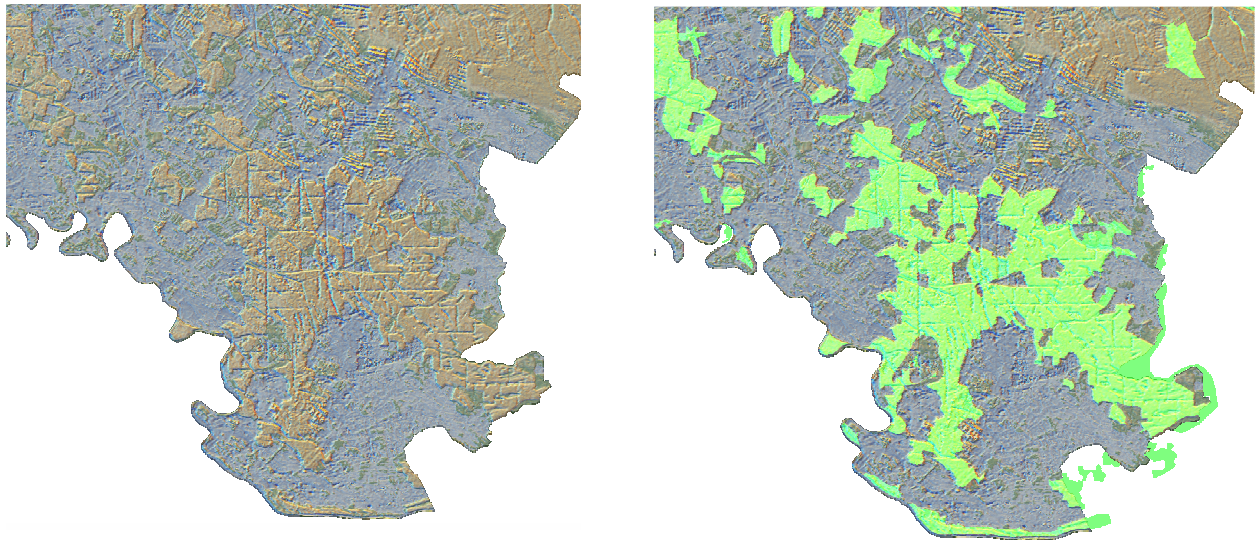
Vodotoci su digitalizirani s topografskih karata mjerila 1:100 000. Za izradu slivnih područja iz ASTER GDEM-a i dobivanje ostalih varijabli korišteni su podaci:

- digitalni model terena, ASTER GDEM
- topografske karte terena mjerila 1:100 000
- CORINE Land Cover mjerila 1:100 000

Istraživanje je provedeno u nizinskom dijelu Hrvatske na terenima s vrlo malim razlikama nadmorske visine pa je korištena burning-in procedura u kojoj je kao referentni sloj korištena mreža kanala topografskih karata mjerila 1:100 000.

2.4.1. Prilagodba digitalnog modela reljefa

Digitalni model reljefa predstavlja digitalni oblik reljefa, numerički definiran nizom točaka s tri koordinate (x , y , z). Korišten je ASTER GDEM digitalni model reljefa (The Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer_ASTER Global Digital Elevation Model _GDEM) prostorne rezolucije 30 m (1 arc-second) (Slika 3). Zbog korištenja kratkih valnih duljina prilikom snimanja, ASTER GDEM predstavlja digitalni model terena, još nazvan i digitalni model površine (Digital Surface Model). On uključuje i vegetaciju i izgrađene objekte, što dovodi do značajnog odstupanja od stvarnog visinskog modela u naseljima (visoke zgrade) i područjima s gustim sklopom vegetacije (npr. šumski pokrov). Na istraživanim nizinskim područjima sa šumskim pokrovom dolazi do značajnog odstupanja u digitalnom modelu terena u odnosu na okolno područje (Slika 12).

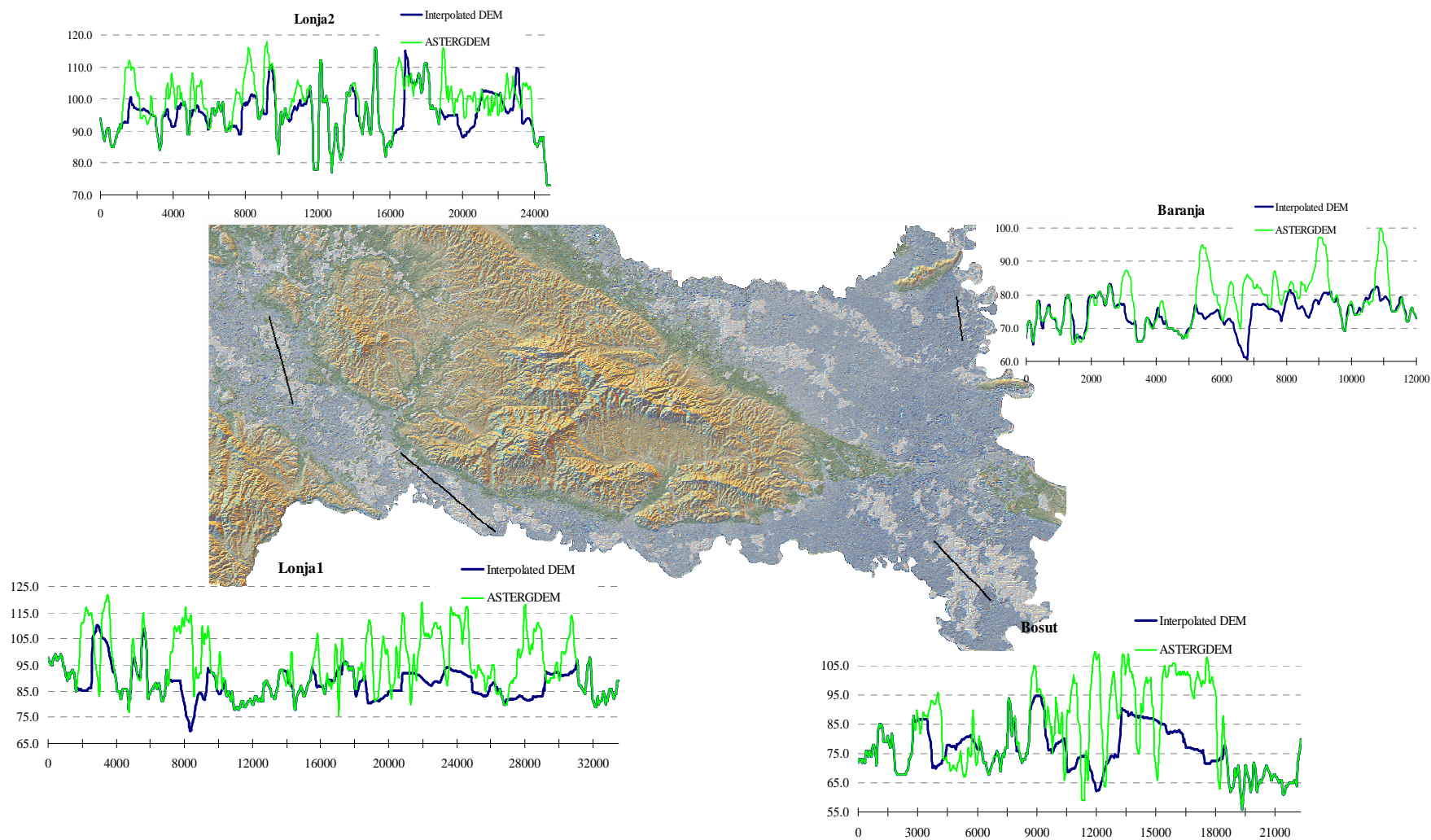


Slika 12. Na području šuma Spačvanskog bazena (desno) vidljiva je značajna razlika u nadmorskoj visini digitalnog modela terena (slika lijevo).

U istraživanom nizinskom području razlika nadmorske visine iznosi oko 20 metara. U takvom području je razlika nadmorskih visina između šumskih i nešumskih područja značajna i onemogućava pravilno određivanje slivnih područja.

Za pravilnu je izradu mreže vodotoka i njihovih slivnih područja u nizinskim terenima prije samog korištenja ASTER GDEM-a potrebno napraviti čitav niz početnih koraka (Forkour & Maathuis, 2012; Reuter i sur, 2009). Područje istraživanja nalazi se u nizinskom dijelu Hrvatske s nadmorskim visinama ispod 150 m pa su na originalnom ASTER GDEM-u izdvojene šumske površine na nadmorskim visinama ispod 150 m (Slika 13) i označene kao neodređene površine.

Za ispravljanje nadmorske visine ASTER GDEM-a na područjima pokrivenim šumom, korištena je kriging metoda za interpolaciju visina. Ovim postupkom na nedefiniranim područjima kao rezultat dobivamo raster kartu s procjenjenim vrijednostima. Utjecaj postojećih vrijednosti na procjenu izražen je odgovarajućim težinskim koeficijentom. Odnosi između postojećih vrijednosti i pixela u kojem se vrijednost procjenjuje izražavaju se vrijednostima kovarijance ili variograma. Variogramom su određene zavisnosti i utjecaji pojedine lokacije obzirom na njezinu udaljenost od pixela čija se vrijednost procjenjuje. Korištenjem težinskih koeficijenata, varijanca razlike između stvarnih i procjenjenih vrijednosti u odabranim pixelima je najmanja moguća, pa kriging metoda pokazuje minimalnu pogrešku procjene (Maathuis & Wang, 2006).



Slika 13. Šumska područja ispod 150 m.n.m. na ASTER GDEM-u označena kao neodređena (siva područja), na kojima je zatim izvedena interpolacija. Poprečni presjek digitalnog visinskog modela dobivenog iz originalnog ASTER GDEM (zelena linija) i interpoliranog DEM (plava linija). Linije poprečnih presjeka označene su na karti.

Unatoč tomu što dobiveni interpolirani DEM ne pokazuje potpunu točnost u visini jer je u šumskim područjima nastao procjenom nadmorske visine prema okolnom području, interpolirani DEM može biti prikladan za korištenje u mnogim hidrološkim i ekološkim istraživanjima. U našem slučaju ovakav DEM postaje prikladan za određivanje smjera strujanja vode koji predstavlja osnovu za mnoge daljnje GIS operacije prilikom dobivanja mreže vodotoka i slivnih područja.

U istraživanom području Spačvanskog bazena u kome se nalazi kompleks šuma načinjena je interpolacija slojnica topografskih karata mjerila 1:25 000, napravljen je referentni DEM i za to su područje uspoređeni ASTER GDEM, interpolirana verzija DEM-a i referentni DEM (Slika 13).

2.4.2. Hidrološka analiza digitalnog modela reljefa

Za daljnju analizu digitalnog modela reljefa, određivanje hidrografske mreže i slivnih područja korišten je modul za hidrološku analizu digitalnog modela reljefa (DEM Hydro-processing modul), programskog paketa ILWIS 3.7. Open (Hengl i sur., 2009).

Iz interpoliranog ASTER GDEM-a skupinom postupaka Flow determination kreirana je hidrološki stalna mreža toka. Pomoću Fill sinks operacije ispunjene su površinske lokalne depresije, nastale kao pogreške interpolacije, koje onemogućavaju određivanje smjera otjecanja vode u DMR-u.

Zatim je određen smjer otjecanja vode pomoću Flow Direction postupka. Iz vrijednosti nadmorske visine u digitalnom modelu reljefa dobiven je novi sloj, koji pokazuje prirodan tok vode između pixela prema najstrmijem susjedu u padu. Nakon toga, akumulacija otjecanja određena je Flow Accumulation postupkom, dobiven je novi sloj s prikazanim brojem pixela koji se nalaze uzvodno, a služi za određivanje glavnog toka.

U nizinskom se području susrećemo s nekoliko dodatnih problema prilikom određivanje hidrografske mreže i slivnih područja iz ASTER GDEM modela terena (Vogt, 2007. a i b).

Zbog vrlo malog nagiba, odnosno nepostojanja nagiba terena prilikom određivanja hidrografske mreže u nizinskom području, automatski određena hidrografska mreža vrlo često ne odgovara stvarnom položaju rijeka. Nadalje, zbog rezolucije ASTER GDEM-a i nemogućnosti prepoznavanja objekata manjih od 1 pixela (30 m) jedan se dio istraživanih vodotoka zbog svoje širine ne može prepoznati na korištenom digitalnom modelu reljefa.

Zbog svega navedenog potrebna je dodatna modifikacija nadmorskih visina u korištenom digitalnom modelu reljefa pri čemu je korištena skupina postupaka u programskom paketu ILWIS pod nazivom Flow modification.

Postupak DEM optimization korišten je kako bi se postojeća mreža kanala usjekla na digitalni model reljefa, tehnika poznata pod nazivima burning-in (Vogt i sur, 2007) odnosno stream burning (Gruber & Peckham, 2009).

Na području je Kopačkog rita (Baranja) zbog vrlo male razlike u visini (svega nekoliko metara) i mreže nešto užih i gušćih kanala, nastalih drenažom područja korišten postupak topološke optimizacije (Topological Optimization). Postupak se inače koristi prilikom određivanja pravilne hidrografske mreže kroz nedefinirano područje (npr. jezero) kada se želi osigurati pravilan smjer strujanja kroz područje. Može se koristiti i u ravnim (nizinskim) područjima gdje je potrebno ispraviti smjer i položaj kanala (Maathuis & Wang, 2006). Uzima se jedna ili više linijskih karata koje će povezati kanal koji utječe s onim koji istječe iz nedefiniranog područja. Time se osigurava pravilan smjer toka i konačno pravilno određivanje hidrografske mreže i slivnih područja.

Nakon dodatne modifikacije digitalnog modela reljefa, skupinom postupaka Network and catchment extraction u programskom paketu ILWIS određena je mreža kanala i njihova slivna područja.

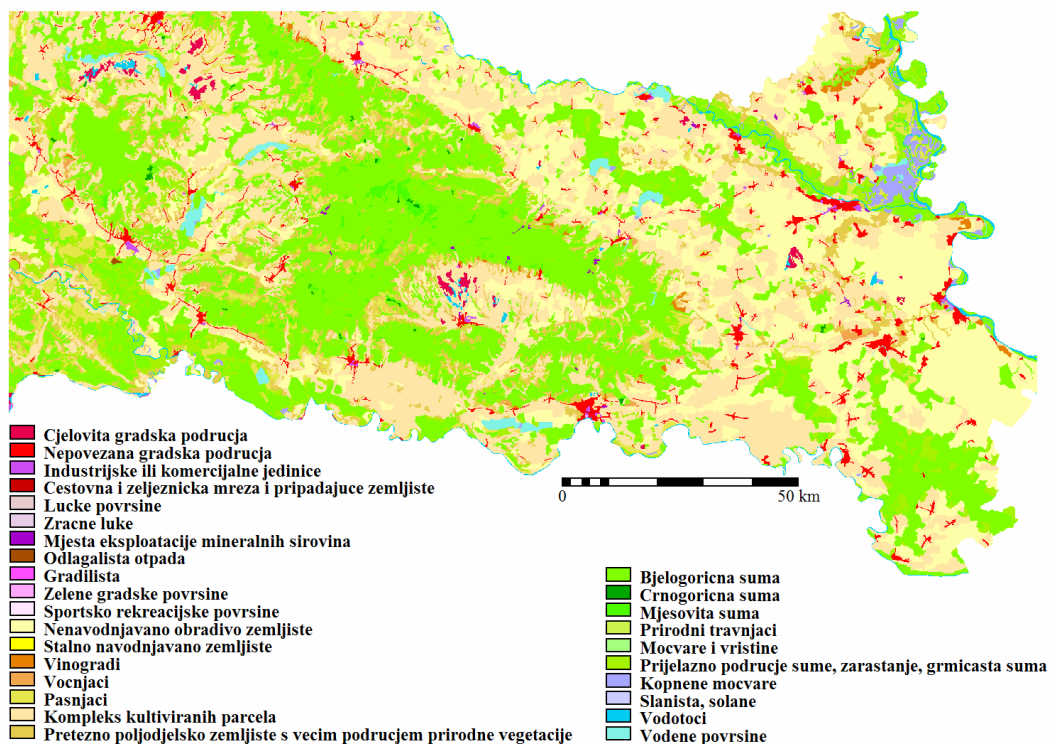
Postupkom Drainage Network Extraction dobiva se osnovna mreža kanala iz koje se zatim postupkom Drainage Network Ordering svakom segmentu mreže kanala pridružuju jedinstvene vrijednosti pa se kao rezultat dobiva sloj mreže kanala i pridružena tablica s topološkim karakteristikama svakog segmenta. Iz ovog se sloja Catchment Extraction postupkom dobivaju slivna područja za pojedine dijelove mreže kanala. Postupak Catchment Merge oblikuje konačna slivna područja za svaki istražen lokalitet, kao i tablice s topološkim karakteristikama i brojnim varijablama za svako pojedino slivno područje.

Izračunate površine slivnih područja istraženih lokaliteta preuzete su za daljnju statističku analizu.

2.4.3. Pokrovnost zemljišta u slivnim područjima.

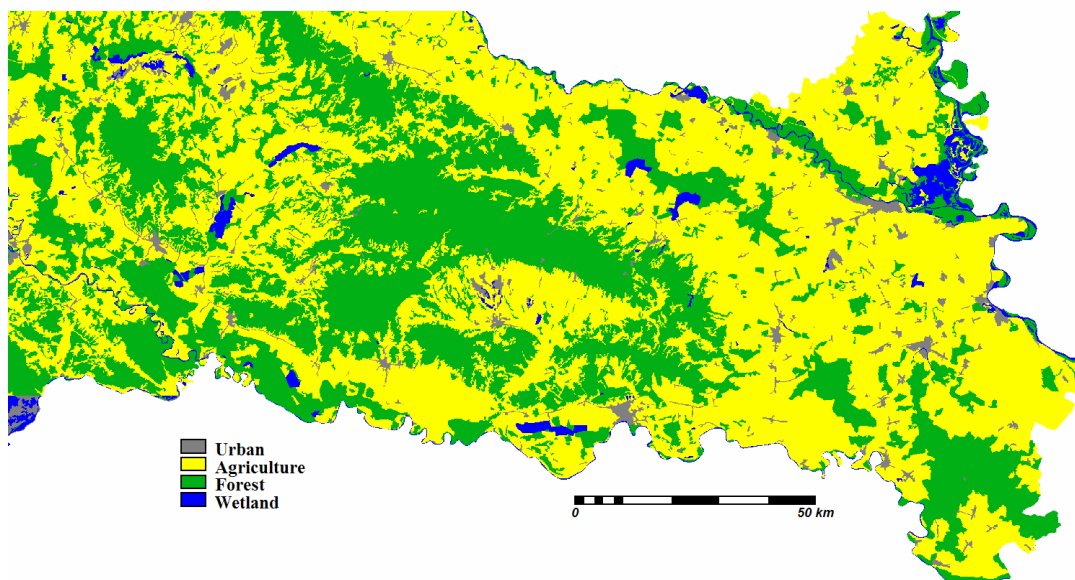
Za dobivanje karte pokrovnosti zemljišta korištena je CORINE land cover karta odnosno karta staništa RH (Slika 16). Izrađena je na temelju CORINE Land Cover 2000 baze podataka, programa pokrenutog od strane Europske unije, koji služi za koordinaciju informacija o okolišu i prirodnim resursima na području Europske unije (Kušan, 2010).

CORINE Land Cover temelji se na interpretaciji satelitskih snimaka, pa su izradom baze podataka dobiveni podaci o stanju stvarnog pokrova zemljišta u Hrvatskoj. Prednost ovih podataka je što se temelje na standardima primijenjenim u Europi i time pojednostavljuju usporedbu podataka i rezultata među pojedinim zemljama.



Slika 16. Pokrov zemljišta područja istraživanja prema CORINE metodologiji.

Na području istraživanja (Slika 17) prevladavaju dva glavna tipa pokrovnosti/korištenja zemljišta: poljoprivredne i šumske površine. Postupkom generalizacije, područje istraživanja je kategorizirano u četiri glavna tipa: šumsko, poljoprivredno, močvarno zemljište i naselja.



Slika 17. Prikaz korištenih kategorija zemljišta na području istraživanja: poljoprivredno, šumsko, močvarno i naselja; dobivene iz karata CORINE land cover.

Daljnijim preklapanjem karata slivnih područja s kartama pokrova zemljišta izračunat je udio ova četiri tipa pokrova zemljišta za svako slivno područje na svakom lokalitetu istraživanja.

Iz mreže vodotoka izračunata je ukupna duljina kanala te duljina kanala u poljoprivrednim i šumskim površinama za svako istraživano slivno područje.

Za izradu karata i izračunavanje površine slivnog područja, udjela kategorija pokrova zemljišta, duljine poljoprivrednih i šumskih kanala unutar slivnog područja korišten je besplatno dostupan (Open source) GIS programski paket, ILWIS 3.7 (Unit Geo Software Development ITC, 2001).

2.5. Lokalni stanišni uvjeti

U skupinu lokalnih stanišnih uvjeta svrstani su čimbenici izmjereni na lokalitetima tijekom svakog obilaska u navedenom periodu (Prilog 2), a to su: širina i dubina vode, brzina strujanja vode, prozirnost, pH, provodljivost, temperatura vode, koncentracija kisika, sulfata, klorida, amonijaka, nitrata, nitrita, ukupnog dušika, dušik po Kjeldahlu, orto-fosfata, ukupnog fosfora, klorofila-a.

Širina vodotoka mjerena je metrom. Na lokalitetima gdje je širina veća od 10 metara vršena je procjena širine. Dubina vode mjerena je baždarenim konopcem s utegom i metrom. Geografske koordinate mjerene su GPS-uređajem (HP iPAQ 114 Classic Handheld + Navman GPS 4410). pH vode mjereno je prijenosnim pH-metrom (WTW pH315i). Prozirnost vode određivana je Secchi pločom. Temperatura vode i zraka mjerena je živinim termometrom. Temperatura vode mjerena je 10 cm ispod površine vode. Na svakom lokalitetu napravljena je procjena brzine strujanja vode u četiri kategorije (prema MIDCC Multifunctional Integrated Study Danube Corridor and Catchment):

- a) nema strujanja, stajačice;
- b) sporo do jedva vidljivo strujanje vode ($>0 - <30 \text{ cms}^{-1}$);
- c) strujanje vode srednje brzine ($35-65 \text{ cms}^{-1}$);
- d) brzo strujanje vode ($>70 \text{ cms}^{-1}$).

Za kemijsku analizu vode na svakom su lokalitetu uzimani uzorci 30-ak cm ispod površine vode. Kemijska analiza vode obavljena je u Ekološkom laboratoriju Vodovoda Osijek d.o.o. i u Zavodu za javno zdravstvo „Sveti Rok“, Virovitičko-podravske županije. U vodi je određivana: provodljivost ($\mu\text{S}/\text{cm}$), koncentracija sulfata (mg/L), klorida (mg/L), amonijaka kao N (mg/L), nitrata kao N (mg/L), nitrita kao N (mg/L), ukupnog dušika (mg/L), dušika po Kjeldahlu (mg/L), orto-fosfata (mg/L), ukupnog fosfora (mg/L) spektrofotometrijski prema

standardnim metodama (APHA, 1998). Količina otopljenog kisika i koncentracija klorofila-a mjereni su u Laboratoriju za ekofiziologiju alga, Odjela za biologiju, Sveučilišta J.J.Strossmayer u Osijeku. Količina otopljenog kisika (mg O₂/l) određivana je metodom po Winkleru (APHA, 1998) i prijenosnim multimetrom (WTW Multi 340i).

Za određivanje koncentracije klorofila, filtrirana je 1L vode kroz Whatman GF/C filtar papir (širina pora 1,2 μm), ekstrahirana u 90% acetonu i spektrofotometrijski je mjerena apsorbancija na valnim duljinama 630, 645, 663 i 750 nm. Koncentracija klorofila-a izračunata je prema Komarkova (1989):

$$\text{chl-a } (\mu\text{g/l}) = (11.64 \times A_{663} - 2.16 \times A_{645} + 0.10 \times A_{630}) \times \frac{v}{Vxd}$$

Valna duljina od 750 nm služi za korekciju (A₆₃₀ - A₇₅₀; A₆₄₅ - A₇₅₀; A₆₆₃ - A₇₅₀), v = volumen ekstrakta (ml), d = duljina kivete (cm), V = volumen filtriranog uzorka (l).

2.6. Statistička obrada podataka

Nakon testirane normalnosti, kako bi se postigla normalna distribucija izvršena je logaritamska transformacija (Alt, chla, Con, Tv, Width, Velocity, Sat, NH₃, NO₂, NO₃, OP, Oxi, pH, TP, Catch) i square-root arcsin (sqrt) transformacija (Depth, SO₄, Transp, A., F., Agr_ch) mjerenih stanišnih uvjeta koji nisu normalno distribuirani.

U statističkoj je analizi korištena ordinacijska ljestvica pokrovnosti makrofita od 0 do 6. Kako bi se osigurala primjenjivost RDA analize u podacima s velikim brojem nula (long environmental gradient), izvršena je Hellinger transformacija vrsta makrofita (Legendre & Gallagher, 2001), čime je smanjen utjecaj duljine gradijenta u PCA i korespondentnoj analizi. Za prikaz stanja sastava makrofita i stanišnih uvjeta na istraživanom području korištena je analiza glavnih komponenata (PCA analiza). Ovom analizom vidljiva je također korelacijska struktura stanišnih čimbenika, određeni su glavni gradijenti na uzorkovanom području i prikazan je odnos stanišnih čimbenika različitih prostornih razina. U grafičkom prikazu PCA analize prikazane su samo prve dvije osi. Obzirom da nas kao rezultat zanima odnos i lokaliteta i vrsta, za prikaz rezultata korišteno je simetrično skaliranje (scaling 3) koje predstavlja spoj korelacijskog dijagrama i dijagrama udaljenosti unutar kojeg je sačuvano najmanje 95% korelacija između vrsta kao i udaljenosti između uzorkovanih lokaliteta (Gabriel, 2002; Legendre & Legendre, 1998). Uz dijagram, rezultati prve dvije osi prikazani su i prostorno na području istraživanja.

Prostorne su varijable u analizama korištene u obliku ortogonalnih koeficijenata (x , y , x^2 , xy , y^2 , x^3 , x^2y , xy^2 , y^3) dobivenih treće-stupanjskom trend-surface analizom iz geografskih koordinata X (geografska širina) i Y (geografska dužina) uzorkovanih lokaliteta (Borcard i sur., 1992; Borcard & Legendre, 1994; Meot i sur., 1998), `poly()` funkcijom paketa `ade4`. Na ovaj način prostorna komponenta omogućava otkrivanje regionalnih trendova u podacima (Meot i sur., 1998). Linearni koeficijenti pokazuju linearni gradijent, dok su kvadratni i kubični važni u modeliranju kompleksnijih površina, ali isto tako korištenjem višestupanjskih koeficijenata dolazi do gubitka stupnjeva slobode za svaku novu varijablu u analizi, pa što je trend-surface analiza više-stupanjska potreban je i veći broj uzorkovanih lokaliteta. Iz ovih je razloga prilikom korištenja prostornih varijabli u analizi u obliku treće-stupanjskih koeficijenata napravljen napredni probir (*forward selection*) pri čemu su odabrane najznačajne varijable i korištene u daljnjoj analizi.

Važnost prostorne komponente u podacima je što objašnjava uzorak, koji nije objašnjen niti jednim drugim izmjerenim stanišnim čimbenikom, a mogu ga uzrokovati biološki procesi širenja, kao i stanišni čimbenik koji utječe na sastav makrofita, ali nije mjeren u istraživanju (Borcard i sur., 1992).

Detrended correspondence analysis (DCA) je nadalje korištena za dobivanje duljine gradijenta, kako bi se odabrala prikladna ordinacijska metoda (linearna ili unimodalna). Duljina gradijenta bila je <4 za sve podatke, što govori da je linearan odgovor prikladan za analizu vrsta, pa je nadalje korištena analiza kanoničke redundancije, Redundancy Analysis (RDA) (Ter Braak & Smilauer, 2002, Jongman i sur., 1995).

Kako bismo izbjegli precijenjeni učinak uzrokovan interakcijama unutar modela (*Data overfitting*), visoko korelirane varijable uklonjene su iz daljnje analize na osnovu nekoliko kriterija. Napravljen je analiza korelacije između svih ispitivanih čimbenika. Čimbenici s visokom korelacijom ($r > 0.8$) uklonjeni su jedan po jedan. Kako bi izbor visoko koreliranih varijabli bio što objektivniji korišten je alat *variance inflation model* (VIF). Iako ne postoji granica za VIF vrijednosti, pa je odluka vrlo često subjektivna, neki statističari predlažu da su vrijednosti više od 5 ili 10 prevelike (Montgomery & Peck, 1992; Zuur i sur., 2010), dok vrijednosti veće od 50 definitivno zahtjevaju eliminaciju varijabli iz daljnjih analiza. U ovom su istraživanju u modelima sve varijable s *variance inflation factor* većim od 8 ($VIF > 8$) izbačene iz daljnje analize kako bi se izbjegla multikolinearnost. Za pomoć prilikom izbacivanja varijabli korišten je korelacijski dijagram PCA analize.

Nadalje, kako bi se smanjio rizik uključivanja prevelikog broja varijabli i kako bi ostale najznačajnije i najvažnije varijable u modelu, korištena je metoda naprednog probira (*forward*

selection) temeljena na dva kriterija (Blanchet i sur., 2008, Borcard i sur., 2011). Napredni probir se zaustavlja ako je dosegnuta alpha razina značajnosti, pa varijable više nisu značajne ($p > 0,05$) ili je vrijednost prilagođenog koeficijenta determinacije, R^2_{adj} , trenutnog modela veća od R^2_{adj} ukupnog modela koji sadrži sve potencijalne stanišne čimbenike. Za ovu metodu naprednog probira korištena je funkcija `forward.sel()` paketa `packfor` (Dray i sur., 2007).

Nakon izbora varijabli, kako bi se utvrdio utjecaj stanišnih i prostornih čimbenika na pojavljivanje makrofita korištena je RDA analiza. Za prikazivanje rezultata korišten je kao i u PCA analizi ordinacijski dijagram sa simetričnim skaliranjem (scaling 3) u kojem su sačuvane i korelacije između vrsta i udaljenosti između uzorkovanih lokaliteta. Rezultati RDA analize s prve dvije osi također su prikazani prostorno.

Za analizu raspodjele varijance između prostornih, vremenskih, lokalnih i regionalnih komponenata (Borcard i sur., 1992, Anderson & Cribble, 1998) svi mjereni čimbenici podijeljeni su u četiri komponente: izmjereni lokalni stanišni čimbenici, regionalni stanišni čimbenici koji predstavljaju podatke vezane za slivno područje, prostorna komponenta u obliku treće-stupanjskih koeficijenata koja daje uvid u procese u prostoru koji nisu obuhvaćeni mjerenjem, te vremenska komponenta koja pokazuje utjecaj samog vremena na promjene sastava makrofita.

Kako bi se utvrdio odnos četiri kategorije stanišnih čimbenika (prostorna, vremenska, regionalna i lokalna) i sastava makrofita korištena je parcijalna RDA analiza (pRDA) (ter Braak & Šmilauer, 2002). U kategorije stanišnih čimbenika korištenih u parcijalnoj RDA analizi uključeni su samo značajni čimbenici (izabrane varijable iz prethodne RDA analize).

Korištenjem pRDA podijeljena je ukupna varijanca u: a) jedinstvenu ili čistu varijaciju određene kategorije stanišnih čimbenika, b) zajedničku varijaciju kojoj doprinose sve izmjerene varijable i c) slučajna pogreška (random error).

Korištenjem ovih podataka napravljena je pRDA analiza sastava makrofita prema Borcard i sur. (1992) i Liu (1997). Tri su koraka korištena kako bi se raspodijelila varijanca u sastavu makrofita između četiri kategorije varijabli: prostorne (S), regionalne (R), lokalne (L) i vrijeme (T). Prvo, korištena je kanonička analiza bez kovarijabli kako bi se procijenila ukupna količina varijance objašnjene (kao suma kanoničkih svojstvenih vrijednosti) u sastavu makrofita pripisive svim stanišnim čimbenicima (SRLT) i ukupnoj varijanci koja nije objašnjena stanišnim varijablama (1-SRLT). Druga je serija ordinacijskih metoda s kovarijablama korištena kako bi se izračunala varijanca objašnjena specifičnim efektima svake kategorije (S, R, L, T). U ovom je koraku za svaku kategoriju napravljena ordinacija s

preostalim kategorijama kao kovarijablama. Treće, napravljena je serija parcijalnih kanoničkih ordinacija kako bi se izračunao specifičan efekt uvećan za udio interakcija prvog reda za svaku kategoriju prediktora. Za svaku su interakciju uvrštene dvije kategorije varijabli kao prediktori, dok je treća varijabla uvrštena kao kovarijabla, kako bi se uklonio njen efekt. Ista analiza korištena je i kako bi se utvrdio odnos ali ovaj put tri kategorije čimbenika (prostorna, vremenska i regionalna) i lokalnih varijabli. Za parcijalnu RDA analizu korištena je funkcija `varpart()` paketa `vegan`.

Kako bi se utvrdila godišnja i sezonska dinamika makrofita i lokalnih stanišnih čimbenika korištene su dvije metode: analiza Procrustes rotation i RDA analiza s vremenskim varijablama.

Analiza Procrustes rotation zajedno s PROTEST permutacijskim testom, korištena je kako bi se utvrdili lokaliteti na kojima je došlo do promijena u stanišnim uvjetima i sastavu makrofita tijekom istraživanog vremena. Ovom se metodom procjenjuje ukupan stupanj korelacije između ordinacijskih modela na temelju njihovih ordinacijskih vrijednosti (u ovom slučaju PCA scores) kroz Procrustes superimposition pristup (Peres-Neto & Jackson, 2001). Za svaku su sezonu korištene PCA vrijednosti (PCA scores) posebno za sastav makrofita i posebno za stanišne čimbenike. Nakon što je analizom Procrustes rotation utvrđeno na kojem je području došlo do promjena stanišnih čimbenika i sastava makrofita kako bismo utvrdili što se promijenilo tijekom vremena korištena je RDA analiza. Obzirom da vrijeme predstavlja nominalnu varijablu za svaku su sezonu napravljene varijable (S7, P8, S8, P9, S9). Uzorcima su pridružene vrijednosti 0 ili 1 ovisno o vremenu kada su uzorkovani (dummy binary variables).

Kako bi objasnili godišnju dinamiku korištena je RDA analiza s varijablama koje predstavljaju tri ljeta 2007., 2008. i 2009. godina (S7, S8, S9). Zbog multikolinearnosti zadnja se varijabla uvijek izbacuje iz analize, ali su u dijagramima lokaliteti vezani za izbačenu varijablu u većini slučajeva jasno vidljivi. Za prikazivanje rezultata korišten je ordinacijski dijagram sa simetričnim skaliranjem (scaling 3) i prve su dvije osi prikazane u prostoru.

U sezonskoj dinamici, u usporedbi proljeća i ljeta uzorkovanih godina (2008. i 2009.) korištene su varijable P8, S8, P9, S9. Rezultati su prikazani na isti način. Analiza Procrustes rotation zajedno s PROTEST permutacijskim testom, kao i RDA analiza napravljeni su korištenjem paketa `vegan` (Oksanen i sur., 2008).

Sve su statističke analize napravljene u R statističkom paketu (R Development Core Team, 2008).

3. REZULTATI

3.1. Prikaz sastava makrofita i stanišnih uvjeta

3.1.1. Prikaz stanišnih uvjeta na istraživanom području

Analiza glavnih komponenata (PCA analiza) pokazuje gradijente i odnos slivnih i lokalnih stanišnih uvjeta istraživanog područja (Slika 19a). Prva os (PC1) objašnjava 18,49% ukupne varijance i predstavlja gradijent slivnih stanišnih uvjeta. U velikim je slivovima veći udio šuma (F.) i šumskih vodotoka (For_ch.) koji su širi (Width) i dublji (Depth), s većom prozirnošću vode (Transp), a u manjim je slivovima veća gustoća vodotoka (Density) s pretežito poljoprivrednim površinama (A.) i većom koncentracijom sulfata (SO₄). Prema ovoj su osi lokaliteti podijeljeni prema područjima istraživanja, od najvećih slivnih područja u Lonjskom polju do najmanjih na području Baranje. Druga os (PC2, 12,91% ukupne varijance) predstavlja gradijent lokalnih stanišnih uvjeta, prvenstveno nutrijenata: od staništa sa povećanom količinom nutrijenata i to orto-fosfata (OP), ukupnog fosfora (TP), amonijaka (NH₃), te povećanim konduktivitetom (Con) koje nalazimo u slivovima s većom naseljenošću (U., Urb_ch) do staništa s većom koncentracijom kisika (Oxi) i većom zasićenošću kisikom (Sat). Kao staništa sa smanjenom količinom nutrijenata i povećanom koncentracijom kisika izdvojeni su rukavci rijeka Dunava (Monjoroški Dunavac), Drave (Belišće), Save (lokaliteti Mužilovčica i Čigoč) i područje Spačvanskog bazena kao svijetli krugovi na prostornom prikazu (Slika 18a).

Staništa s povećanom količinom nutrijenata nalaze se na suprotnoj strani ordinacijskog dijagrama i prikazana su kao tamni krugovi na prostornom prikazu (Slika 18a). Najveća je koncentracija nutrijenata utvrđena na području rijeke Biđ, zatim na rubnim dijelovima Spačvanskog bazena kao i u samoj rijeci Bosut. S najvećim se koncentracijama nutrijenata izdvajaju lokaliteti uz naselja Bošnjaci i Jošava u području grada Đakova. Na području Baranje s većim koncentracijama nutrijenata izdvaja se rijeka Karašica, s lokalitetima koji se nalaze uz grad Beli Manastir, dok se na području sliva rijeke Lonje izdvaja lokalitet Novi kanal i lokaliteti na sjeverozapadnom dijelu područja istraživanja.

Dijagram PCA analize pokazuje (Slika 18a) podijeljenost i grupiranost na lokalitete područja Baranje, Bosuta i Lonjskog polja, a veća preklapanja lokaliteta Bosuta i Lonjskog polja rezultat su njihove veće sličnosti.

Kako se područja istraživanja međusobno razlikuju zasebna analiza daje jasniju sliku odnosa stanišnih čimbenika kao i vrsta na pojedinom području.

Za područje Baranje prva os (PC1, 20,5% ukupne varijance) analize glavnih komponenata pokazuje gradijent od širokih i dubokih vodotoka s velikom prozirnošću do nutrijentima bogatih vodotoka (Slika 18b). Druga os (16,2%) pokazuje gradijent od većih slivnih područja u Baranji do staništa s manjim slivnim područjima i većom koncentracijom kisika.

Lokaliteti Baranje su razdvojeni na tri zasebna područja: sliv kanala Barbara (zeleno), sliv Karašice (crveno) i melioracijski kanali na području Kopačkog rita (plavo), kako bi se lakše uočile razlike (Slika 10a). Na prostornom prikazu PCA osi (Slika 18b) izdvojeni su lokaliteti područja rijeke Karašice na kojima je veća koncentracija orto-fosfata (OP), ukupnog fosfora (TP), amonijaka (NH₃), nitrata (NO₃) u odnosu na ostale vodotoke u Baranji. Prema stanišnim čimbenicima također su izdvojeni rukavci Dunava (Monjoroški Dunavac) i Drave (Belišće), razlikuju se dubinom, širinom, prozirnošću, slivna su im područja manja i za razliku od ostalih lokaliteta u Baranji dominira šumski pokrov.

Za područje sliva rijeke Bosut prva os (PC1) objašnjava 23,22% ukupne varijance i predstavlja gradijent nutrijenata (Slika 18c). Na području je ovog sliva vidljiva povezanost regionalnih varijabli s nutrijentima. U slivovima s većim udjelom poljoprivrednih površina (A., Agr_ch.) i naselja (U., Urb_ch.) zabilježena je veća koncentracija amonijaka (NH₃), nitrata (NO₃), nitrita (NO₂) i veći konduktivitet (Con). Na prostornom prikazu sliva Bosuta kao najopterećeniji lokaliteti izdvajaju se lokaliteti Đurđanci uz grad Đakovo i Ivankovo uz grad Vinkovce te Bošnjaci i Vrbanjica u Spačvanskom bazenu. Oni predstavljaju krajnje dijelove sliva i imaju najmanje slivno područje vezano za neki od većih gradova ili naselja. Suprotno tome, nalazimo slivove s većim udjelom šumskih kanala, većom koncentracijom (Oxi) i zasićenošću vode kisikom (Sat) kojima pripadaju lokaliteti Spačvanskog bazena označeni kao crni krugovi u prostornom prikazu prve osi (Slika 18c). Druga os (15,57%) predstavlja veličinu slivnih područja, dužinu kanala u slivovima i gustoću kanala. Prema njoj su lokaliteti podijeljeni na područja Bosut s većim slivnim područjem i Spačvanskog bazena s manjim slivovima što je vidljivo na prostornom prikazu druge osi (Slika 18c). Također je vidljivo daleko veće opterećenje fosfatima (OP, TP) i ostalim nutrijentima rijeke Bosut od lokaliteta unutar Spačvanskog bazena.

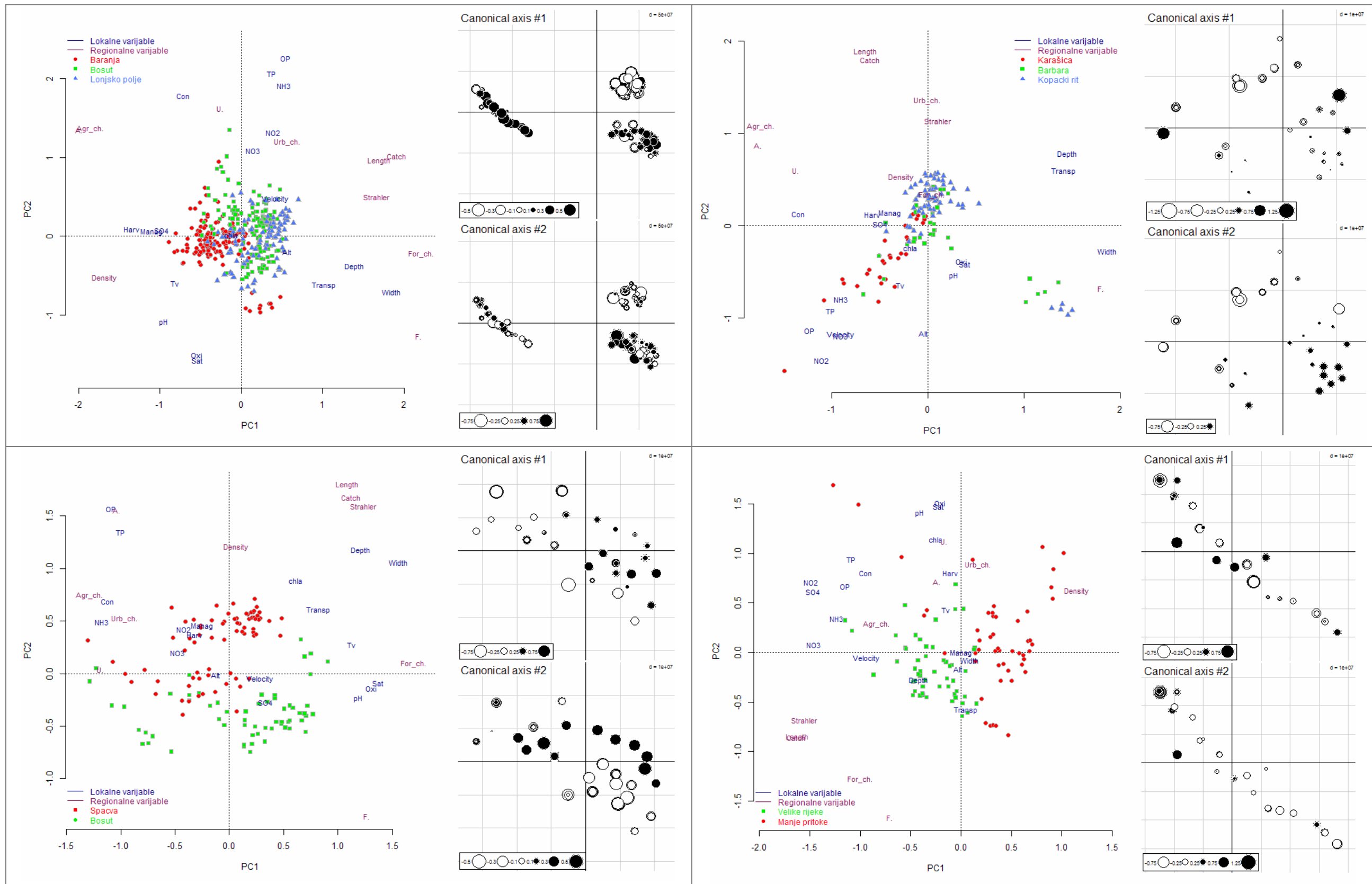
Na području Lonjskog polja, prva os (PC1, 20,41%) objašnjena je nutrijentima i regionalnim stanišnim čimbenicima te predstavlja gradijent od lokaliteta s velikim slivovima u kojima nalazimo veći udio poljoprivrednih površina (Agr_ch), veća koncentracija nutrijenata i brže strujanje vode (Velocity) do lokaliteta s manjim slivovima i većom gustoćom kanala. Na

prostornom prikazu prve osi vidljiva je podijeljenost lokaliteta na Velike rijeke i Manje pritoke (Slika 18d). Lokaliteti manjih pritoka s izdvojenim rukavcima Save Budaševo, Čigoč, Mužilovčica predstavljaju duboke široke vodene sustave s najmanjim slivnim područjima. Druga os (PC2, 17,38%) predstavlja gradijent od staništa s većom koncentracijom kisika i klorofila-a do dubokih vodotoka s većom prozirnošću i većim udjelom šumskog pokrova unutar sliva.

PCA dijagram također je prikladan za određivanje kolinearnosti varijabli, osobito u slučajevima kada je njihov broj velik. Analiza glavnih komponenata pokazuje značajnu korelaciju između stanišnih čimbenika (A.) i (Agr_ch.), (Catch) i (Length) te (OP) i (TP). Korelacija između ovih varijabli veća je od 80%.

Varijable Catch i Length povezane su jer je duljina kanala (Length) na području istraživanja direktno ovisna o veličini sliva (Catch). Isti odnos vrijedi i između varijabli poljoprivrednih površina unutar sliva (A.) i duljine kanala (Agr_ch.).

Nešto je složeniji odnos lokalnih čimbenika orto-fosfata (OP) i ukupnog fosfora (TP) u vodotocima. Orto-fosfati (OP) predstavljaju koncentraciju fosfata otopljenog u vodi koji je kao takav dostupan biljkama, ali se njegova količina u vodi vrlo brzo mijenja. Ukupni fosfor predstavlja sav fosfat prisutan u vodi, pa i onaj vezan za čestice i predstavlja koncentraciju potencijalno dostupnog fosfata. Zbog svega navedenog izabrane su i iz daljnjih analiza isključene varijable (Agr_ch.), (Length.) i (TP).



Slika 18. Ordinacijski dijagrami PCA analize s prikazanim stanišnim uvjetima u: a) Ukupnom području istraživanja, b) Baranji, c) slivu rijeke Bosut, d) Lonjskom polju. Uz svaki su dijagram prostorno prikazani rezultati prve dvije osi. Crni krugovi predstavljaju pozitivne PCA vrijednosti lokaliteta, a bijeli negativne. Veličina krugova proporcionalna je PCA vrijednostima na pojedinim lokalitetima.

3.1.2. Prikaz sastava makrofita na istraživanom području

Uspoređujući odnos makrofita na istraživanom području (Slika 19a) vidljiva je grupiranost lokaliteta prema područjima istraživanja, iako je udio ukupne varijance koji objašnjavaju prve dvije osi (PC1 i PC2) daleko manji (4,52% i 4,49%), u usporedbi sa stanišnim uvjetima što ukazuje na sličan sastav vrsta. Dijagram također pokazuje nešto veću sličnost u sastavu makrofita između Bosuta i Lonjskog polja i nešto veće razdvajanje Baranje.

Prvu os (PC1, Slika 19a) predstavlja gradijent submerznih vrsta, među kojima razlikujemo slobodno plivajuće vrste *Spirodela polyrhiza* (Spipol), *Lemna minor* (Lemmin), *Lemna gibba* (Lemgib), *Wolffia arrhiza* (Wolarh) koje dominiraju na području sliva Bosuta; submerzne vrste *Myriophyllum spicatum* (Myrspi), *Ranunculus circinatus* (Rancir), *Utricularia australis* (Utraus), *Elodea nuttallii* (Elonut); zakorijenjene vrste *Nymphaea alba* (Nymalb), te slobodno plivajuće vrste *Hydrocharis morsus ranae* (Hydmor) i *Salvinia natans* (Salnat) koje dominiraju na području Baranje. Prva os također pokazuje siromaštvo vrsta na području Bosuta, karakteristično za slobodno-plivajuće zajednice i veću raznolikost makrofita na području Baranje.

Drugu os (PC2) predstavlja gradijent amfibijskih i kopnenih vrsta roda *Carex*, *Alisma*, *Glyceria*, *Sparganium*, a s većom pokrovnošću se javljaju na lokalitetima Lonjskog polja (Mužilovčica, Zelina, Gređani, Lonjica) i slivnog područja rijeke Bosut (Otok).

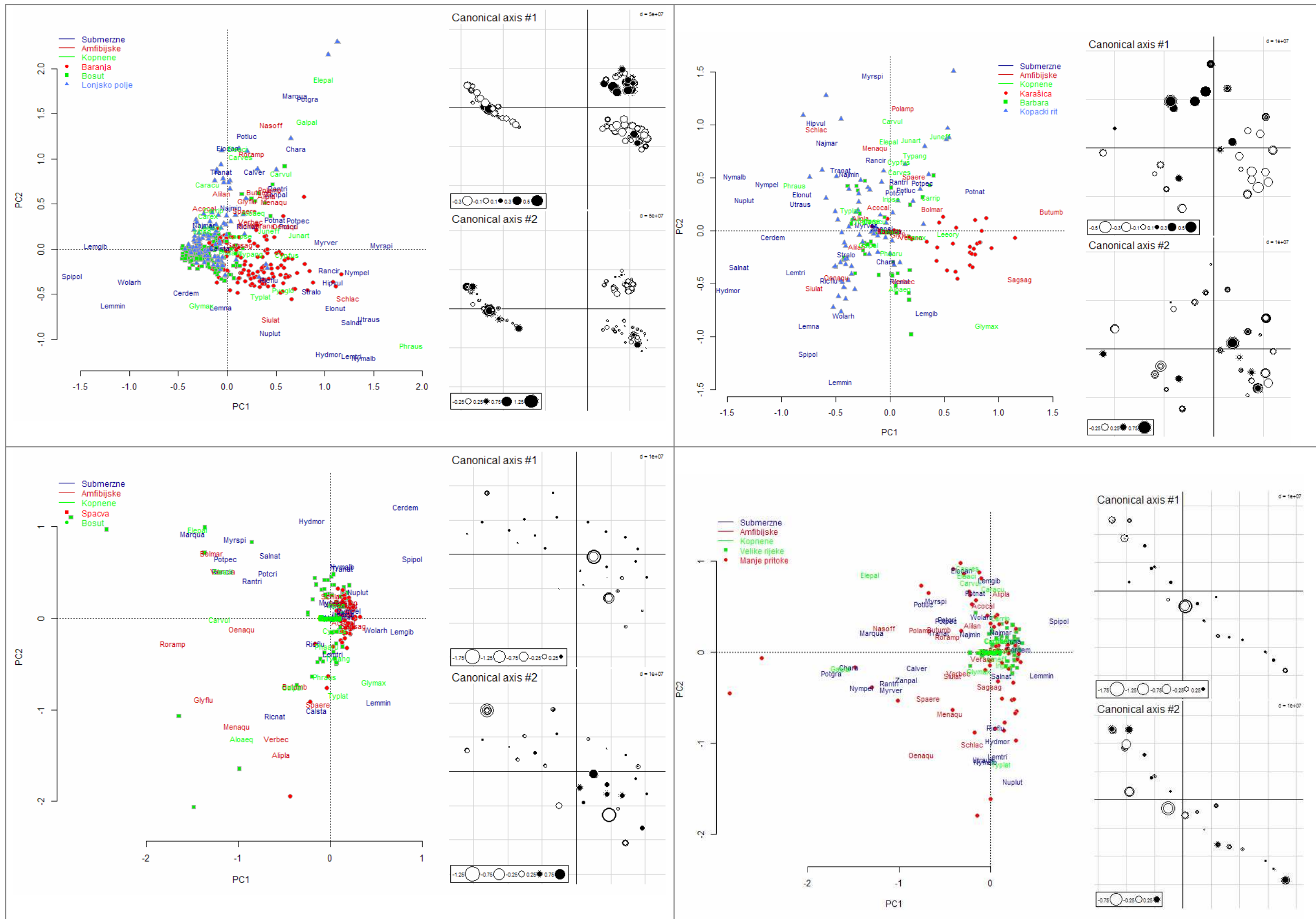
Uspoređujući odnos makrofita na području Baranje (Slika 19b), prve dvije osi objašnjavaju 13,78% varijabilnosti. Na području Kopačkog rita raznolikost makrofita je vrlo velika i dominiraju submerzne vrste *Utricularia australis*, *Elodea nuttallii*, *Ceratophyllum demersum*, *Lemna trisulca*, zakorijenjene *Nymphaea alba*, *Nuphar lutea*, *Nymphoides peltata*, *Trapa natans* i slobodno plivajućih, *Salvinia natans*, *Hydrocharis morsus ranae*, a na području sliva rijeke Karašice dominiraju amfibijske i kopnene vrste *Butomus umbellatus*, *Sagittaria sagittifolia*, *Glyceria maxima*.

Lokaliteti područja kanala Barbara većim se dijelom preklapaju s lokalitetima područja melioracijskih kanala Kopačkog rita (Slika 19b). Razlikuju se nešto većim udjelom slobodno-plivajućih vrsta što prikazuju veći bijeli krugovi na prostornom prikazu PC2 osi (Slika 19b).

Prema sastavu makrofita na području rijeke Bosut, prve dvije osi (PC1 i PC2) objašnjavaju 19,86% ukupne varijance. Na temelju sastava vrsta izdvajaju se lokaliteti Vrbanjica, Jošava uz grad Đakovo na kojima dominiraju amfibijske i kopnene vrste roda *Alisma*, *Typha*, *Glyceria*, *Butomus umbellatus* (Slika 19c), dok se lokalitet Spačva prema Otoku ističe većim brojem vrsta, a dominiraju submerzne vrste *Myriophyllum spicatum*, *Potamogeton crispus*, *P. pectinatus*, *Ranunculus trichoides* i *Marsilea quadrifolia*. Druga os (PC2) pokazuje veći udio submerznih vrsta u Spačvanskom bazenu u odnosu na ostatak sliva. Prema sastavu makrofita ostali se lokaliteti ne razlikuju značajno, što pokazuje snažna grupiranost lokaliteta (Slika 19c). Za cijelo su područje karakteristične slobodno plivajuće vrste *Spirodela polyrhiza*, *Lemna gibba*, *Wolffia arhiza*, *Ceratophyllum demersum*.

Prema sastavu makrofita Lonjskog polja prve dvije osi objašnjavaju 18,76% ukupne varijabilnosti. Prva os (PC1) pokazuje gradijent od submerznih vrsta *Ranunculus trichoides*, *Zanichelia palustris*, *Myriophyllum verticillatum*, *Potamogeton gramineum* (Slika 19d) do slobodno plivajućih vrsta *Lemna minor*, *Spirodela polyrhiza*, *Ceratophyllum demersum* koje nalazimo u najvećem broju lokaliteta Lonjskog polja.

Druga os (PC2, 8,26%) objašnjena je gradijentom submerznih vrsta kao što su *Hydrocharis morsus-ranae*, *Lemna trisulca*, *Nuphar lutea*, *Nymphaea alba*, a karakteristična je za rukavce: Čigoč, Mužilovčica, Budaševo, do slobodno plivajućih vrsta *Lemna gibba*, *Potamogeton natans*, *Trapa natans*, *Elodea canadensis* i čitavog niza kopnenih vrsta roda *Carex*, *Eleocharis* koje u većem udjelu nalazimo na lokalitetima Nova Sava, Zelina i oteretni Novi kanal.



Slika 19. Ordinacijski dijagrami PCA analize s prikazanim sastavom makrofita u: a) Ukupnom području istraživanja, b) Baranji, c) slivu rijeke Bosut, d) Lonjskom polju. Uz svaki su dijagram prostorno prikazani rezultati prve dvije osi. Crni krugovi predstavljaju pozitivne PCA vrijednosti lokaliteta, a bijeli negativne. Veličina krugova proporcionalna je PCA vrijednostima na pojedinim lokalitetima.

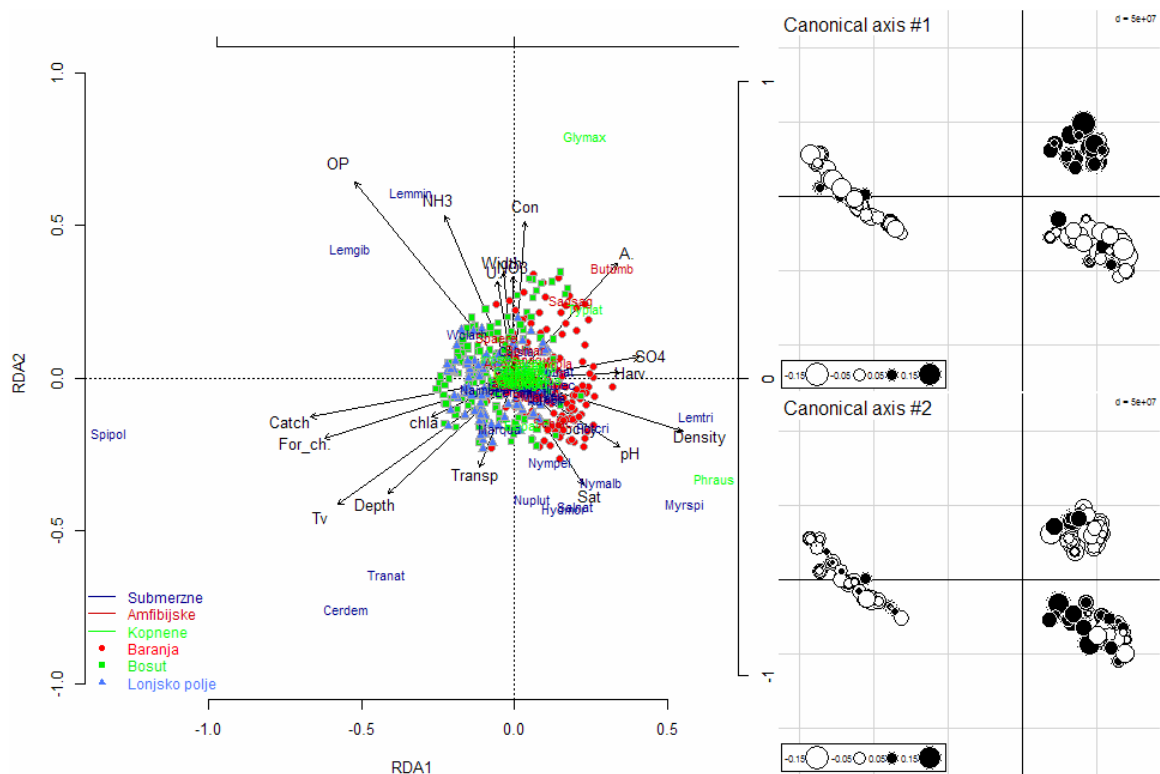
3.2. Utjecaj stanišnih uvjeta na sastav makrofita

3.2.1. Ukupno područje istraživanja

Izmjereni čimbenici objašnjavaju 26,01% ukupne varijance sastava makrofita (Tablica 3). Na ukupnom području istraživanja u sastavu makrofita najveći udio objašnjavaju regionalni stanišni uvjeti, gdje prva os (RD1, 28,48%) predstavlja gradijent od velikih slivova (Catch) s najvećim udjelom šumskog pokrova (For_ch) i najvećom dubinom vodotoka (Depth) unutar kojih prevladavaju vrste *Spirodela polyrhiza* (Spipol), *Ceratophyllum demersum* (Cerdem) i *Trapa natans* (Tranat). To su staništa sa manjim brojem vrsta makrofita i manjom raznolikošću, a nalaze se na području Lonjskog polja i Bosuta. Suprotno tome nalaze se lokaliteti s malim slivnim područjima, većom gustoćom kanala (Density), udjelom poljoprivrednih površina (A.), koncentracijom sulfata (SO₄) i češćim održavanjem kanala (Harv) (Slika 20). Na ovim staništima prevladavaju kopnene i amfibijske vrste *Sagittaria sagittifolia* (Sagsag), *Butomus umbellatus* (Butumb), *Typha latifolia* (Typlat) i vrsta *Lemna trisulca* (Lemtri), a nalazimo ih na području Baranje.

Gradijent povećanja nutrijenata vidljiv je u slivovima s većom naseljenošću (U.), povećanom koncentracijom orto-fosfata (OP), amonijaka (NH₃), nitrata (NO₃), što prikazuje druga os (RD2 22,16%). Na takvim staništima nalazimo slobodno plivajuću vrstu *Lemna gibba* (Lemgib) vezanu uz povećanu koncentraciju orto-fosfata (OP), vrstu *Lemna minor* (Lemmin) vezanu uz amonijak kao i vrstu *Glyceria maxima* (Glymax) koju s većom pokrovnošću nalazimo na ovakvim staništima. Povećanu koncentraciju nutrijenata prikazanu crnim krugovima na Slici 20. nalazimo u području rijeke Karašice, Biđ i Bosut, dok je na području Lonjskog polja koncentracija nutrijenata nešto niža.

Suprotno tome na većem području Baranje, na području Spačvanskog bazena i Lonjskog polja nalazimo vodotoke s većom zasićenošću kisikom (Sat) i većom prozirnošću (Transp). Na tim lokalitetima najveća je raznolikost kategorija submerznih vrsta *Salvinia natans* (Salnat), *Hydrocharis morsus-ranae* (Hydmor), *Nuphar lutea* (Nuplut), *Nymphaea alba* (Nymalb), *Myriophyllum spicatum* (Myrspi).



Slika 20. Ordinacijski dijagram RDA analize s prikazanim odnosom sastava makrofita i stanišnih čimbenika. Prostorno su prikazani rezultati prve dvije osi. Crni krugovi predstavljaju pozitivne RDA vrijednosti lokaliteta, a bijeli negativne vrijednosti. Veličina krugova proporcionalna je RDA vrijednostima na pojedinim lokalitetima.

Tablica 3. Prikaz rezultata prve četiri osi RDA analize s RDA vrijednostima odabranih varijabli za ukupno područje istraživanja.

Axes	AX1	AX2	AX3	AX4	Total variance
Sum of all eigenvalues					0.6379
Sum of constrained eigenvalues					0.1659
Eigenvalues :	0.0527	0.0362	0.0215	0.0098	0.1659
Udio od ukupne varijance	8.262	5.682	3.376	1.531	26.01
Udio od ukupno objašnjene varijance	31.76	53.6	66.58	72.46	100
Biplot scores for constraining variables					
Harv	0.3541	0.0182	0.0554	-0.1841	
Alt	-0.1169	0.0456	0.4410	0.2931	
chla	-0.2772	-0.1319	-0.0694	-0.0755	
Con	0.0370	0.5283	-0.2932	-0.2150	
Depth	-0.4259	-0.3888	-0.1899	-0.1412	
Width	-0.0387	0.3562	0.6897	-0.2045	
Velocity	0.1729	-0.1540	0.0009	-0.2506	
NH3	-0.2329	0.5472	-0.1056	0.1291	
NO3	-0.0031	0.3420	0.3798	-0.1444	
OP	-0.5354	0.6610	-0.2118	-0.1063	
pH	0.3543	-0.2311	0.2047	-0.2389	

Sat	0.2316	-0.3585	0.3881	-0.0146
SO4	0.4174	0.0696	-0.1637	-0.2418
Transp	-0.1179	-0.2987	-0.3286	0.0099
Tv	-0.5949	-0.4254	-0.0732	0.0159
Catch	-0.6857	-0.1315	0.0212	-0.2474
Density	0.5662	-0.1797	-0.2819	-0.2240
A.	0.3462	0.3865	-0.3922	-0.4563
U.	-0.0587	0.3264	-0.2541	0.5131
For_ch.	-0.6402	-0.2014	0.2554	-0.0632

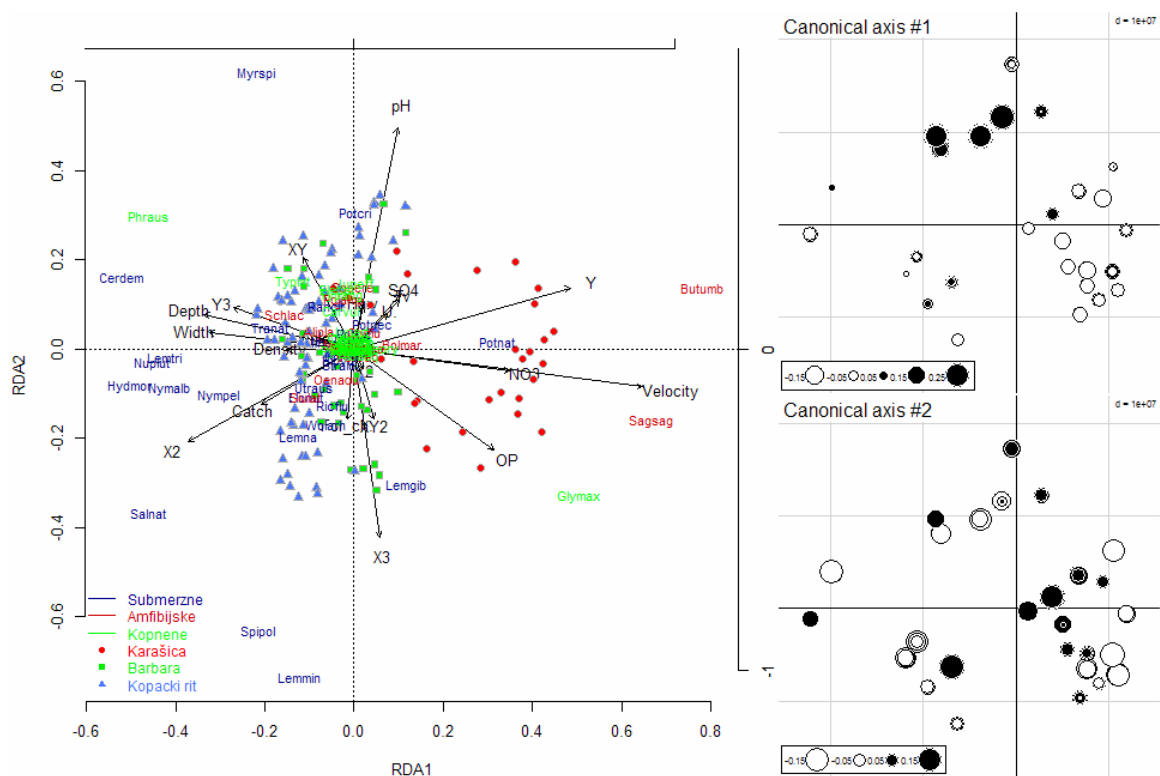
3.2.2. Baranja

Stanišni čimbenici objašnjavaju 44,73% varijance makrofita na području Baranje (Tablica 4). U ordinacijskom dijagramu (Slika 21) vidljiv je značajniji utjecaj prostornih varijabli i podijeljenost lokaliteta na području Baranje.

Prva os (RD1, 29,82%) predstavlja duboke (Depth) i široke (Width) vodotoke s velikim slivnim područjima (Catch), nešto manjom koncentracijom nutrijenata u kojima nalazimo kategorije submerznih vrsta *Salvinia natans* (Salnat), *Hydrocharis morsus ranae* (Hydmor), *Nymphaea alba* (Nymalb), *Nymphoides peltata* (Nympel), *Nuphar lutea* (Nuplut), *Lemna trisulca* (Lemtri), *Ceratophyllum demersum* (Cerdem) na području melioracijskih kanala Kopačkog rita i dijelom kanala Barbara.

Suprotna strana gradijenta prve osi predstavlja vodotoke u kojima je vidljivo strujanje vode (Velocity) i veća koncentracija nitrata (NO₃) i orto-fosfata (OP). Kao najopterećeniji dio Baranje, ističe se područje Karašice označeno crnim krugovima u prostornom prikazu prve osi (Slika 21). Također je vidljivo da na lokalitetima Karašice prevladavaju amfibijske vrste *Butomus umbellatus* (Butumb), *Sagittaria sagittifolia* (Sagsag) i kopnene *Glyceria maxima* (Glymax).

Druga os (RD2, 13,86%) je objašnjena prostornim varijablama i nešto nižim pH vode, s lokalitetima na kojima dominiraju slobodno plivajuće vrste *Lemna minor*, *Spirodela polyrhiza*, *Lemna gibba* na području kanala Barbara i u melioracijskim kanalima samog Parka prirode Kopački rit.



Slika 21. Ordinacijski dijagram RDA analize s prikazanim odnosom sastava makrofita i stanišnih čimbenika na području Baranje. Prostorno su prikazani rezultati prve dvije osi. Crni krugovi predstavljaju pozitivne RDA vrijednosti lokaliteta, a bijeli negativne vrijednosti. Veličina krugova proporcionalna je RDA vrijednostima na pojedinim lokalitetima.

Tablica 4. Prikaz rezultata prve četiri osi RDA analize s RDA vrijednostima odabarnih varijabli za područje Baranje.

Axes	AX1	AX2	AX3	AX4	Total variance
Sum of all eigenvalues					0.6045
Sum of constrained eigenvalues					0.2704
Eigenvalues	0.0807	0.0375	0.0288	0.0222	0.2704
Udio od ukupne varijance	13.34	6.20	4.771	3.669	44.73
Udio od ukupno objašnjene varijance	29.82	43.68	54.35	62.55	100

Biplot scores for constraining variables

chla	-0.1063	0.0313	0.2553	0.4951
Depth	-0.4684	0.1083	-0.2263	0.2208
Width	-0.4505	0.0535	-0.5380	0.4894
Velocity	0.9003	-0.1152	-0.2480	-0.0279
NO3	0.4846	-0.0680	-0.0170	0.1332
OP	0.4344	-0.3152	0.3329	0.3568
pH	0.1339	0.6874	-0.0815	0.1662
SO4	0.1398	0.1679	0.1939	-0.0595
Tv	0.1402	0.1536	-0.0790	0.0381
Catch	-0.2887	-0.1749	0.0894	-0.1703
Density	-0.2091	-0.0017	-0.0563	-0.1755

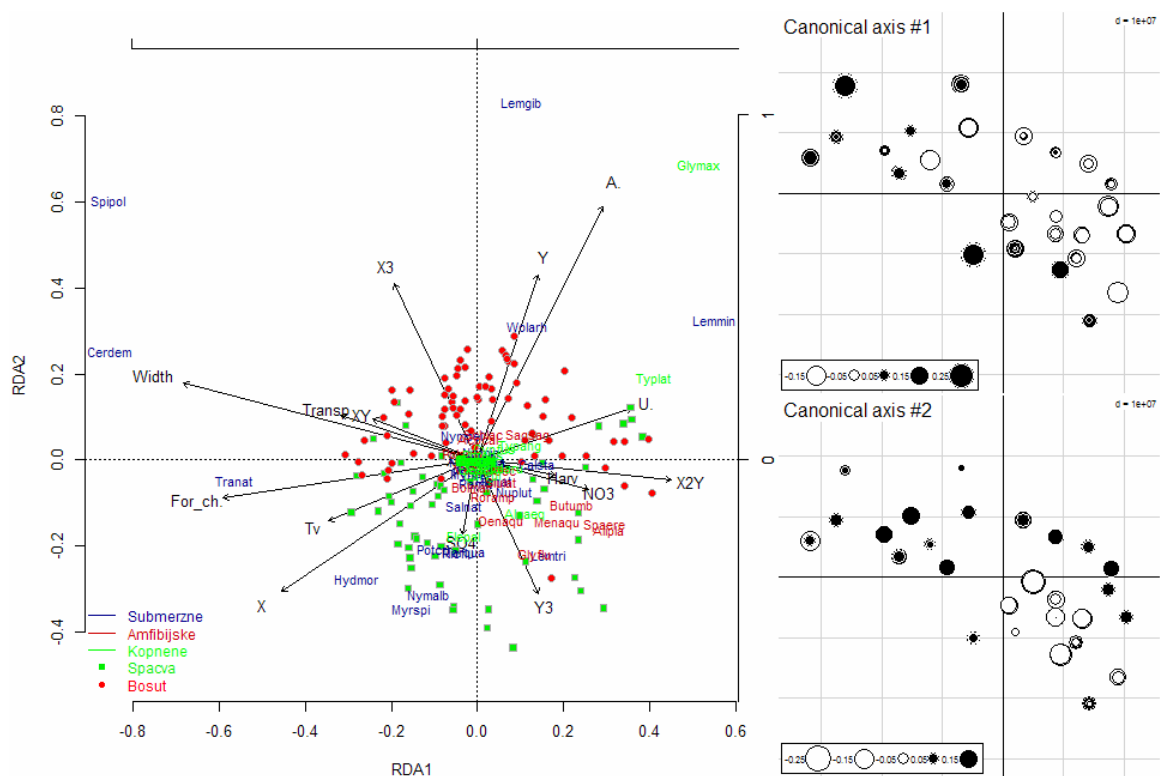
U.	0.0999	0.1045	0.6470	0.1236
For_ch.	-0.0193	-0.2193	-0.1848	0.1346
X2	-0.5154	-0.2893	-0.1929	0.4090
X3	0.0787	-0.5866	-0.1343	-0.3078
Y	0.6738	0.1911	0.1954	0.4050
XY	-0.1569	0.2859	-0.1124	-0.2438
Y2	0.0277	-0.0595	0.0072	-0.1924
XY2	0.0597	-0.2188	0.0012	0.2930
Y3	-0.3752	0.1268	0.0337	-0.1447

3.2.3. Sliv rijeke Bosut

Stanišni čimbenici objašnjavaju 38,53% varijacije u sastavu makrofita sliva rijeke Bosut (Tablica 5). Kao i na području Baranje vidljiv je značajniji utjecaj prostornih varijabli. Prva os (RDA1 32,73%) predstavlja široke vodotoke (Width) s većom prozirnošću vode (Transp) i većim udjelom šumskih vodotoka (For_ch.) sa slobodno plivajućim vrstama *Spirodela polyrhiza* (Spipol), *Ceratophyllum demersum* (Cerdem) i zakorijenjenom plivajućom vrstom *Trapa natans* (Tranat). Ova su staništa utvrđena na rijekama Bosut i Spačva. S druge strane nalazimo uže vodotoke s većom naseljenošću (U.), većim udjelom nitrata (NO₃) i češćim održavanjem kanala (Harv), za koje su vezane kopnene i amfibijske vrste *Typha latifolia* (Typlat), *Butomus umbellatus* (Butumb), *Sparganium erectum* (Spaere), *Alisma plantago aquatica* (Alipla), a nalaze se na krajnjim dijelovima vodotoka vezanim uz veća naselja područja sliva Bosuta i Spačve.

Drugu os (RDA2, 22,32%) označavaju prostorne i regionalne varijable od kojih se ističe poljoprivredno korištenje zemljišta (A.) a područje je prostorno podijeljeno na sliv rijeke Bosut i Spačvu (Slika 22). Veći je udio poljoprivrednog zemljišta na području rijeke Bosut, a prema sastavu makrofita dominiraju slobodno plivajuće vrste *Ceratophyllum demersum*, *Spirodela polyrhiza* (Spipol), *Lemna gibba* (Lemgib) i rjeđe *Wolffia arrhiza* (Wolarh), dok samo područje karakterizira mala raznolikost u sastavu makrofita.

Na području Spačvanskog bazena veća je raznolikost makrofita od submerznih *Myriophyllum spicatum*, *Potamogeton crispus*, *Hydrocharis morsus ranae*, *Nymphaea alba*, *Riccia fluitans*, *Lemna trisulca* do amfibijskih *Oenanthe aquatica* (Oenaqu), *Glyceria fluitans* (Glyflu).



Slika 22. Ordinacijski dijagram RDA analize s prikazanim odnosom sastava makrofita i stanišnih čimbenika na području sliva rijeke Bosut. Prostorno su prikazani rezultati prve dvije osi. Crni krugovi predstavljaju pozitivne RDA vrijednosti lokaliteta, a bijeli negativne vrijednosti. Veličina krugova proporcionalna je RDA vrijednostima na pojedinim lokalitetima.

Tablica 5. Prikaz rezultata prve četiri osi RDA analize s RDA vrijednostima odabranih varijabli za područje sliva rijeke Bosut.

Axes	AX1	AX2	AX3	AX4	Total variance
Sum of all eigenvalues					0.5424
Sum of constrained eigenvalues					0.2090
Eigenvalues :	0.0684	0.0446	0.0212	0.0191	0.2090
Udio od ukupne varijance	12.609	8.217	3.900	3.523	38.53
Udio od ukupno objašnjene varijance	32.73	54.05	64.17	73.32	100
Biplot scores for constraining variables					
Harv	0.2214	-0.0366	0.1266	0.0053	
chla	-0.4925	0.1949	0.0939	-0.2394	
Width	-0.8518	0.2633	0.0011	0.0908	
NH3	0.4697	0.3481	0.2492	-0.0215	
NO3	0.3328	-0.1172	0.4047	-0.0569	
OP	0.3167	0.7090	0.1396	-0.0197	
pH	-0.4263	-0.3461	0.4969	-0.0992	
SO4	-0.0312	-0.2386	-0.0387	-0.3221	
Transp	-0.3975	0.1291	-0.4456	0.0618	
Catch	-0.6452	0.4348	0.2995	0.2484	

Density	-0.1534	0.5746	-0.2725	0.0850
A.	0.3909	0.7701	0.1644	-0.1010
X2	-0.0726	0.0195	0.3585	0.0473
X2Y	0.5877	-0.0975	0.1335	0.7177

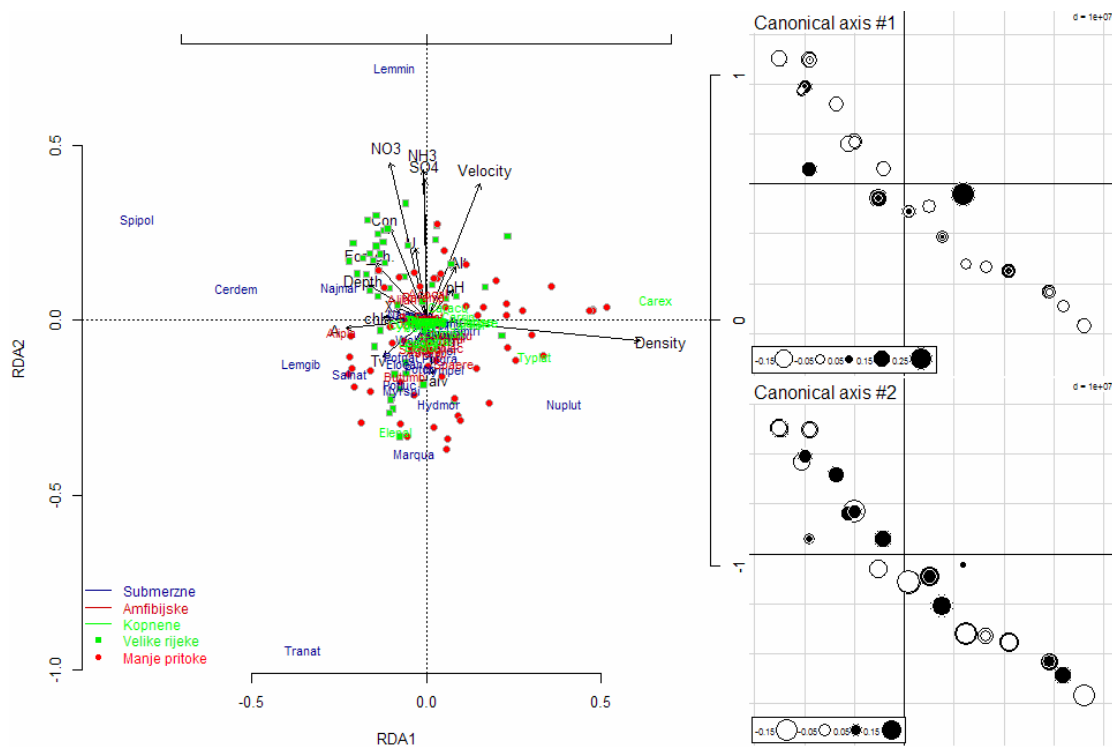
3.2.4. Lonjsko polje

U usporedbi s ostalim područjima u Lonjskom je polju zabilježen manji broj značajnih varijabli koje objašnjavaju sastav makrofita, kao i potpuni nedostatak prostornih varijabli na samom dijagramu, što je s jedne strane rezultat manjeg broja uzorkovanih lokaliteta i veće međusobne korelacije prostornih varijabli, a s druge strane pokazatelj minimalnog utjecaja samih varijabli na sastav makrofita.

Na području Lonjskog polja stanišni čimbenici objašnjavaju 43,58% sastava makrofita od čega prve dvije osi (RD1 i RD2) 36,53% ukupne objašnjene varijance (Tablica 6).

Za vodotoke velikih slivova s većom dubinom i većim udjelom šumskih kanala vezano je nekoliko slobodno-plivajućih vrsta: *Spirodela polyrhiza* (Spipol), *Ceratophyllum demersum* (Cerdem) i *Lemna gibba* (Lemgib). To su staništa na Velikim rijekama Lonja, Strug, Čazma, Trebež. Na suprotnoj strani nalaze se staništa s većom gustoćom kanala i jasno izdvojenim rukavcima rijeka Manjih pritoka s razvijenom kopnenom i amfibijskom vegetacijom (Slika 23).

Gradijent brzine strujanja vode i koncentracije nutrijenata predstavljen je drugom osi (RDA2) u kojoj su izdvojeni lokaliteti s bržim strujanjem vode, većim koncentracijama nitrata (NO₃), amonijaka (NH₃), većim konduktivitetom na lokalitetima Velikih rijeka. Na ovim je staništima utvrđen mali broj vrsta, među kojima se ističe *Lemna minor* (Lemmin). Na dijagramu je vidljivo da se sporije strujanje vode i niže koncentracije nutrijenata nalaze u rukavcima rijeka i Manjim pritokama unutar kojih se nalazi raznolika makrofitska vegetacija s vrstama *Trapa natans*, *Marsilea quadrifolia*, *Potamogeton lucens*, *Myriophyllum spicatum*, *Hydrocharis morsus-ranae*, *Nuphar lutea*.



Slika 23. Ordinacijski dijagram RDA analize s prikazanim odnosom sastava makrofita i stanišnih čimbenika na području Lonjskog polja. Prostorno su prikazani rezultati prve dvije osi. Crni krugovi predstavljaju pozitivne RDA vrijednosti lokaliteta, a bijeli negativne vrijednosti. Veličina krugova proporcionalna je RDA vrijednostima na pojedinim lokalitetima.

Tablica 6. Prikaz rezultata prve četiri osi RDA analize s RDA vrijednostima odabranih varijabli za područje Lonjskog polja.

Axes	AX1	AX2	AX3	AX4	Total variance
Sum of all eigenvalues					0.6160
Sum of constrained eigenvalues					0.2684
Eigenvalues :	0.0501	0.0480	0.0419	0.0283	0.2684
Udio od ukupne varijance	8.126	7.793	6.794	4.592	43.58
Udio od ukupno objašnjene varijance	18.65	36.53	52.12	62.65	100
Biplot scores for constraining variables					
Harv	-0.0642	-0.2096	-0.0831	-0.1065	
Alt	-0.0840	0.2311	0.0050	-0.1310	
chla	0.1738	-0.0273	0.1551	0.1488	
Con	0.2169	0.3530	-0.1144	0.2639	
Depth	0.2501	0.0907	-0.0234	-0.2879	
Width	-0.0768	-0.0881	0.3499	-0.2582	
Velocity	-0.1083	0.6120	-0.4719	0.0649	
NH3	0.1111	0.5927	-0.0065	-0.2655	
NO3	0.2596	0.6182	-0.1527	0.1422	
pH	-0.0919	0.1337	-0.1241	-0.2035	

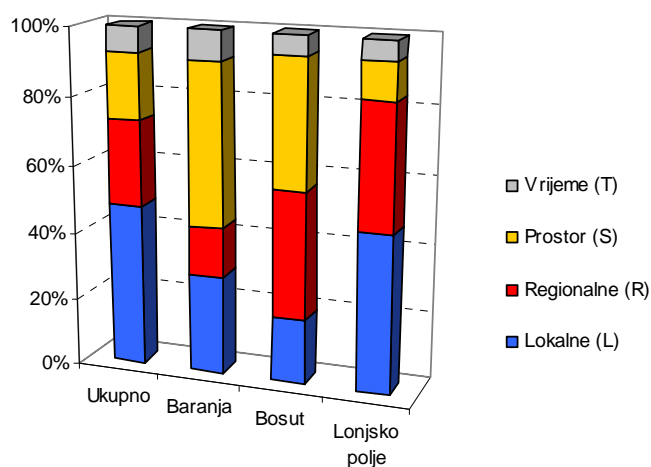
SO4	0.1055	0.5689	-0.1079	0.0988
Transp	0.0518	0.0077	0.1038	-0.2729
Tv	0.1432	-0.1852	0.1431	-0.4274
Density	-0.8692	0.0744	-0.0541	-0.0698
A.	0.3204	-0.0848	-0.0935	0.0796
U.	0.0714	0.2343	0.5898	-0.2559
For_ch.	0.2540	0.2135	-0.0670	0.4527
X	0.0469	-0.0985	-0.2469	-0.0650
X3	0.1301	0.0303	-0.0446	-0.1565

3.3. Utjecaj stanišnih varijabli različitih prostornih razina (lokalne i regionalne) na sastav makrofita

Utjecaj lokalnih, regionalnih, prostornih varijabli i vremena na varijabilnost sastava makrofita (Slika 24) i lokalnih stanišnih uvjeta u području istraživanja (Slika 25) kao i njihov kombinirani efekt prikazani su u Tablici 7 i 8.

Usporedimo li udio objašnjene varijance veći je udio objašnjen na pojedinim nego na ukupnom području istraživanja i u stanišnim čimbenicima nego u sastavu makrofita.

U sastavu makrofita na ukupnom području istraživanja objašnjeno je 26,2% varijance, na pojedinim područjima udio objašnjene varijance varira od 32,89% u Lonjskom polju do 39,7% u slivu Bosuta.



Slika 24. Prikaz udjela varijance u sastavu makrofita objašnjen lokalnim, regionalnim, prostornim i vremenskim kategorijama na području istraživanja.

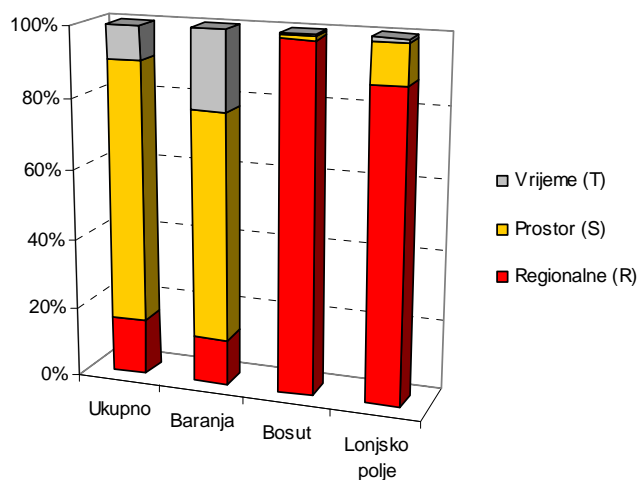
Tablica 7. Procijenjeni udio varijacije u sastavu makrofita objašnjen lokalnim, regionalnim, prostornim i vremenskim kategorijama korištenjem parcijalne RDA analize, za ukupno područje istraživanja i zasebna područja; Baranju, sliv Bosuta i sliv Lonje.

VRSTE	Ukupno	Baranja	Bosut	Lonjsko polje
Lokalne (L)	8.28	5.48	4.69	15.41
Regionalne (R)	4.34	2.69	9.1	12.22
Prostor (S)	3.33	8.95	9.26	3.52
Vrijeme (T)	1.3	1.61	1.36	1.92
L + R	2.61	2.25	3.97	1.91
R + S	0.65	2.02	2.38	-0.11
L + S	2.7	13.59	6.92	-1.49
L + T	0.65	1.61	1.23	0.21
R + T	-0.04	-0.07	0.13	-0.94
S + T	0.05	0.73	-0.16	0.06
Ukupno	26.2	35.1	39.7	32.89
Reziduali	73.8	64.9	61.3	67.1

Stanišni su uvjeti na ukupnom području objašnjeni sa svega 17,4%, dok je po područjima ovaj udio znato viši i varira od 64% u Baranji do 98,5% u slivu Bosuta.

Lokalne varijable imaju najveći utjecaj na ukupnom području i u slivu Lonje, a prostorne varijable na području Baranje i Bosuta. Regionalne varijable objašnjavaju velik udio varijance u slivu Bosuta i u slivu Lonje.

Vrijeme ima malen utjecaj na sastav makrofita i stanišne uvjete (Tablica 7, 8), iako su na području Baranje nešto veće promijene stanišnih uvjeta uzrokovane vremenom (15,5% varijance).



Slika 25. Prikaz udjela varijance u lokalnim stanišnim uvjetima objašnjen regionalnim, prostornim i vremenskim kategorijama na području istraživanja.

Tablica 8. Procijenjeni udio varijacije u lokalnim stanišnim uvjetima objašnjen regionalnim, prostornim i vremenskim kategorijama korištenjem parcijalne RDA analize, za ukupno područje istraživanja i zasebna područja; Baranju, sliv Bosuta i sliv Lonje.

OKOLIS	Ukupno	Baranja	Bosut	Lonjsko polje
Regionalne (R)	2.57	9.1	53.39	56.25
Prostor (S)	11.88	45.12	0.61	7.16
Vrijeme(T)	1.52	15.5	0.3	0.7
R + S	1.67	-2.97	47.15	15.76
S + T	-0.15	-2.33	-0.03	-0.26
R + T	-0.05	-0.66	-1.68	-2.2
R + S + T	-0.01	0.18	-1.33	-0.54
Ukupno	17.4	64	98.4	75.4
Reziduali	82.6	36	1.6	24.6

Od zajedničkog djelovanja ističe se utjecaj interakcija lokalnih i prostornih varijabli na sastav makrofita u Baranji i u slivu Bosuta, i interakcije prostora i regionalnih varijabli na stanišne uvjete u slivu Bosuta i Lonje.

3.4. Prostorna i vremenska dinamika makrofita i stanišnih uvjeta između godina istraživanja

Vremenske su promjene tijekom perioda istraživanja malene što pokazuje utjecaj vremena u “partial” RDA analizi (Tablica 7, 8). Ovakav je rezultat očekivan obzirom da istraživanje predstavlja kratkoročnu studiju od tri godine. Kako bi se utvrdila sličnost uzorkovanih lokaliteta u ponavljanim periodima korištena je analiza Procrustes rotation s PROTEST permutacijskim testom. Rezultati analize sastava makrofita i stanišnih čimbenika za ukupno i izdvojena područja Baranje, Bosuta i Lonjskog polja dani su u Tablici 9. Koeficijent korelacije (PROTEST, r) pokazuje sličnost uzorkovanih lokaliteta u ponavljanim periodima, a razlikuje se između područja. PROTEST permutacijski test pokazuje da je u sastavu makrofita i stanišnih čimbenika većina korelacija statistički značajna ($P < 0.05$).

Veće su razlike stanišnih čimbenika zabilježene na ukupnom i području Lonjskog polja (koeficijent korelacije je nešto niži), a manje na području Baranje i Bosuta. Posljedica je to veličine istraživanog područja pa što je područje veće, veći je broj procesa koji utječu na promjene. Prema sastavu makrofita veća je sličnost (viši koeficijent korelacije, r) između sezona nego između godina i veće su promjene zabilježene između 2007./2008. od onih 2008./2009. Najveće su razlike zabilježene u najdužem vremenskom razdoblju u periodu 2007./2009.

Tablica 9. Prikaz rezultata analize Procrustes rotation zajedno s testom značajnosti PROTEST.

		Usporedba	PROTEST (r)	Procrustes rotation sum of squares	RMSE	P value	
Ukupno područje	<i>stanišni</i>	2007. vs. 2009.	0,5584	0,6881	0,0958	0,001	
		<i>čimbenici</i>	2007. vs. 2008.	0,6400	0,5904	0,0887	0,001
			2008. vs. 2009.	0,5257	0,7236	0,0980	0,001
			sezona 2008.	0,4125	0,8298	0,1050	0,001
			sezona 2009.	0,4721	0,7771	0,1018	0,001
	<i>vegetacija</i>		2007. vs. 2009.	0,5318	0,7172	0,0978	0,001
		2007. vs. 2008.	0,6848	0,5310	0,0841	0,001	
		2008. vs. 2009.	0,6538	0,5725	0,0874	0,001	
		sezona 2008.	0,7174	0,4853	0,0804	0,001	
		sezona 2009.	0,7262	0,4726	0,0794	0,001	
Baranja	<i>stanišni</i>	2007. vs. 2009.	0,6405	0,5898	0,1478	0,001	
	<i>čimbenici</i>	2007. vs. 2008.	0,7292	0,4683	0,1317	0,001	

		2008. vs. 2009.	0,7712	0,4052	0,1225	0,001
		sezona 2008.	0,5825	0,6607	0,1564	0,001
		sezona 2009.	0,7162	0,4870	0,1343	0,001
	<i>vegetacija</i>	2007. vs. 2009.	0,5671	0,6784	0,1585	0,001
		2007. vs. 2008.	0,6790	0,5390	0,1413	0,001
		2008. vs. 2009.	0,5822	0,6610	0,1565	0,001
		sezona 2008.	0,6348	0,5970	0,1487	0,001
		sezona 2009.	0,8099	0,3440	0,1129	0,001
Bosut	<i>stanišni</i>	2007. vs. 2009.	0,4881	0,7618	0,1680	0,002
	<i>čimbenici</i>	2007. vs. 2008.	0,7853	0,3833	0,1191	0,001
		2008. vs. 2009.	0,6717	0,5488	0,1426	0,001
		sezona 2008.	0,6699	0,5512	0,1429	0,001
		sezona 2009.	0,6819	0,5350	0,1408	0,001
	<i>vegetacija</i>	2007. vs. 2009.	0,3353	0,8876	0,1813	0,099
		2007. vs. 2008.	0,5596	0,6868	0,1595	0,014
		2008. vs. 2009.	0,7594	0,4233	0,1252	0,001
		sezona 2008.	0,8242	0,3207	0,1090	0,001
		sezona 2009.	0,9793	0,0408	0,0389	0,001
Lonjsko polje	<i>stanišni</i>	2007. vs. 2009.	0,5265	0,7228	0,1855	0,008
	<i>čimbenici</i>	2007. vs. 2008.	0,5854	0,6573	0,1769	0,003
		2008. vs. 2009.	0,6284	0,6052	0,1698	0,001
		sezona 2008.	0,6119	0,6256	0,1726	0,001
		sezona 2009.	0,6419	0,5880	0,1673	0,001
	<i>vegetacija</i>	2007. vs. 2009.	0,5604	0,6859	0,1807	0,033
		2007. vs. 2008.	0,4818	0,7679	0,1912	0,059
		2008. vs. 2009.	0,8183	0,3303	0,1254	0,001
		sezona 2008.	0,6185	0,6174	0,1715	0,012
		sezona 2009.	0,8576	0,2645	0,1122	0,001

RMSE, root mean square error

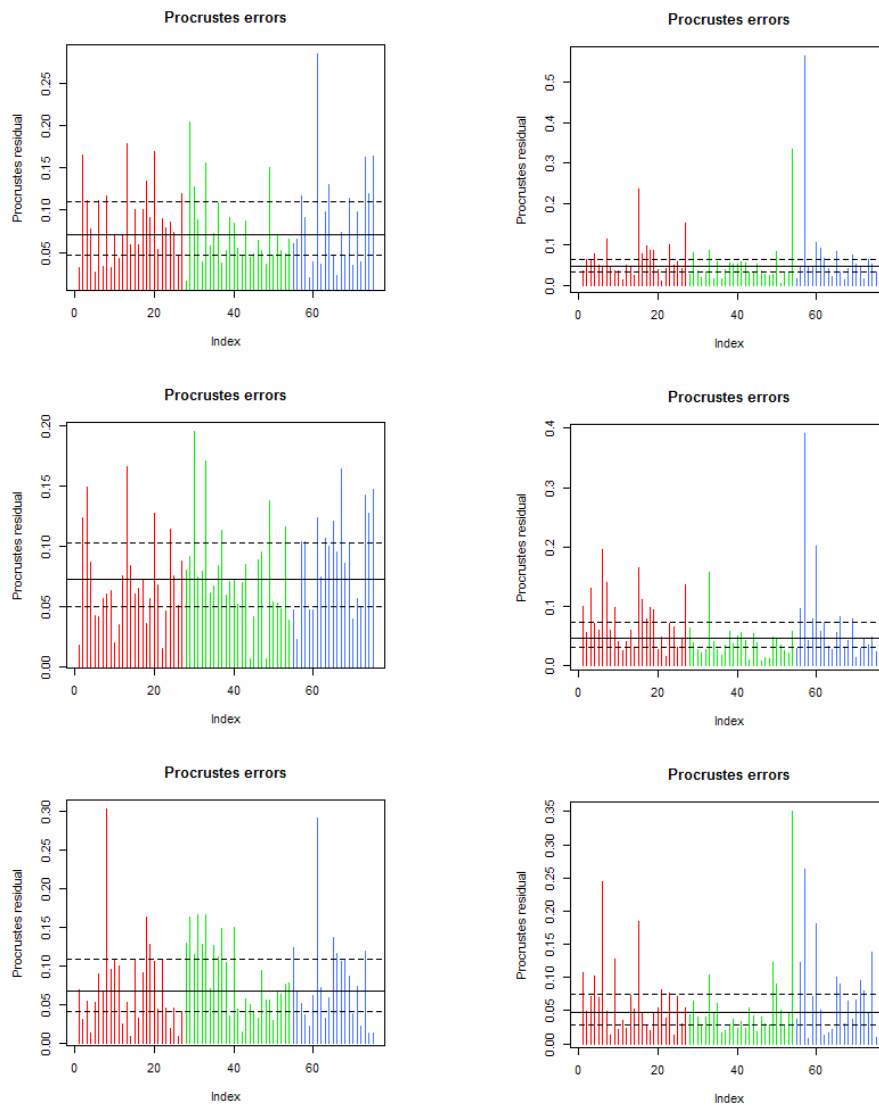
PROTEST, korelacija između PCA osi dobivena analizom Procrustes rotation zajedno s p vrijednostima (P value). Povećane p vrijednosti pokazuju statistički značajnu povezanost između pojedinih podataka.

Na ukupnom su području istraživanja (Tablica 9) veće razlike u stanišnim uvjetima (manji koeficijent korelacije), a manje u sastavu makrofita (viši koeficijent korelacije). Najveće su promjene u stanišnim čimbenicima zabilježene u periodu 2008./2009. ($r=0,53$) iako to ne predstavlja najduže vremensko razdoblje.

Niska vrijednost Procrustes reziduala (Slika 26) pokazatelj je malih promjena na pojedinom lokalitetu između godina, a visoka vrijednost većih promjena.

U stanišnim su uvjetima razlike veće (lijeva kolona, Slika 26) i raspoređene su po cijelom području istraživanja. U sastavu makrofita razlike su manje u odnosu na stanišne uvjete

(desna kolona, Slika 26), ali su više na području Lonjskog polja i Baranje u odnosu na ukupno područje.



Slika 26. Dijagram reziduala analize Procrustes rotation s usporedbom lokaliteta između pojedinih razdoblja istraživanja. Po redovima uspoređene su godine 2007/2009; 2007/2008 i 2008/2009. Visina linija u dijagramu predstavlja stupanj različitosti između lokaliteta uspoređivanih godina. Lijeva kolona predstavlja stanišne uvjete, a desna sastav makrofitu. Lokaliteti na području Baranje označeni su crveno, Bosut, zeleno i Lonjsko polje, plavo.

3.4.1. Prostorna i vremenska dinamika stanišnih uvjeta između godina istraživanja.

Usporedimo li kartografski prikaz reziduala analize Procrustes rotation na sva tri područja najveće su razlike u stanišnim uvjetima zabilježene usporedbom 2007./2009. (crveni stupci) što predstavlja najveći vremenski razmak u periodu istraživanja (Slika 27).

Na području su Baranje veće razlike stanišnih uvjeta vezane za pojedine lokalitete a ne za područje i značajno se razlikuju između uspoređivanih godina.

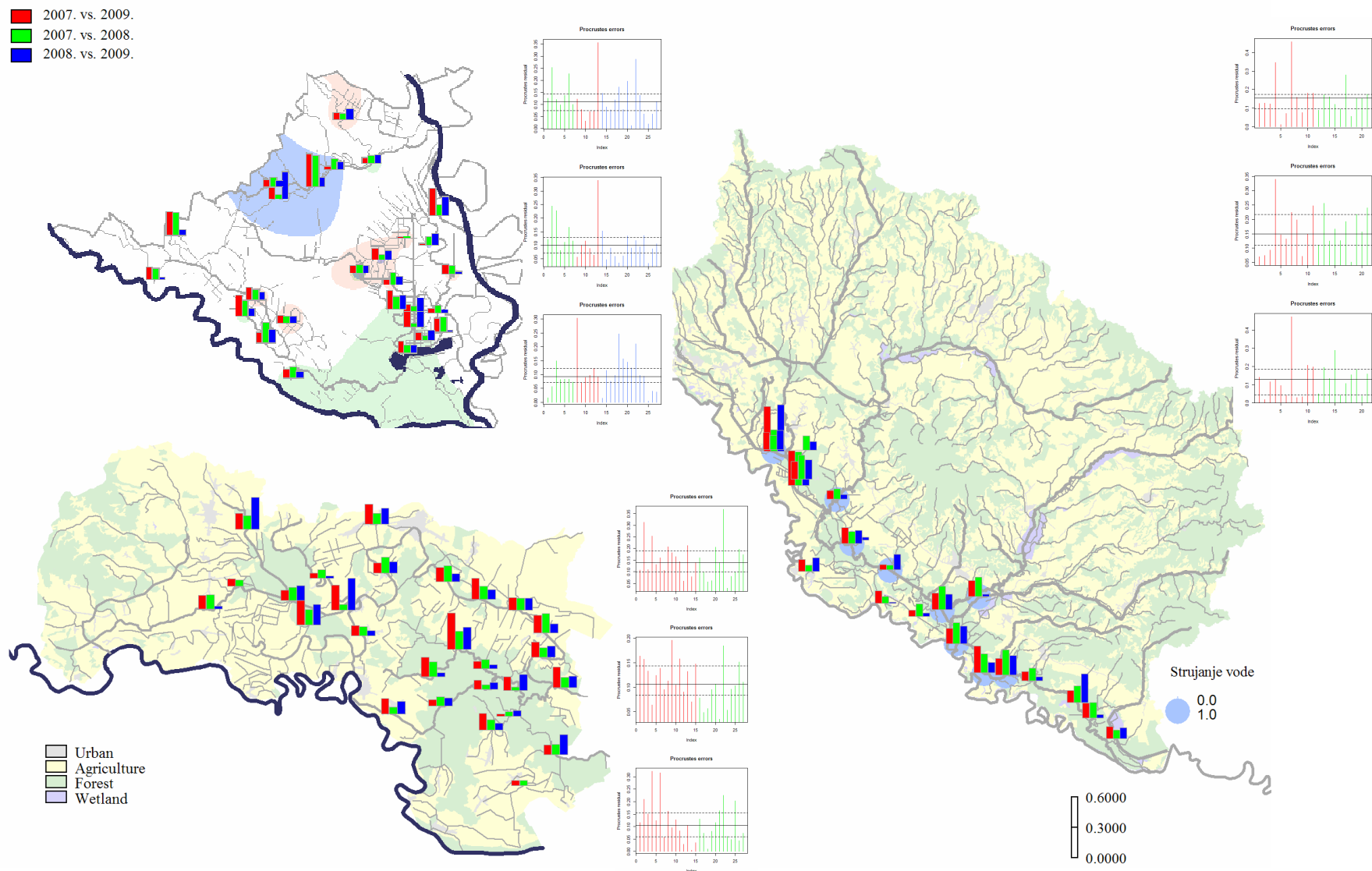
Na području sliva rijeke Bosut veće razlike stanišnih uvjeta zabilježene su na području rijeke Bosut, a manje na području sliva rijeke Spačve.

Na području Lonjskog polja u dijagramu reziduala i kartografskom prikazu mogu se uočiti značajnije promijene na području Manjih pritoka.

RDA analiza (Slika 28) s korištenim varijablama koje predstavljaju godine 2007. (S7), 2008. (S8) i 2009. (S9) prikazuje promijene u periodu istraživanja u stanišnim čimbenicima i sastavu makrofita.

Ukupna varijanca utjecaja godina na stanišne čimbenike iznosi 3,4%. Mala vrijednost ukupno objašnjene varijance pokazatelj je malih vremenskih promijena stanišnih uvjeta (Slika 28a). Prva os (RDA1) predstavlja gradijent razdoblja od 2007. do 2009. godine, a druga (RDA2) razdoblje između 2008. i 2009.

Premda su razlike malene (Slika 28a) u 2007. godini (S7) je na području Baranje i slivu rijeke Bosut veća koncentracija klorofila-a i zasićenost kisikom. U 2008. (S8) je veća brzina strujanja vode na području Lonjskog polja (Pakra i Trebež) i u Baranji (Karašica), a u 2009. godini veća širina vodotoka na području Lonjskog polja i poplavnom području Baranje (melioracijski kanali unutrašnjosti Kopačkog rita).



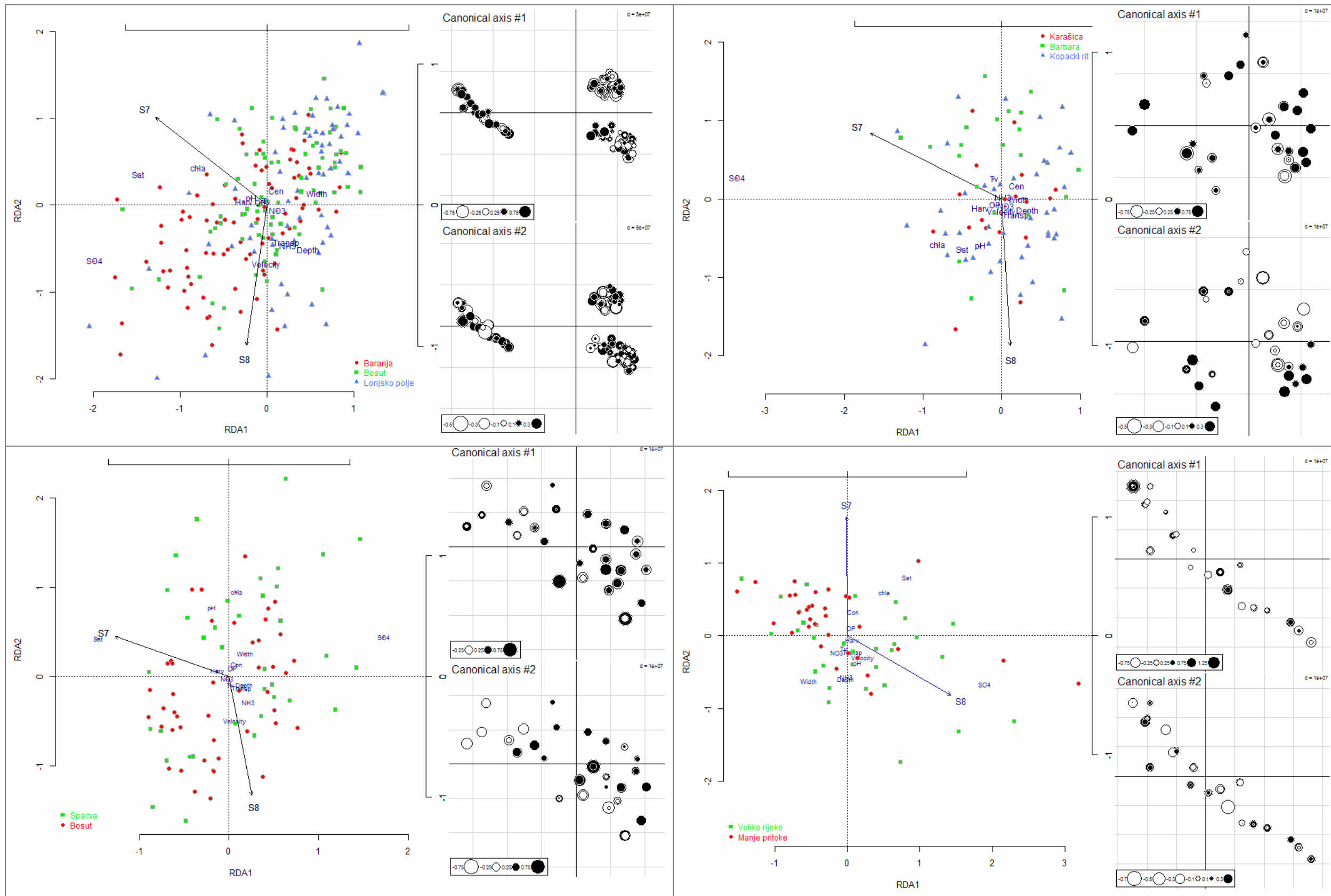
Slika 27. Prostorni prikaz reziduala analize Procrustes rotation s usporedbom stanišnih uvjeta između pojedinih razdoblja istraživanja. Uspoređene su godine 2007/2009 (crveni stupci), 2007/2008 (zeleni), 2008/2009 (plavi). Uz svako su područje prikazani dijagrami reziduala. Po redovima su uspoređene godine 2007/2009; 2007/2008 i 2008/2009, a po bojama su crvenim linijama označeni Karašica, Bosut i Manje pritoke Lonjskog polja, zelenim linijama su označena područja kanala Barbara, sliv rijeke Spačve i Velike rijeke Loskog polja. Plavo je označeno područje Kopačkog rita. Visina linija u dijagramima predstavlja stupanj različitosti između lokaliteta uspoređivanih godina. U podlozi karte prostornog prikaza u Baranji su prikazana područja tehničkog održavanja (2007, crveno, 2008, zeleno, 2009, plavo). Na području sliva rijeke Bosut i Lonjskog polja u podlozi karte prikazane su četiri kategorije korištenja zemljišta.

Na području Baranje vrijeme ima velik utjecaj na promijene stanišnih čimbenika pa prema RDA analizi objašnjava 29,91% ukupne varijance, a prema “parcijalnoj” RDA analizi (Tablica 8) 15,5% varijance.

U 2007. godini (Slika 28b) povećana je koncentracija sulfata na području kanala Barbara i zapadnog dijela melioracijskih kanala (prostorni prikaz prve osi). U 2008. godini (S8) u melioracijskim kanalima Kopačkog rita zabilježena je veća koncentracija klorofila-a, zasićenost kisikom i pH. U 2009. godini u kanalu Barbara i melioracijskim kanalima unutar Parka prirode Kopački rit (tamni krugovi na prostornom prikazu) veća je dubina, širina i konduktivitet. Tijekom ljeta 2009. količina je oborina na prostoru Baranje (Slika 5) prosječna ali je upravo u periodu istraživanja (srpanj, 2009.) bio vrlo visok vodostaj Dunava i Drave (Slika 2). Dnevne su vrijednosti vodostaja prelazile višegodišnje maksimalne vrijednosti što je imalo utjecaj na promjene u istraživanim vodotocima.

Na području sliva rijeke Bosut 6,42% ukupne varijance stanišnih čimbenika objašnjeno je vremenom (Slika 28c). 2007. godine (S7) na području Biđa (prostorni prikaz prve osi, bijeli krugovi) veća je zasićenost kisikom. 2008. godine (S8) je na području rijeke Biđ i krajnjim lokalitetima rijeke Spačva (prostorni prikaz druge osi, bijeli krugovi) veća brzina strujanja vode (Velocity) i koncentracija amonijaka i u 2009. godini na rijekama Spačva i Bosut (prostorni prikaz prve i druge osi, crni krugovi) veća je širina vodotoka, koncentracija sulfata i klorofila-a.

Na području Lonjskog polja vremenske varijable objašnjavaju 6,63% varijance stanišnih čimbenika. U 2007. godini (S7) zabilježena je veća koncentracija orto-fosfata i veći konduktivitet u Manjim pritokama i veća koncentracija klorofila-a i zasićenost kisikom u Velikim rijekama (Slika 28d). U 2008. godini veća je koncentracija sulfata i veća brzina strujanja vode (Velocity) na lokalitetima Velikih rijeka kao rezultat najveće količine padalina u tom periodu. U 2009. godini veća je širina i dubina vodotoka, koncentracija nitrata i amonijaka u Velikim rijekama i Manjim pritokama (prostorni prikaz prve i druge osi, bijeli krugovi), što je posljedica visokog vodostaja rijeke Save u periodu istraživanja.



Slika 28. Ordinacijski dijagrami RDA analize s prikazanim odnosom stanišnih uvjeta i vremenskih varijabli u: a) Ukupnom području istraživanja, b) Baranji, c) slivu rijeke Bosut, d) Lonjskom polju. Uz svaki su dijagram prostorno prikazani rezultati prve dvije osi. Crni krugovi predstavljaju pozitivne RDA vrijednosti lokaliteta, a bijeli negativne. Veličina krugova proporcionalna je RDA vrijednostima na pojedinim lokalitetima.

3.4.2. Prostorna i vremenska dinamika sastava makrofita između godina istraživanja.

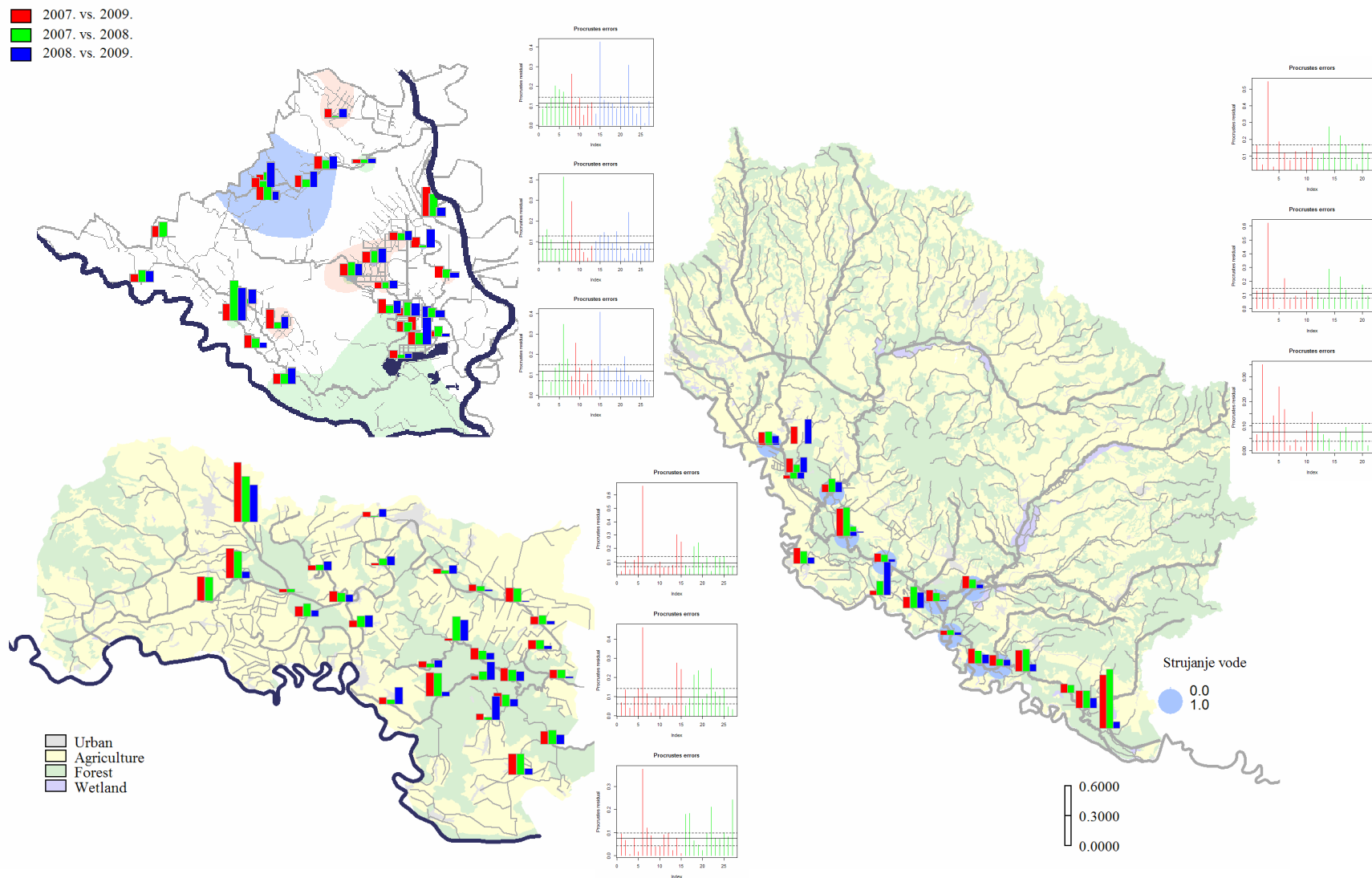
Za razliku od stanišnih uvjeta, usporedbom kartografskog prikaza reziduala analize Procrustes rotation na sva je tri područja istraživanja vidljivo da najveći vremenski razmak (2007./2009.) ne predstavlja i najveće promijene sastava makrofita, što pokazuje da čimbenici koji prevladavaju u određenoj godini imaju važniji utjecaj na sastav makrofita od vremena. Promijene se sastava makrofita razlikuju između uspoređivanih godina (Slika 29).

U Baranji su veće promijene sastava makrofita vezane za unutarnji dio melioracijskih kanala Kopačkog rita, dijela kanala Barbara i na dijelovima rijeke Karašice.

Na području sliva rijeke Bosut veće su promijene sastava makrofita vezane za područje rijeke Spačve, na rijeci Bosut promijene su sastava makrofita vrlo malene uz izuzetak rubnih područja sliva. Na području sliva rijeke Lonje veće su promijene u sastavu makrofita zabilježene na području Manjih pritoka a na području Velikih rijeka sa zabilježenim strujanjem vode ove su promijene vrlo malene.

U sastavu makrofita na ukupnom području istraživanja (Slika 30a) u 2007. godini (S7) veća je pokrovnost kopnenih i amfibijskih vrsta na području Baranje. Tijekom ljeta 2008. godine veća je pokrovnost amfibijskih vrsta *Sparganium erectum* (Spaere), *Alisma plantago-aquatica* (Alipla) i submerznih *Najas marina* (Najmar), *Lemna trisulca* (Lemtri), *Potamogeton pectinatus* (Potpec) i *Wolffia arrhiza* (Wolarh) na području Bosuta i Lonjskog polja, tijekom ljeta 2009. godine veća je pokrovnost submerznih vrsta *Salvinia natans* (Salnat), *Nymphoides peltata* (Nympel), *Lemna gibba* (Lemgib) pretežito na područjima Lonjskog polja i Baranje.

U sastavu makrofita na području Baranje vrijeme objašnjava 2,45% ukupne varijance što pokazuje da su vremenske promijene na području Baranje male (Slika 30b). U 2007. (S7) veća je pokrovnost kopnenih i amfibijskih vrsta *Cyperus fuscus* (Cypfus), *Butomus umbellatus* (Butumb), *Schoenoplectus lacustris* (Schlac), *Pycnus glomeratus* (Pycglo) na lokalitetima područja Karašice, zapadnog dijela melioracijskih kanala Kopačkog rita (prostorni prikaz prve osi, bijeli krugovi).

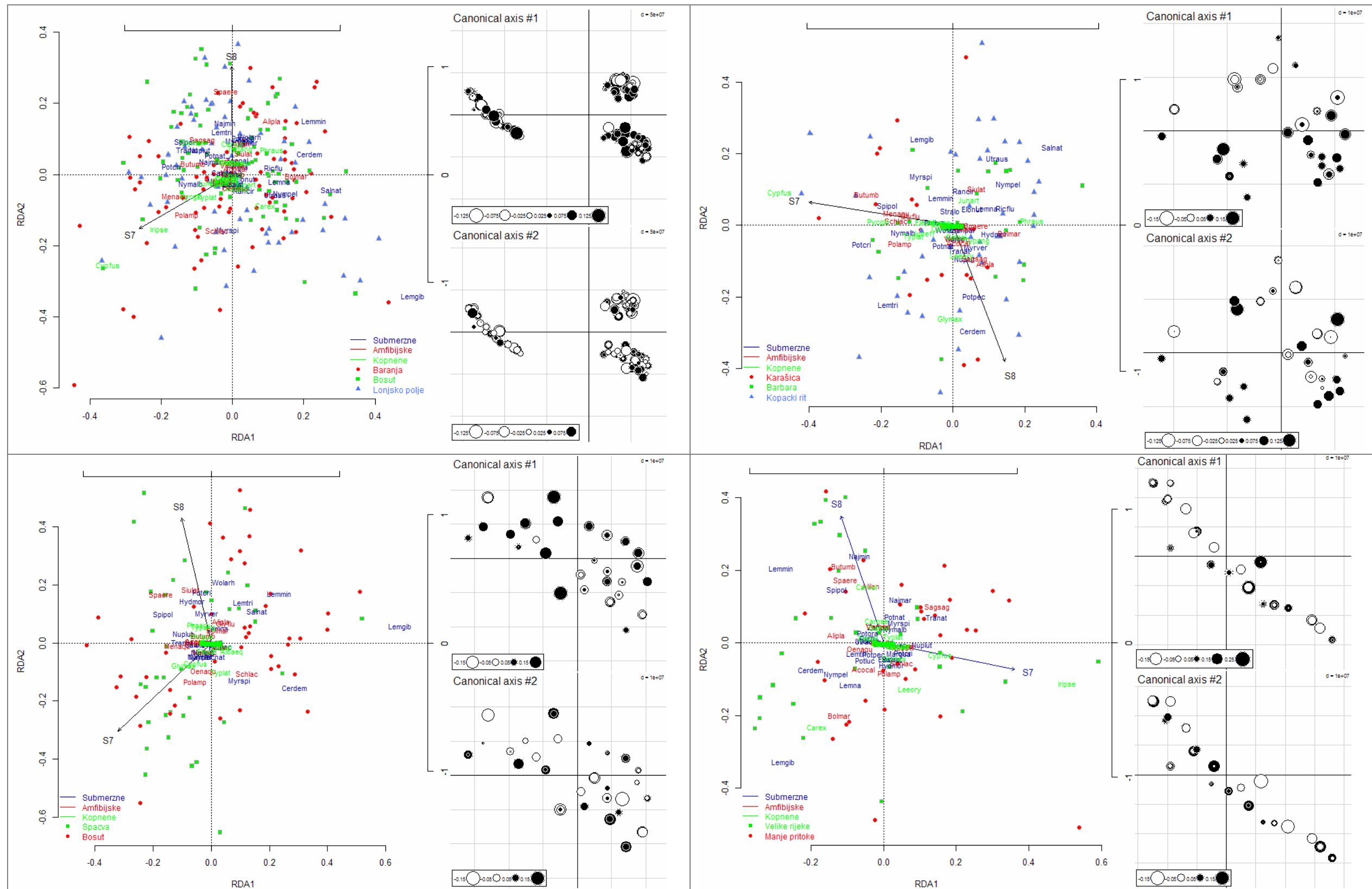


Slika 29. Prostorni prikaz reziduala analize Procrustes rotation s usporedbom sastava makrofita između pojedinih razdoblja istraživanja. Uspoređene su godine 2007/2009 (crveni stupci), 2007/2008 (zeleni), 2008/2009 (plavi). Uz svako su područje prikazani dijagrami reziduala. Po redovima su uspoređene godine 2007/2009; 2007/2008 i 2008/2009, a po bojama su crvenim linijama označeni Karašica, Bosut i Manje pritoke Lonjskog polja, zelenim linijama su označena područja kanala Barbara, sliv rijeke Spačve i Velike rijeke Loskog polja. Plavo je označeno područje Kopačkog rita. Visina linija u dijagramima predstavlja stupanj različitosti između lokaliteta uspoređivanih godina. U podlozi karte prostornog prikaza u Baranji su prikazana područja tehničkog održavanja (2007, crveno, 2008, zeleno, 2009, plavo). Na području sliva rijeke Bosut i Lonjskog polja u podlozi karte prikazane su četiri kategorije korištenja zemljišta.

U 2008. godini (S8) veća je pokrovnost submerznih vrsta *Potamogeton pectinatus* (Potpec), *Ceratophyllum demersum* (Cerdem) na području Karašice i zapadnom dijelu melioracijskih kanala izvan Parka prirode Kopački rit (prostorni prikaz druge osi, svijetli krugovi). U 2009. godine veća je pokrovnost submerznih vrsta *Salvinia natans* (Salnat), *Nymphoides peltata* (Nympel), *Utricularia australis* (Utraus), *Riccia fluitans* (Ricflu), *Elodea nuttallii* (Elonut) na lokalitetima unutrašnjosti Parka prirode Kopački rit i na kanalu Barbara (prostorni prikaz prve i druge osi, tamni krugovi).

Promijene u sastavu makrofita su na području Bosuta vrlo male te ukupna varijanca objašnjena godinama iznosi 1,8% (Slika 30c). Malene razlike ipak postoje pa je u 2007. godini (S7) na području Spačve veća pokrovnost kopnenim i amfibijskim vrstama *Glyceria maxima*, *Cyperus fuscus*, *Polygonum amphibium*. U 2008. (S8) je na rubnim dijelovima veća pokrovnost slobodno-plivajućih *Wolffia arrhiza*, *Lemna trisulca*, *Hydrocharis morsus ranae*, *Potamogeton crispus* i amfibijskih vrsta *Sparganium erectum* (Spaere), *Sium latifolium* (Siulat) U 2009. godini na području Bosuta (prostorni prikaz obje osi, tamni krugovi) veća je pokrovnost slobodno plivajućih vrsta *Ceratophyllum demersum*, *Lemna gibba*, *Lemna minor*, *Lemna trisulca* i *Salvinia natans*.

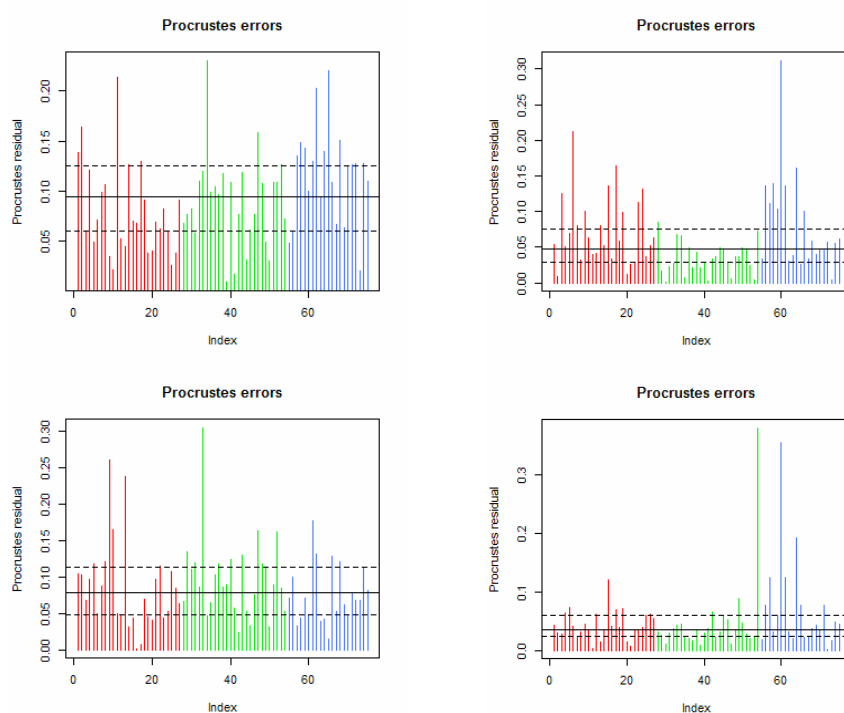
U sastavu makrofita Lonjskog polja vremenske varijable objašnjavaju svega 2,43%. Razlike se očituju u većoj pokrovnosti kopnenih vrsta *Iris pseudacorus*, *Cyperus fuscus* i *Leersia oryzoides*, *Trapa natans* i *Sagittaria sagittifolia* na području Manjih pritoka (prostorni prikaz prve osi, crni krugovi) u 2007. godini (Slika 30d); većoj pokrovnosti submerznih vrsta *Lemna minor*, *Spirodella polyrhiza*, *Najas marina* i amfibijskih *Butomus umbelatus*, *Sparganium erectum* na području Velikih rijeka (prostorni prikaz druge osi, crni krugovi) u 2008. godini (S8) i većoj pokrovnosti slobodno-plivajućih vrsta *Lemna gibba*, *Ceratophyllum demersum*, *Nymphoides peltata* u Velikim rijekama i Manjim pritokama (prostorni prikaz prve i druge osi, bijeli krugovi) uslijed veće dubine i širine vodotoka tijekom ljeta 2009.



Slika 30. Ordinacijski dijagrami RDA analize s prikazanim odnosom sastava makrofita i vremenskih varijabli u: a) Ukupnom području istraživanja, b) Baranji, c) slivu rijeke Bosut, d) Lonjskom polju. Uz svaki su dijagram prostorno prikazani rezultati prve dvije osi. Crni krugovi predstavljaju pozitivne RDA vrijednosti lokaliteta, a bijeli negativne. Veličina krugova proporcionalna je RDA vrijednostima na pojedinim lokalitetima.

3.5. Sezonska dinamika makrofita i stanišnih uvjeta

Veće su razlike stanišnih uvjeta između sezona nego godina što pokazuje niži koeficijent korelacije (Tablica 9). Dijagrami reziduala (Slika 31) stanišnih uvjeta pokazuju veće vrijednosti reziduala u odnosu na sastav makrofita te sezonsku dinamiku stanišnih uvjeta na cijelom prikazanom području. U sastavu makrofita razlike između sezona su manje od godišnjih (više vrijednosti koeficijenta korelacije) i veće su u 2008. godini osobito na području Baranje (Slika 31). U 2009. godini su male promjene vidljive samo na području Lonjskog polja.



Slika 31. Dijagram reziduala analize Procrustes rotation s usporedbom lokaliteta između pojedinih razdoblja istraživanja. Po redovima uspoređene su sezone 2008.; 2009. Visina linija u dijagramu predstavlja stupanj različitosti između lokaliteta uspoređivanih sezona. Lijeva kolona predstavlja stanišne uvjete, a desna sastav makrofita. Lokaliteta na području Baranje označeni su crveno, Bosut, zeleno i Lonjsko polje, plavo.

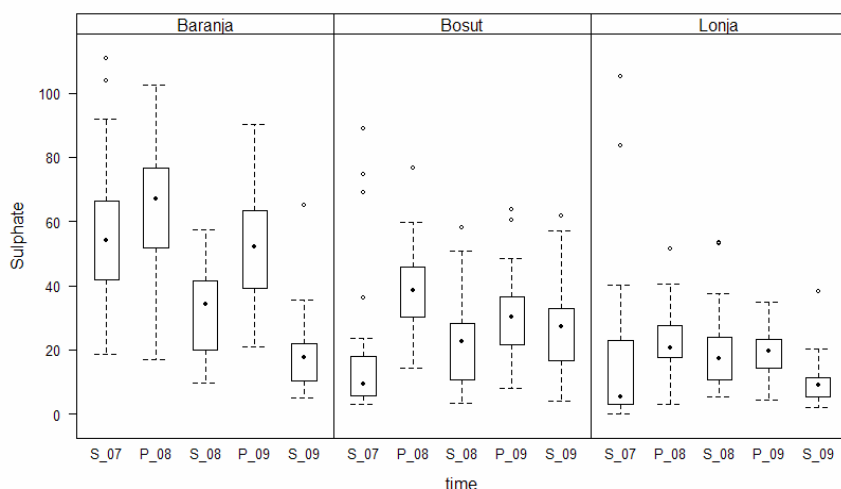
3.5.1. Sezonska dinamika stanišnih uvjeta.

Na prostornom se prikazu reziduala analize Procrustes rotation (Slika 32), veće sezonske promijene stanišnih uvjeta na području Baranje mogu uočiti na području rijeke Karašice i području kanala Barbara. Na području sliva rijeke Bosut sezonske se promijene razlikuju između godina istraživanja. Veće su promijene stanišnih uvjeta zabilježene 2008. godine, a manje 2009. godine na lokalitetima Bosuta i Spačve. Na području Lonjskog polja također su veće sezonske promijene stanišnih uvjeta zabilježene u 2008. godini, a vezane su za lokalitete i Manjih pritoka i Velikih rijeka.

Sezone proljeće/ljeto objašnjavaju 12,63% ukupne varijance stanišnih uvjeta. Prva os (RDA1) pokazuje razlike između proljeća i ljeta i objašnjava najveći udio varijance (Slika 33a). Proljeća 2008. (P8) i 2009. godine (P9) su prema stanišnim uvjetima vrlo slična, s povećanom koncentracijom sulfata na području Baranje i sliva Bosuta (Slika 33a).

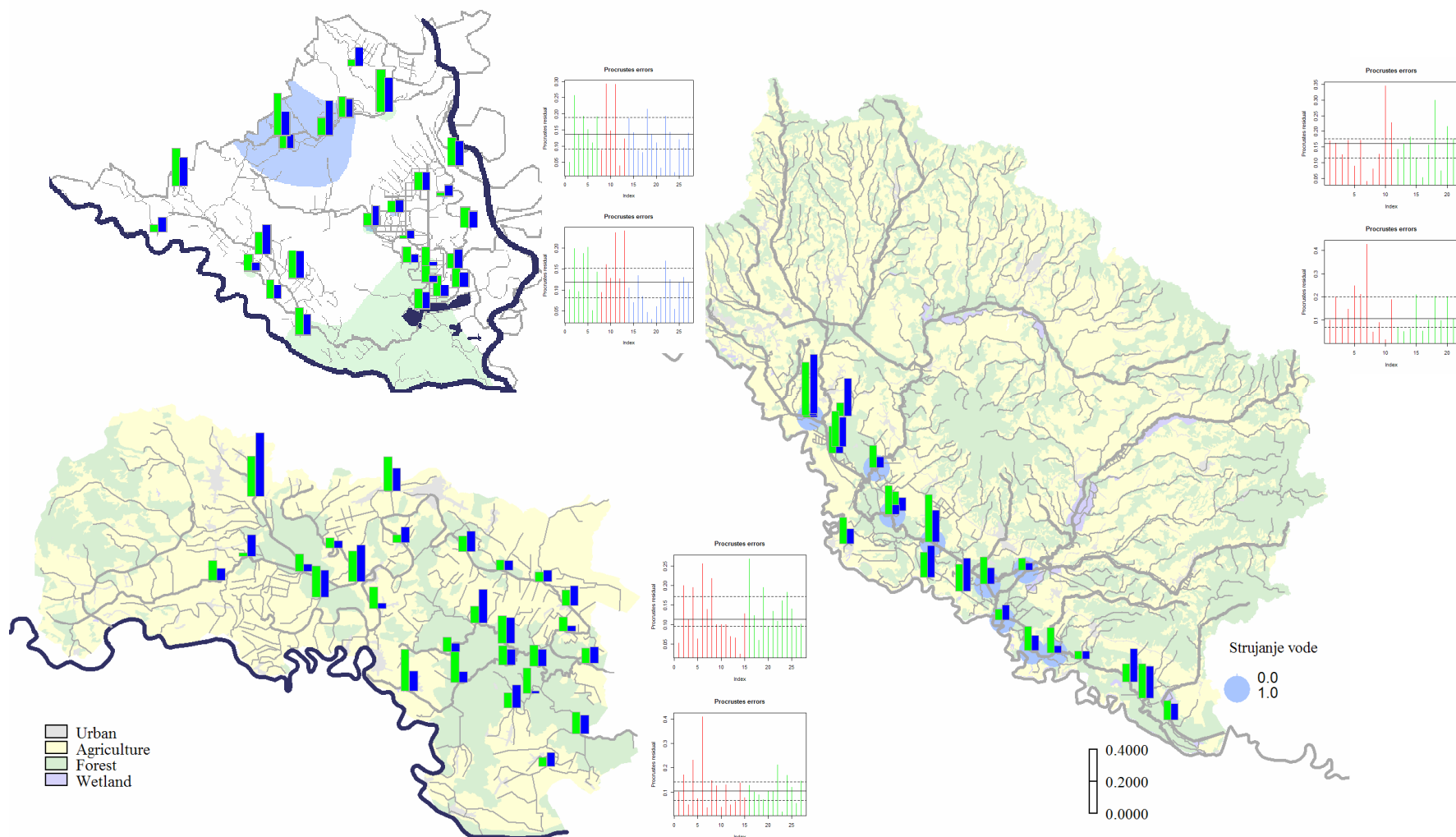
Druga os (RDA 2) pokazuje razlike između ljeta 2008. i 2009. godine. Tijekom ljeta 2008. godine (S8) veći je udio koncentracije klorofila-a i veća brzina strujanja vode na području Baranje i Lonjskog polja. Na području Baranje je u tom periodu zabilježena košnja kanala (Harv). Tijekom ljeta 2009. godine veća je širina, dubina vodotoka i veći konduktivitet na području Lonjskog polja i Baranje.

Na području istraživanja koncentracija sulfata pokazuje izrazitu sezonsku dinamiku. Općenito je najveća koncentracija zabilježena na području Baranje, u proljeće je veća, a tijekom ljeta opada (Slika 34).



Slika 34. Prikaz sezonske dinamike koncentracije sulfata na sva tri slivna područja.

█ sezone 2008.
█ sezone 2009.



Slika 32. Prostorni prikaz reziduala analize Procrustes rotation s usporedbom stanišnih uvjeta između pojedinih razdoblja istraživanja. Usporedene su sezone 2008. godine (zeleni stupci) i 2009. godine (plavi). Uz svako su područje prikazani dijagrami reziduala. Po redovima su usporedene sezone 2008. i 2009. godine, a po bojama su crvenim linijama označeni Karašica, Bosut i Manje pritoke Lonjskog polja, zelenim linijama su označena područja kanala Barbara, sliv rijeke Spačve i Velike rijeke Loskog polja. Plavo je označeno područje Kopačkog rita. Visina linija u dijagramima predstavlja stupanj različitosti između lokaliteta uspoređivanih sezona. U podlozi karte prostornog prikaza u Baranji su prikazana područja tehničkog održavanja (2008, zeleno, 2009, plavo). Na području sliva rijeke Bosut i Lonjskog polja u podlozi karte prikazane su četiri kategorije korištenja zemljišta.

Na području Baranje sezone objašnjavaju 33,99% ukupne varijance stanišnih uvjeta. Tijekom proljeća (P8 i P9) povećana je koncentracija sulfata (Slika 33b). U ljeto 2008. godine (S8) obavljena je košnja rubne vegetacije melioracijskih kanala, zabilježena je veća koncentracija klorofila-a i zasićenost kisikom. U ljeto 2009. zabilježena je veća dubina kanala i konduktivitet na području kanala Barbara, melioracijskih kanala Kopačkog rita i Karašice (prostorni prikaz prve i druge osi).

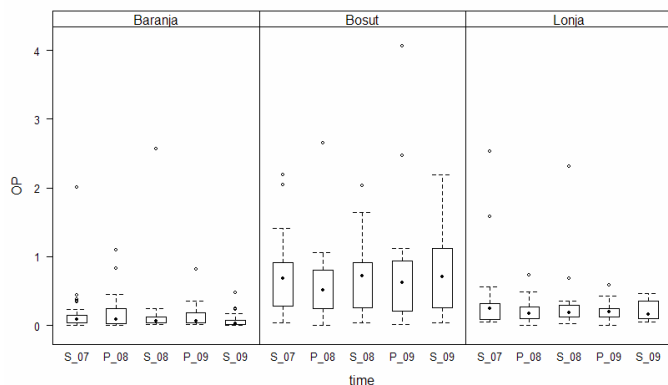
Na području sliva Bosuta odnos sezonskih varijabli i stanišnih uvjeta objašnjava 11,68% ukupne varijance. Stanišni su uvjeti vrlo slični između dva proljeća (P8 i P9).

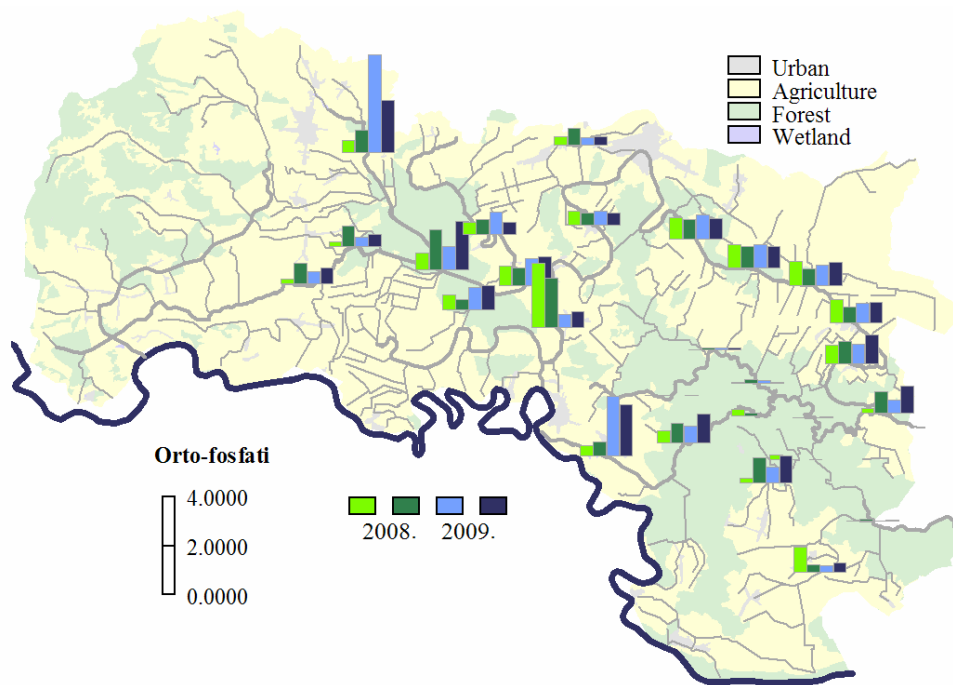
U 2008. godini je tijekom proljeća uočena veća zasićenost kisikom na lokalitetima Bosuta i Spačvanskog bazena, a tijekom ljeta veća brzina strujanja vode (Velocity) uzrokovana većom količinom oborina (Slika 5) na području Bosuta (Slika 33c).

U 2009. godini su promijene veće na području sliva Bosuta. Tijekom proljeća je zabilježena veća koncentracija sulfata, a tijekom ljeta veća širina vodotoka, koncentracija klorofila-a i orto-fosfata.

Na ukupnom području istraživanja vidljiva je vrlo različita sezonska dinamika orto-fosfata (OP). Na području je Baranje veća koncentracija OP u proljetnom, a manja u ljetnom periodu. Na preostala dva područja situacija je obratna, manja je koncentracija OP u proljeće, a veća u ljeto (Slika 35.a).

Najveća je koncentracija OP zabilježena na području sliva rijeke Bosut. Na prostornom je prikazu vidljiva najniža koncentracija u svim periodima na području Spačvanskog bazena, a najveća na rubnim područjima sliva (Slika 35.b).

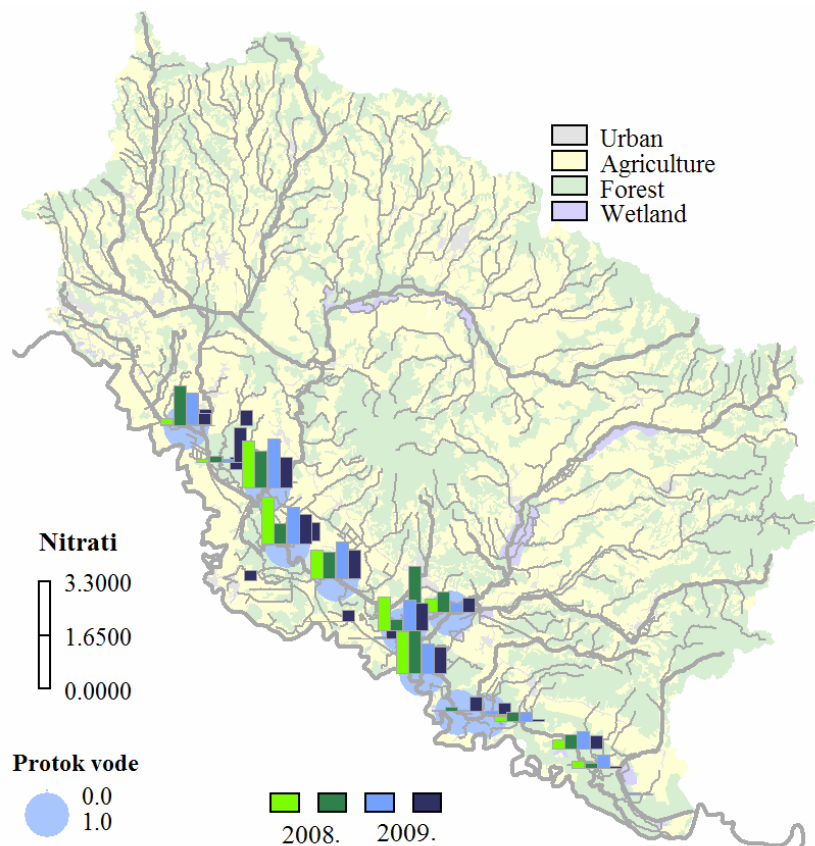
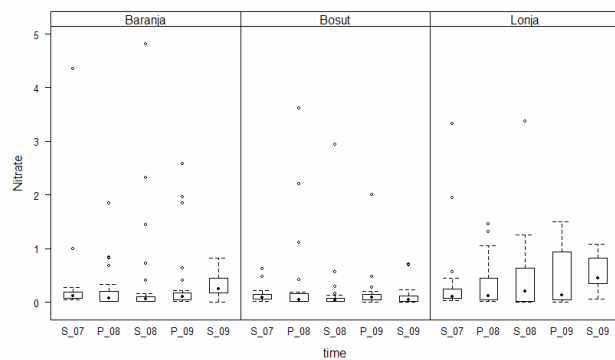




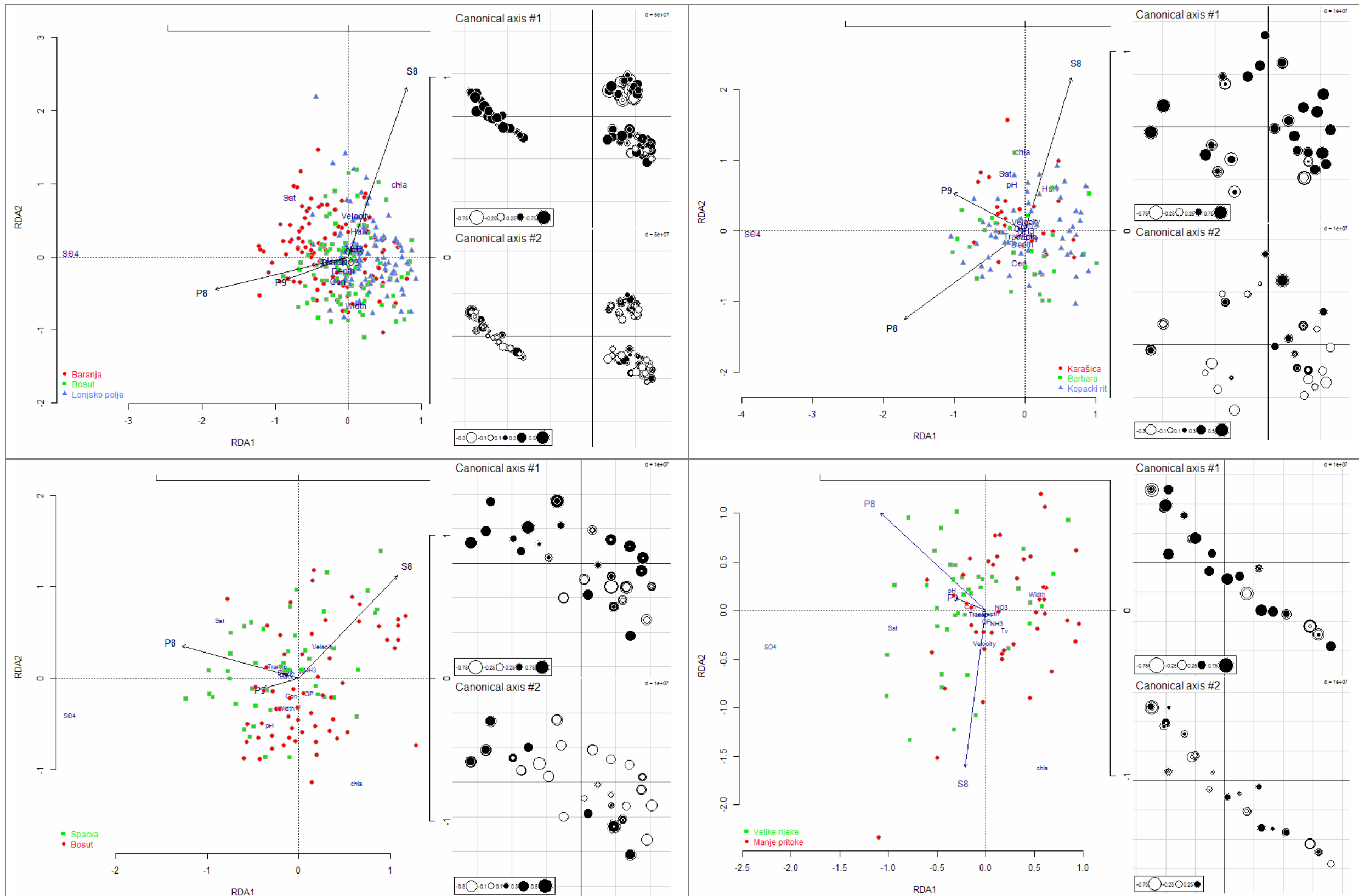
Slika 35. a) Prikaz sezonske dinamike koncentracije orto-fosfata na sva tri istraživana područja, b) Prostorni prikaz sezonske dinamike orto-fosfata na području sliva rijeke Bosut. Stupci predstavljaju koncentraciju OP u sezonama 2008. i 2009. godine.

Sezonske varijable na području Lonjskog polja objašnjavaju 11,57% ukupne varijance u stanišnim uvjetima. Stanišni su uvjeti slični tijekom dva proljeća (Slika 33d), zabilježena je veća koncentracija sulfata, veći pH i zasićenost kisikom. U ljetu 2008. godine (S8) zabilježena je veća brzina strujanja vode, a u ljetu 2009. godine veća širina istraživanih vodotoka.

Na ukupnom području istraživanja najveća je koncentracija nitrata zabilježena na području Lonjskog polja (Slika 36a). Na tom je području veća koncentracija zabilježena na lokalitetima gdje je zabilježeno strujanje vode (plavi krugovi, Slika 36b). sezonska dinamika pokazuje da je koncentracija nitrata znatno niža ljeti. Iznimku čini ljeto 2008. godine gdje je zabilježena veća koncentracija nitrata u odnosu na ljeto, osobito na lokalitetima s povećanom brzinom strujanja vode.



Slika 36. a) Prikaz sezonske dinamike koncentracije nitrata na sva tri istraživana područja, b) Prostorni prikaz sezonske dinamike koncentracije nitrata na području sliva rijeke Lonje. Stupci predstavljaju koncentraciju nitrata u sezonama 2008. i 2009. godine. Plavi krugovi označavaju lokalitete s zabilježenim strujanjem vode.



Slika 33. Ordinacijski dijagrami RDA analize s prikazanim odnosom stanišnih uvjeta i vremenskih varijabli u: a) Ukupnom području istraživanja, b) Baranji, c) slivu rijeke Bosut, d) Lonjskom polju. Uz svaki su dijagram prostorno prikazani rezultati prve dvije osi. Crni krugovi predstavljaju pozitivne RDA vrijednosti lokaliteta, a bijeli negativne. Veličina krugova proporcionalna je RDA vrijednostima na pojedinim lokalitetima.

3.5.2. Sezonska dinamika sastava makrofita

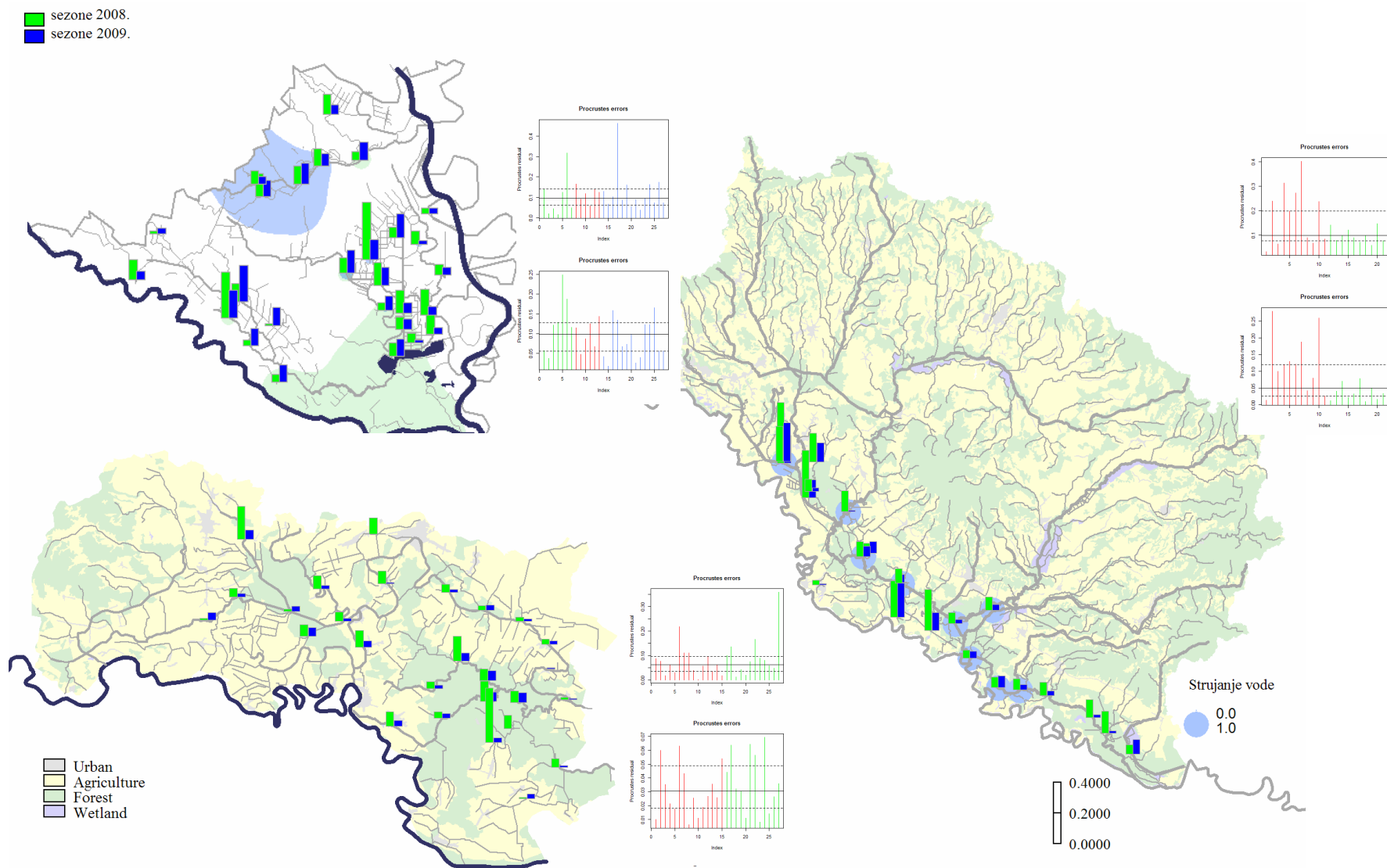
Kartografski prikaz reziduala analize Procrustes rotation na sva tri područja istraživanja pokazuje veće sezonske promijene između sezona 2008. u odnosu na 2009 (Slika 37). Na području Baranje veće su promijene zabilježene 2008. na području melioracijskih kanala Kopačkog rita, a 2009. na području kanala Barbara. Na području rijeke Karašice vrlo su male promijene sastava makrofita. U slivnom području rijeke Bosut tijekom 2009. gotovo da i nema promijena, a u 2008. godini su zabilježene veće promijene sastava makrofita u Spačvanskom bazenu. Na području sliva rijeke Lonje sezonske su promijene sastava makrofita zabilježene na području Manjih pritoka i veće su 2008. godine.

RDA analiza sezonske dinamike sastava makrofita pokazuje da se na ukupnom području istraživanja tijekom proljeća kao izrazito proljetne vrste ističu submerzne vrste *Potamogeton crispus* (Potcri), *Ranunculus circinatus* (Rancir), amfibijske vrste *Oenanthe aquatica* i *Rorippa amphibian* i kopnene vrsta roda *Carex*. Kao izrazito ljetne vrste (Slika 38a.) ističu se *Lemna gibba* (Lemgib), *Salvinia natans* (Salnat), *Hydrocharis morsus ranae* (Hydmor) koje vrhunac svog razvoja dostižu u tom razdoblju. Tijekom ljeta 2008. godine (S8) s većom su pokrovnošću bile razvijene vrste *Sparganium erectum* (Spaere), *Spirodela polyrhiza* (Sipol) i *Trapa natans* (Tranat), a 2009. godine *Hydrocharis morsus ranae* (Hydmor), *Myriophyllum spicatum* (Myrspi), *Ceratophyllum demersum* (Cerdem) i *Salvinia natans* (Salnat).

Prema sezonskoj se dinamici sastava makrofita (Slika 38b) na području Baranje kao izrazito proljetna vrsta javlja *Potamogeton crispus* (Potcri) i *P. pectinatus* (Potpec). Kao ljetne vrste izdvajaju se *Salvinia natans* (Salnat), *Myriophyllum spicatum* (Myrspi), *Ceratophyllum demersum* (Cerdem) i *Hydrocharis morsus ranae* (Hydmor).

Tijekom 2008. godine (P8, proljeće, S8, ljeto) sezonske se promijene javljaju na području Karašice i Barbare (prostorni prikaz druge osi, bijeli krugovi) s razvijenim kopnenim i amfibijskim vrstama. S većom se pokrovnošću u proljeće javljaju *Potamogeton pectinatus* (Potpec), *Oenanthe aquatica* (Oenaqu), *Nymphaea alba* (Nymalb), *Lemna trisulca* (Lemtri), a u ljeto *Hydrocharis morsus ranae*, *Sagittaria sagittifolia*, *Nuphar lutea* i *Typha latifolia*.

Tijekom proljeća 2009. godine (P9) su s većom pokrovnošću zabilježene vrste *Potamogeton crispus*, *Ranunculus circinatus* (Rancir) i *Riccia fluitans* (Ricflu), a tijekom ljeta slobodno plivajuće vrste *Salvinia natans*, *Nymphoides peltata* (Nympel), *Utricularia australis* i *Lemna gibba* (Lemgib).



Slika 37. Prostorni prikaz reziduala analize Procrustes rotation s usporedbom sastava makrofita između pojedinih razdoblja istraživanja. Uspoređene su sezone 2008. godine (zeleni stupci) i 2009. (plavi). Uz svako su područje prikazani dijagrami reziduala. Po redovima su uspoređene sezone 2008. i 2009. godine, a po bojama su crvenim linijama označeni Karašica, Bosut i Manje pritoke Lonjskog polja, zelenim linijama su označena područja kanala Barbara, sliv rijeke Spačve i Velike rijeke Loskog polja. Plavo je označeno područje Kopačkog rita. Visina linija u dijagramima predstavlja stupanj različitosti između lokaliteta uspoređivanih sezona. U podlozi karte prostornog prikaza u Baranji su prikazana područja tehničkog održavanja (2008, zeleno, 2009, plavo). Na području sliva rijeke Bosut i Lonjskog polja u podlozi karte prikazane su četiri kategorije korištenja zemljišta.

Odnos sezonskih varijabli i sastava makrofita na području sliva Bosuta objašnjava 4,32% varijance. S većom se pokrovnošću u proljeće javlja vrsta *Potamogeton crispus* (Slika 38c), a kao ljetne vrste *Hydrocharis morsus ranae*, *Salvinia natans*, *Ceratophyllum demersum* i *Lemna gibba*.

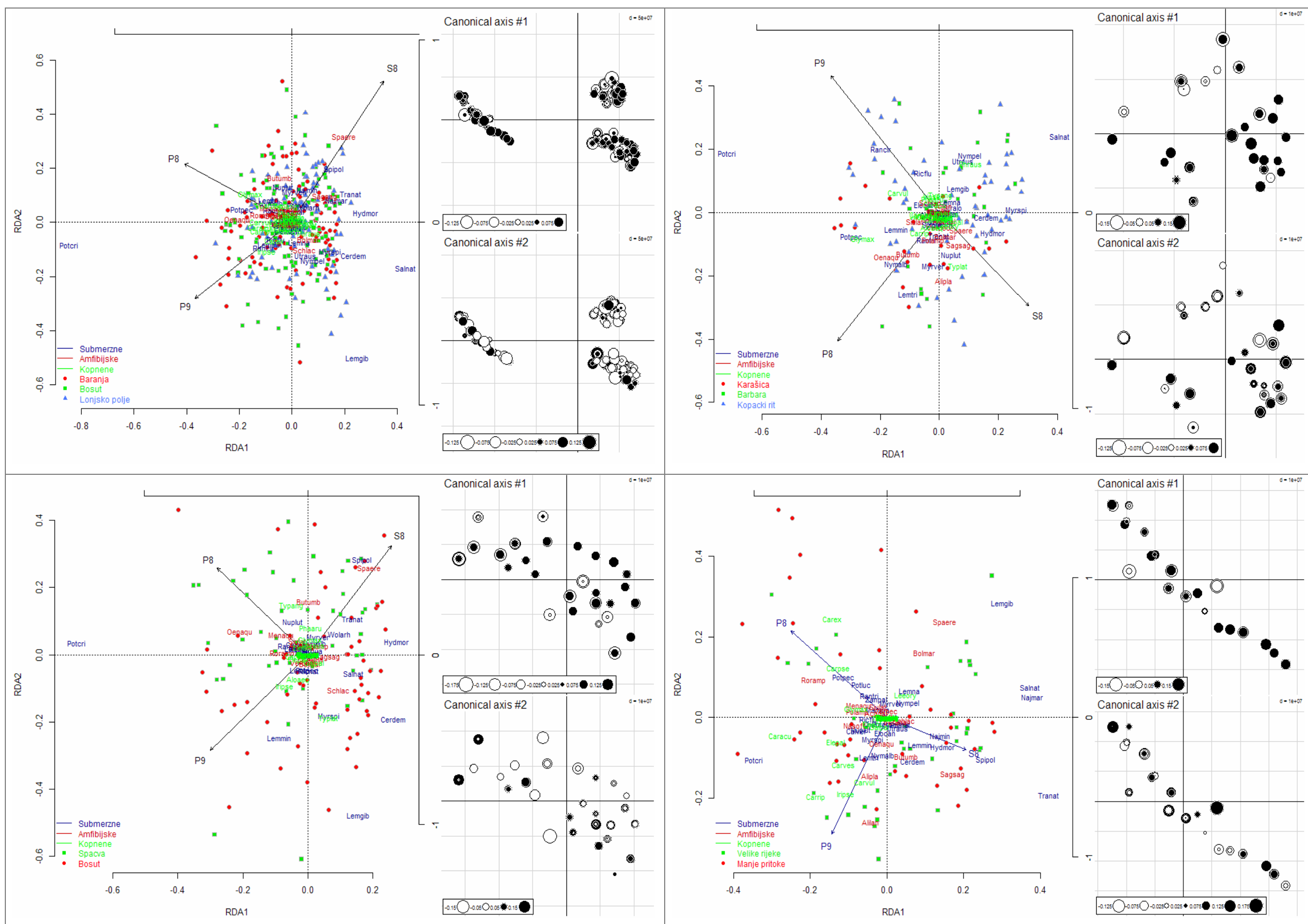
Tijekom proljeća 2008. godine veća je pokrovnost amfibijskih i kopnenih vrsta (*Oenanthe aquatica*, *Mentha aquatica* i *Typha latifolia*) na rubnim dijelovima rijeka Spačve i Bosuta (prostorni prikaz druge osi, bijeli krugovi), a tijekom ljeta vrsta *Spirodela polyrhiza*, *Trapa natans*, *Hydrocharis morsus ranae* i *Wolffia arrhiza* na području Spačve. Tijekom proljeća 2009. godine zabilježena je veća pokrovnost vrsta *Potamogeton crispus* i *Lemna minor*, a tijekom ljeta vrsta *Lemna gibba*, *Ceratophyllum demersum* i *Myriophyllum spicatum*.

Sezonske su promijene u 2008. godini vidljive na području Spačvanskog bazena, a 2009. na području Bosuta.

U sastavu makrofita nema značajnije razlike između dvaju proljeća (P8, P9). Usporedbom dvaju ljeta, 2008. godine je veća pokrovnost vrsta *Spirodela polyrhiza*, *Trapa natans* i *Wolffia arrhiza*, a 2009. godine vrsta *Lemna gibba*, *Myriophyllum spicatum* i *Ceratophyllum demersum*.

Na području Lonjskog polja, u sastavu makrofita sezonske varijable objašnjavaju 5% ukupne varijance. Tijekom proljeća (Slika 38d) je veća pokrovnost vrsta roda *Carex* na području Manjih pritoka (prostorni prikaz prve osi). Značajna je razlika u sastavu makrofita između proljeća. U 2009. godini (P9) u Manjim pritokama dominiraju kopnene vrste roda *Carex*, *Carex riparia*, *Carex vulpia*, *Carex vesicularia*, *Carex acutus*, *Eleocharis palustris* i amfibijske vrste *Alisma plantago-aquatica* i *Alisma lanceolata*. U 2008. godini (P8) u Manjim pritokama dominiraju kopnene i amfibijske vrste *Carex pseudocyperus*, *Rorippa amphibia*, a u Većim rijekama vrste roda *Potamogeton*, *Potamogeton pectinatus*, *P. crispus* i *P. lucens*.

Na području su Lonjskog polja tijekom ljeta zabilježene veće promijene u Velikim rijekama. U 2008. godini (S8) veća je pokrovnost vrsta *Trapa natans*, *Spirodela polyrhiza*, *Hydrocharis morsus ranae* i *Najas minor*, a u Manjim pritokama vrsta *Sagittaria sagittifolia*. U ljeto 2009. godine (Slika 38d) veća je pokrovnost vrsta *Lemna gibba*, *Salvinia natans*, *Najas marina*.



Slika 38. Ordinacijski dijagrami RDA analize s prikazanim odnosom sastava makrofita i vremenskih varijabli u: a) Ukupnom području istraživanja, b) Baranji, c) slivu rijeke Bosut, d) Lonjskom polju. Uz svaki su dijagram prostorno prikazani rezultati prve dvije osi. Crni krugovi predstavljaju pozitivne RDA vrijednosti lokaliteta, a bijeli negativne. Veličina krugova proporcionalna je RDA vrijednostima na pojedinim lokalitetima.

4. RASPRAVA

Melioracijski kanali Kopačkog rita, kanal Barbara, šumsko područje Spačvanskog bazena te rukavci rijeke Save, Čigoć i Mužilovčica izdvajaju se velikom raznolikošću submerznih vrsta dok se kopnene i amfibijske vrste pojavljuju s većom raznolikošću na području Spačvanskog bazena i manjih pritoka sliva Lonje. Na veliku raznolikost vrsta i važnost poplavnih i močvarnih područja unutar sliva ukazuju brojna istraživanja (Rolon & Maltchik, 2006; Maltchik i sur., 2007), a uzrok velikog broja vrsta u takvim područjima je opskrbljivanje propagulama, koje se mogu transportirati na velike udaljenosti, čak i tijekom samo jedne poplave (Nilsson i sur., 1991; Strayer i sur., 2003).

U području sliva rijeke Bosut, Spačvanski bazen predstavlja šumsko područje s najmanjim utjecajem čovjeka, vodotoci su nešto širi i manje onečišćeni, pa su zbog toga i povoljniji za razvoj makrofita. Prisutnost submerznih vrsta *Lemna trisulca*, *Riccia fluitans* i *Ricciocarpus natans* na području Spačvanskog bazena govori u prilog činjenici da smanjeno ljudsko djelovanje uzrokuje veću raznolikost makrofita. Landolt (1986) je također opisao sukcesiju zajednica vodenih leća uzrokovanu ljudskim (mehaničko održavanje vodotoka, eutrofikacija, zagađenje) i prirodnim (poplave) djelovanjem. Prvo se pojavljuju pionirske vrste (*Spirodela polyrhiza*, *Lemna minor*, *Lemna gibba*) koje mogu kolonizirati vrlo brzo, razmnožavaju se vegetativno i pokazuju veliku fluktuaciju u veličini populacije. Vrlo često prilikom kolonizacije isključuju jedna drugu. Nakon njih se na staništu počinju razvijati vrste koje se u zajednicama vodenih leća mogu naći samo u stabilnim uvjetima (*Lemna trisulca* i *Riccia fluitans*). Ne razmnožavaju se brzo kao pionirske vrste imaju manje zahtjeve za nutrijentima i svjetlom i vrlo često su submerzne pa se mogu snabdijevati nutrijentima iz nižih dijelova vodenog stupca. Što se bolje razvijaju na staništu manje je nutrijenata dostupno pionirskim vrstama zbog čega dobrim dijelom odumiru (Landolt, 1986). Obzirom da u vodotocima Spačvanskog bazena nema ljudskog djelovanja, u njima su stabilni uvjeti za razvoj zajednica vodenih leća sa daleko većom raznolikošću od one u Bosutu gdje prevladava sastojina vrste *Spirodela polyrhiza* (Kočić i sur., 2008). Nadalje, šumski su vodotoci češće hladniji, širi, imaju manje sedimenta i daleko veću raznolikost (Allan, 2004).

S druge strane, Hrivnak i sur. (2012) pokazuju da je zasjena uzrokovana šumskim pokrovom na obalnom području vodotoka Slovačke povezana s manjom dostupnošću svjetla, pa raznolikost makrofita opada s povećanjem udjela šumske vegetacije. Malo je vjerojatno da

samo jedan mehanizam upravlja djelovanjem šuma na raznolikost makrofita (Houlahan i sur., 2006).

Na području istraživanja rukavci rijeke Save- Čigoć i Mužilovčica su područja koja nisu izložena značajnijem djelovanju čovjeka, pa se mogu smatrati prirodnim staništima. Rijetki su hidrofiti koji podnose jaka strujanja i veliku brzinu struje vode kakva vlada u srednjem dijelu glavnog korita rijeke. Zbog toga u sporednim rukavcima živi mnogo više vrsta vodenih makrofita nego u glavnom koritu rijeke, što pokazuju i istraživanja Purger (2013).

Uspoređujući dosadašnja istraživanja makrofita na području Hrvatske, vidljiva je najveća raznolikost biljnih zajednica na području Kopačkog rita (Topić, 1989).

Usporedbom sastava pronadenih biljnih zajednica na području Baranje (Topić, 1989), Bosuta (Trinajstić i sur., 2001; Filić, 1984; Rauš i sur., 1978) i Lonjskog polja (Trinajstić & Pavletić, 1980, 1991; Schneider-Jacoby, 1990), najrazvijenija vegetacija vodenjara utvrđena je na području Kopačkog rita (Topić, 1989) s naglašenijom submerznom komponentom vodenjarskih zajednica; *Spirodelo-Salvinietum*, *Lemno-Azolletum*, *Riccietum fluitans*, *Potamogetonetum lucentis*, *Potamogetonetum graminei*, *Najadetum marinae*, *Nymphoidetum-peltatae*, *Trapetum natantis*, *Potameto-Ranunculetum circinati*, *Nymphoideto-Hippuridetum*.

Premda je na području Bosuta opisan nešto manji broj zajednica u odnosu na Kopački rit, vidljiva je velika raznolikost i to osobito submerznih makrofita na šumskom području Spačvanskog bazena. U barama nizinskih šuma (Rauš i sur., 1978) i na Virovima (Trinajstić i sur., 2001) zabilježen je čitav niz slobodno-plivajućih i zakorijenjenih zajednica vodenjara; *Lemno-Spirodeletum polyrhizae*, *Lemnetum trisulcae*, *Myriophyllo-Nupharetum*, *Hottonietum palustris*, *Hydrocharidetum morsus-ranae*, *Lemno-Utricularietum vulgaris*, *Ceratophylletum demersi*, *Nymphaetum albo-luteae*. Slične rezultate pokazuje i istraživanje Filić (1984) gdje u biljnom pokrovu kanala jugoistočne Slavonije u većim rijekama Bosut, Biđ i Spačva navodi zajednice vodenjara, dok su u plićim kanalima, na mjestima koja povremeno presušuju razvijene zajednice tršćaka i visokih šaševa; *Scirpo-Phragmitetum*, *Glycerietum maximae* i *Caricetum ripariae*. Premda se dobiveni rezultati i prethodna istraživanja metodološki razlikuju, prema prikazanom sastavu vrsta pronadenih na području Spačvanskog bazena ovaj tip zajednica i danas egzistira na istraženom šumskom prostoru. Iznimku čini vrsta *Hottonia palustris* koja ovim istraživanjem nije zabilježena na prostoru sliva Bosuta (Kočić i sur., 2009a).

Na području Lonjskog polja u Velikim je rijekama zbog njihove dubine i brzog strujanja vode utvrđena mala pokrovnost i mali broj vrsta slobodno-plivajućih makrofita. Madsen i sur.

(2001) navode da je veća pokrovnost i raznolikost povezana s niskom i srednjom brzinom strujanja vode dok je pri bržem strujanju razvoj makrofita ograničen. Prema brojnim istraživanjima (Purger, 2013; Grlica, 2008) u sporednim rukavcima živi mnogo više vrsta makrofita nego u glavnom koritu rijeke pri čemu se većina vrsta nalazi uz obalu, u zamuljenim rukavcima odvojenim od glavnog toka rijeke i u mrtvajama, gdje makrofiti obično pokrivaju cijelu površinu vode. U rukavcima rijeka i manjim pritokama na području Lonjskog polja zabilježena je velika raznolikost, od uronjenih i amfibijskih do kopnenih vrsta. Dosadašnja istraživanja rukavca rijeke Save Krapje Đol (Trinajstić & Pavletić, 1991) i kanala Črnc polja i Turopolja (Hulina, 1989) također pokazuju veliku raznolikost makrofita, s velikim brojem ugroženih svojti.

Prikaz stanišnih uvjeta na ukupnom području istraživanja (PCA analiza) pokazuje da na području Baranje dominira poljoprivreda, slivna su područja daleko manja s većom gustoćom kanala koji se redovito održavaju, pa su tijekom perioda istraživanja izmuljavani i redovito košeni. Također je vidljiva povećana koncentracija sulfata i povišena temperatura vode. Prisutnost sumpora u obliku sulfata pokazatelj je aerobnih uvjeta na staništu (Mrklas i sur., 2006), dok je povećana koncentracija sulfata u nizinskim područjima povezana s intenzivnom poljoprivredom (Heegaard i sur., 2001) i korištenjem umjetnih gnojiva (Gibson i sur., 1995). Temperatura vode je u kanalima Baranje bila povišena tijekom perioda istraživanja, uslijed nedostatka zaszene i morfologije samih kanala koji su už i plići.

Prikazom stanišnih uvjeta na području Baranje izdvojena su dva područja. Prvo, dva rukavca rijeke Drave i Dunava koji se ističu dubinom, širinom, prozirnošću i šumskim pokrovom u slivnom području. Drugo područje je rijeka Karašica, koja se izdvaja povećanim udjelom poljoprivrednih površina i naselja unutar sliva, te povećanim konduktivitetom i koncentracijama nutrijenata. Johnson i sur. (2007) su pokazali usku povezanost konduktiviteta i povećane koncentracije nutrijenata s poljoprivrednom aktivnošću što pokazuju i istraživanja područja rijeke Karašice.

U odnosu na ukupno područje istraživanja lokaliteti sliva rijeke Bosut i Lonje predstavljaju najveća slivna područja s velikim udjelom šumskog pokrova, većom širinom, dubinom i prozirnošću vodotoka, što pokazuje ordinacijski dijagram PCA analize (Slika 18a).

Allan (2004) navodi da su šumski vodotoci često hladniji i širi, pa nestankom priobalnog šumskog područja količina svjetla i temperatura vode pokazuju trend porasta. Rezultat je to zaszene koja je lokalnog karaktera i vezana za obalnu vegetaciju.

Istraživana područja s većim udjelom naselja pokazuju veće zagađenje, što podrazumjeva veće koncentracije orto-fosfata, ukupnog fosfora, amonijaka, nitrita, nitrata i povećani konduktivitet. Kao takva ističu se područja rijeke Karašice, Biđ i njegove pritoke, rubna područja Spačvanskog bazena i rijeka Bosut.

Unutar sliva rijeka udio naselja je relativno nizak ali ima izrazito visok utjecaj, kako neposredno na lokalnom području, tako i na većim udaljenostima (Paul & Meyer, 2001; Allan, 2004; Sandin, 2009b). Davies & Neal (2007) su pokazali da su na području Velike Britanije srednje vrijednosti orto-fosfata povezane sa urbaniziranošću, što je odraz povećane količine otpadnih voda i industrije u usporedbi s područjima intenzivne poljoprivrede (Neal & Jarvie, 2005; Jarvie i sur., 2006).

Povećane koncentracije nitrita i amonijaka rezultat su smanjene količine kisika uslijed mirovanja vode u kanalima (Haury, 1996), zagađenja ispuštanjem otpadnih voda iz gradova, farmi i raspršenih domaćinstava (Pedersen & Freiberg, 2009) unutar sliva. Promijene iz anaerobnih u aerobne uvjete dovode do smanjenja amonijaka i nitrita i porasta koncentracije nitrata (Mrklas i sur., 2006). Hipoksični uvjeti koje uzrokuju visoke koncentracije nutrijenata u stajaćicama i obalnim vodama (Carpenter i sur., 1998) rijetki su u vodotocima i pojavljuju se jedino na pojedinim lokaliziranim područjima sporo-tekućih voda.

Na području rijeke Bosut postoji širok gradijent korištenja zemljišta od poljoprivrednog do šumskog. Šumski su vodotoci širi i dublji, s većom koncentracijom kisika i većom prozirnošću. Nasuprot njima slivovi s većim udjelom obradivih površina i naselja su plići i imaju veći konduktivitet, veće koncentracije amonijaka, nitrita i nitrata. Usporedimo li sliv Bosuta i sliv Spačve, za Bosut je karakteristično veće slivno područje, veća gustoća kanala i veća koncentracija nutrijenata osobito orto-fosfata i ukupnog fosfora što je u skladu s povećanim udjelom poljoprivrednih površina i naselja u slivu. Istraživanja Gardner & McGlynn (2009) pokazuju da je vegetacija učinkovita u trošenju nutrijenata unutar sliva pa udio šuma u slivnom području ima značajan negativan utjecaj na koncentraciju nitrata tijekom sezone rasta. Iako postoji značajan dotok nutrijenata iz rubnih dijelova sliva Spačve u šumskim vodotocima Spačvanskog bazena vidljiva je njihova stalna niska koncentracija.

Prema gradijentu koncentracije nutrijenata stanišni uvjeti na području Lonjskog polja podijeljeni su na lokalitete Velikih rijeka i Manjih pritoka (PCA analiza), gdje u Velikim rijekama prevladavaju veće koncentracije nutrijenata.

Kao manji pritoci odabrani su rukavci rijeka koji se ističu smanjenom količinom nutrijenata zbog svoje povezanosti s rijekom Savom (sličan odnos rukavaca rijeka i u Baranji). S druge strane Davies & Neal (2007) i Sandin (2009a) pokazuju povezanost srednje vrijednosti nitrata s veličinom poljoprivrednih površina unutar cijelog sliva, brzinom strujanja vode, oborinama i veličinom slivnog područja.

Usporedba odnosa stanišnih čimbenika i sastava makrofita na cjelokupnom području pokazuje da na području Baranje prevladava poljoprivredno korištenje zemljišta s čestim održavanjem mreže kanala koja uključuje redovitu košnju i mehaničko izmuljivanje. Vodotoci su veće gustoće, plići, s povećanom koncentracijom sulfata a na njima prevladavaju amfibijske i kopnene vrste. Plitki su vodotoci staništa na kojima amfibijske i kopnene vrste rastu vrlo intenzivno, primarno se rasprostiru iz populacija s obale i u kompeticiji za prostor i svjetlost nadvladavaju ostale oblike makrofita (Riis & Sand-Jensen, 2001). Pokrovnost im se značajno smanjuje povećanjem dubine i udaljenošću od obale vodotoka (Baatrup-Pedersen i sur., 2003), što je odraz nemogućnosti života pod vodom. Nadalje, na staništima sa stalnim ljudskim djelovanjem (košnja, izmuljivanje) dolazi do promijene prema zajednicama brzo-rastućih vrsta visoke reproduktivnosti (Baatrup-Pedersen i sur., 2002) s velikim potencijalom kolonizacije. Upravo zahvaljujući stalnoj populaciji na obali i osobini širenja urastanjem s obale (Henry & Amoros, 1996) kopnene i amfibijske vrste pokazale su se kao vrlo otporne na ljudsko djelovanje unutar vodotoka.

Nadalje, kao negativan efekt povećane koncentracije sulfata u površinskim vodama, u sloju sedimenta i u zoni zakorijenjivanja makrofita može se javiti povećana koncentracija sulfida (Smolders & Roelofs, 1995) čija toksičnost također može biti uzrok nedostatka zakorijenjenih submerznih makrofita na lokalnim područjima (Boedeltje i sur., 2001).

Dosadašnja istraživanja pokazuju da zagađenje, čišćenje kanala i košnja dovode do smanjenja raznolikosti vrsta (Pedersen & Friberg, 2009) i dominantnosti vrlo otpornih kopnenih makrofita kao što su *Typha* i *Glyceria* u vodotocima (Ferreira & Moreira, 2000).

Na području rijeke Karašice, Biđa i Bosuta veći je udio naselja i povećana koncentracija amonijaka, orto-fosfata i konduktiviteta. Na tim su staništima razvijene slobodno-plivajuće vrste *Lemna gibba*, *Lemna minor* i kopnena *Glyceria maxima*.

Slobodno-plivajuće vrste (*Lemnaceae*) su snažno vezane za staništa s visokom koncentracijom nutrijenata (ukupni fosfor i konduktivitet) jer za svoje potrebe prvenstveno koriste nutrijente iz vodenog stupca (Bini i sur., 1999). Nepovoljne uvijete preživljavaju

pomoću turiona koji pružaju slabu zaštitu u duljem sušnom razdoblju, tako da je njihov razvoj uvijek povezan sa stalnim vodenim staništima (Willby, 2000). I u drugim je istraživanjima rasprostranjenost emerznih i plivajućih vrsta bila ovisna o konduktivitetu i ukupnom fosforu, kao na primjer u drenažnim kanalima sjeveroistočnog dijela Delte Nila (Khedr & El-Demerdash, 1997).

Veća raznolikost zakorijenjenih submerznih makrofita javlja se u melioracijskim kanalima Kopačkog rita, kanalu Barbara, u Spačvanskom bazenu i na području Lonjskog polja i to u dubokim vodotocima veće prozirnosti, koncentracije kisika i manje koncentracije amonijaka. U rasprostranjenosti submerzne makrofitske vegetacije ključnu ulogu ima dostupnost svjetla (Chambers, 1987; Chambers & Kalff, 1987), temperatura vode (Bornette & Puijalon, 2011), koncentracija nutrijenata (Vastergaard & Sand-Jensen, 2000) i svojstva sedimenta (Barko & Smart, 1986, Barko i sur., 1991). Za zajednice zakorijenjenih submerznih vrsta karakteristična je niska koncentracija amonijaka i u vodenom stupcu i u sedimentu (Baatrup-Pedersen i sur., 2003; Boedeltje i sur., 2001). Obzirom da više nutrijenata uzimaju iz sedimenta (Demars & Harper, 1998) u vodenom stupcu im pogoduju niže koncentracije nutrijenata. Povećavanjem koncentracije amonijaka i ostalih nutrijenata zajednice prelaze u nezakorijenjene, u kojima dominiraju vrste *Ceratophyllum demersum*, *Lemna minor* i *Spirodella polyrhiza*.

Na području Baranje prevladava poljoprivreda pa nema tako snažnog utjecaja regionalnih varijabli kao u ostalim dijelovima područja istraživanja, a kao vrlo značajne izdvajaju se prostorne varijable. Područje rijeke Karašice izdvaja se prostorno i karakteristikama vodotoka. To je jedini vodotok u Baranji u kojem postoji strujanje vode, morfologijom je uži i plići, ima povećanu koncentraciju orto-fosfata, nitrata i razvijene amfibijske i kopnene vrste *Butomus umbellatus*, *Sagittaria sagittifolia* i *Glyceria maxima*.

Melioracijski kanali Kopačkog rita općenito su dublji i širi, veće gustoće s velikom raznolikošću submerznih vrsta. Na njihovom istočnom dijelu kao i na području kanala Barbara veći je udio šumskog pokrova osobito u obalnom području. U njima dominiraju slobodno-plivajuće vrste *Lemna minor*, *Lemna gibba*, *Spirodela polyrhiza* i *Wolffia arhiza*. Zasjena uzrokovana šumskim pokrovom na obalnom području vodotoka povezana je sa smanjenim intenzitetom svjetla u vodi, pa na takvim staništima s dovoljno nutrijenata u vodi prevladavaju slobodno-plivajuće vrste koje su zahvaljujući životu na površini vode manje osjetljive na nedostatak svjetla (Bini i sur., 1999).

Na zapadnom dijelu melioracijskih kanala Kopačkog rita s nešto većom pokrovnošću nalazimo vrste *Myriophyllum spicatum* i *Potamogeton crispus*. To su staništa bez zasjane šumskog pokrova i s povećanim pH vrijednostima. Istraživanje Khedr & El-Demerdash (1997) pokazuje da je razvoj submerznih vrsta *Myriophyllum spicatum*, *Ceratophyllum demersum*, *Potamogeton pectinatus*, *Potamogeton crispus* vezan uz šire kanale bez zasjene. Istražujući invazivnost vrste *Myriophyllum spicatum* korištenjem regionalnih čimbenika Buchan & Padilla (2000) pokazali su da udio šumskog pokrova u slivu negativno utječe na prisutnost te vrste, dok su Cheruvellil & Soranno (2008) utvrdili da je pokrovnost vrste *Myriophyllum spicatum* veća u područjima s dominantnom poljoprivredom. Na staništima s povećanom pokrovnošću vrste *Myriophyllum spicatum* u zapadnom dijelu melioracijskih kanala Kopačkog rita također vidljiv je i manji udio slobodno-plivajućih vrsta, budući da se na mjestima s razvijenom vrstom *Myriophyllum spicatum* ne pojavljuju vrste porodice *Lemnaceae* (Landolt, 1986).

Zbog različitog korištenja zemljišta na području Bosuta vidljiv je značajan utjecaj regionalnih i prostornih varijabli na sastav makrofita. Na rubnim dijelovima sliva Bosuta s malim slivnim područjima i većim udjelom naselja dominiraju kopnene i amfibijske vrste, a vodotoci su češće košeni i imaju veću koncentraciju nitrata. Široke vodotoke s većom prozirnošću i većim udjelom šumskog pokrova nastanjuju vrste *Spirodela polyrhiza*, *Ceratophyllum demersum* i *Trapa natans*. Glavni gradijent koji dijeli lokalitete unutar sliva Bosuta je udio poljoprivrede; lokaliteti sliva Bosut imaju veći udio poljoprivrede u kojima dominiraju slobodno-plivajuće makrofite dok lokaliteti sliva Spačva imaju veći udio šuma i veću raznolikosti submerznih makrofita.

Kao i u slivu Bosuta, za lokalitete velikih slivnih područja Lonjskog polja vezane su slobodno plivajuće vrste *Spirodela polyrhiza* i *Ceratophyllum demersum*. Glavni gradijent područja Lonjskog polja predstavlja brzina strujanja vode. Brže strujanje vode izmjereno je na lokalitetima gdje se ulijevaju veći brdski vodotoci, Česma i Ilova s Pakrom. To su staništa s većom koncentracijom nitrata i amonijaka i pojavljuje se vrsta *Lemna minor*. Zbog bržeg strujanja vode slobodno-plivajuće vrste se u ovim rijekama pojavljuju na vrlo uskom obalnom području na mjestima gdje je voda mirnija, pa su zaštićene od odnošenja. Brojna su istraživanja koja pokazuju da u rijekama ključnu ulogu u sastavu makrofita imaju brzina strujanja vode i lokalne dimenzije rijeke (Chambers i sur., 1991; Barendragt & Bio, 2003).

Naime, rijetki su makrofiti koje podnose jaka strujanja i veliki protok, pa je na područjima sa sporijim strujanjem vode zabilježena daleko veća raznolikost makrofita.

Na području Baranje najveći udio sastava makrofita i stanišnih uvjeta objašnjavaju prostorne varijable. Obzirom da je Baranja izrazito poljoprivredno područje regionalne varijable u obliku korištenja zemljišta unutar cijelog slivnog područja nisu bile značajne.

U budućim bi istraživanjima na ovom području valjalo istražiti korištenje zemljišta u obalnom području ili cijelog vodotoka ili samo određenog segmenta gdje je šumska vegetacija daleko češća i vjerojatno bi pokazala veći utjecaj i na sastav makrofita i stanišne uvjete u odnosu na ukupno slivno područje.

Naglašena prostorna komponenta na području Baranje pokazuje da najvažniji utjecaj i na sastav makrofita i lokalne stanišne uvjete nije izmjeren, a povezan je s prostorom.

Obzirom da je velik dio Baranje poplavno područje najvažniji utjecaj i na sastav makrofita i na stanišne uvjete imaju poplave koje nisu obuhvaćene niti jednom mjerenom varijablom. U regionalnim varijablama korištenje zemljišta je za svaki lokalitet mjereno u uzvodnom području, pa kako istraživanje nije rađeno u unutrašnjosti poplavnog područja, u slivovima ga u obliku udjela gotovo i nema. Važnost poplavnih područja očituje se kroz opskrbljivanje propagulama, koje se čak i tijekom samo jedne poplave mogu transportirati na velike udaljenosti (Strayer i sur., 2003), kao i mijenjanju koncentracije nutrijenata (Peršić & Horvatić, 2011). Poplavno bi se područje u budućim istraživanjima moglo uzeti kao varijabla u obliku udaljenosti lokaliteta od poplavnog područja. U istraživanju Kočić i sur. (2009b) pokazao se značajnim u rasprostranjenosti vrste *Salvinia natans* na području Baranje, i time na posredan način pokazao značaj poplavnih područja u očuvanju rijetkih vrsta.

U sastavu makrofita na području sliva Bosuta najvažniju ulogu imaju regionalne i prostorne varijable, a u stanišnim uvjetima regionalne i interakcija regionalnih i prostornih varijabli. Značaj regionalnih varijabli je posljedica veće varijabilnosti korištenja zemljišta unutar sliva Bosuta, a prostorna komponenta pokazuje da se na regionalnoj skali odvijaju procesi poput kompeticije ili procesa vezanih za širenje vrsta koji nisu mjereni u istraživanju.

Na sastav makrofita Lonjskog polja najveći utjecaj imaju lokalne i regionalne varijable među kojima je najznačajnija brzina strujanja vode. Zahvaljujući tome, na području Lonjskog polja u Velikim rijekama pojavljuje se vrsta *Lemna minor* s vrlo malom pokrovnošću, dok se u Manjim pritokama nalazi veća raznolikost vrsta (Slika 27). Na lokalne stanišne uvjete najveći

utjecaj imaju regionalne varijable, što pokazuje da je primarni mehanizam koji upravlja stanišnim uvjetima na području Lonjskog polja uzrokovan ukupnim slivnim područjem. Lokalni uvjeti po kojima se uzorkovani lokaliteti Lonjskog polja razlikuju su brzina strujanja vode, dubina vodotoka, koncentracija nitrata, amonijaka i konduktivitet. I u drugim je istraživanjima utjecaj ukupnog slivnog područja najveći kada su primarni mehanizam nestabilnost protoka, nutrijenti ili neki drugi faktor vezan za cijelo područje (Strayer i sur., 2003; Allan, 2004).

Usporedbom različitih prostornih skala korištenja zemljišta, količinu nitrata najbolje objašnjava korištenje zemljišta unutar sliva i to posebice udio obradivih površina (Hansen i sur., 2001; Boyer i sur., 2002). Konduktivitet i N koncentracije su usko povezane s poljoprivrednom aktivnošću, međutim Davies & Neal (2007) navode da je pitanje nitrata daleko složenije od orto-fosfata i uključuje i poljoprivrednu i urbanu komponentu. Osim prostorne skale ukupnog sliva u odnosu na nitrate važna je vremenska skala i količina oborina (Davies & Neal, 2007; Gardner & McGlynn, 2009).

U istraživanom razdoblju, 2007. godina se odlikuje najmanjom količinom oborina i najnižim vodostajima rijeka, pa je u tom periodu zabilježena najmanja širina i dubina vodotoka i najrazvijenija amfibijska i kopnena vegetacija na sva tri područja istraživanja. U odnosu na ukupno područje, zabilježen je pad koncentracije sulfata u Baranji od 2007. prema 2009. godini, što može biti rezultat razrijeđenja zbog povećane količine dotoka voda, uslijed oborina i poplava.

U 2009. godini zabilježena je veća dubina, širina vodotoka kao i konduktivitet što je pogodovalo razvoju submerznih vrsta. Jedna od karakteristika po kojima se Baranja razlikuje od ostalih istraživanih područja je održavanje kanala koje uključuje izmuljivanje i košnju. Iako su to zahvati koji imaju vrlo velik utjecaj na razvoj vegetacije (osobito izmuljivanje), na području Baranje nije uočen značajniji direktan utjecaj. Vidljivo je da već male razlike u vodostajima rijeka i količini oborina između godina imaju utjecaj na razvoj amfibijskih i kopnenih vrsta (primjer 2007. godina). Obzirom da je to tip vegetacije koji spriječava razvoj submerznih vrsta njeno uklanjanje pogoduje povećanju raznolikosti i razvoju submerznih vrsta na istraživanom području.

U vodotocima Baranje relativno često se javljaju vrste *Potamogeton crispus*, *P. natans*, *P. pectinatus* koje Riis & Sand-Jensen (2001) navode kao brzo rastuće vrste, tipične za eutrofne i često održavane vodotoke (Riis i sur., 2001) koje na košnju odgovaraju pojačanim rastom (Sand-Jensen i sur., 1999). Isto tako, istraživanja u vodotocima Danske pokazuju da su

redovito održavanje vodotoka, zagađenost i eutrofikacija tijekom prošlog stoljeća doveli do smanjenja raznolikosti makrofita, nestanka mnogih vrsta roda *Potamogeton* i trenda veće pokrovnosti makrofita s višim potencijalom rasprostiranja (Riis & Sand-Jensen, 2001).

Povećana rasprostranjenost invazivnih vrsta *Elodea nuttallii* na području Baranje i *Elodea canadensis* na području sliva Lonje pokazatelj su stresa unutar prirodnog ekosustava. Iako se *Elodea nuttallii* sve više širi u slivu Dunava (Janauer i sur., 2007) i Drave (Purger, 2013) na području je Hrvatske prvi put zabilježena u ovom istraživanju. Staništa na kojima je pronađena za sada ne pokazuju značajnije smanjenje raznolikosti makrofita, međutim treba uzeti u obzir da proces prelaska pridošle vrste u invazivnu često uključuje fazu mirovanja, nakon čega slijedi faza eksponencijalnog rasta dok vrsta ne dosegne granice rasprostranjenosti (Larson & Willén, 2007). Isto tako, staništa izložena promijenama često mogu imati povećanu raznolikost kao rezultat invazije eurivalentnim vrstama, koji kompenziraju potencijalni nestanak stenovalentnih vrsta.

Širenje i velika pokrovnost vrsta *Najas marina* i *Potamogeton pectinatus*, ulazak vrste *Zannichellia palustris*, uglavnom u naseljenim područjima očita je posljedica ljudskog djelovanja. Sve su ove vrste uglavnom pokazatelji eutrofnih uvjeta na staništu (Amoros i sur. 2000, Demars & Harper 1998, Othelova i sur., 2007).

Na području Bosuta tijekom perioda istraživanja 2008. godina se odlikuje najvećom količinom oborina, pa je na rubnim dijelovima sliva čak zabilježeno strujanje vode, kao i povećana koncentracija amonijaka. Tijekom srpnja i kolovoza 2009. godine u Spačvanskom je bazenu zabilježena veća širina vodotoka uslijed većeg vodostaja rijeke Save nego u 2008. godini. Pri tome je povećana koncentracija sulfata posljedica većeg ispiranja sa okolnih poljoprivrednih površina, a koncentracija klorofila-a posljedica najveće koncentracije ortofosfata u 2009. godini. U obje istraživane godine povećan je razvoj slobodno-plivajućih vrsta. Na području Lonjskog polja zabilježen je 2008. godine brže strujanje vode, veća koncentracija sulfata te povećan razvoj submerzne vegetacije i sve je to vjerojatno posljedica najveće količine oborina.

Povećan razvoj submerznih i slobodno-plivajućih vrsta u 2009. godini uvjetovala je veća širina i dubina dijelom zbog poplava, a dijelom oborina, te povećane koncentracije nitrata i amonijaka na području Velikih rijeka istraživanog područja.

Koncentracija nutrijenata u vodi rezultat je nekoliko procesa unutar sliva: oslobađanje nutrijenata (kroz mineralizaciju, fertilizaciju, otpadne vode), transport vode (vrijeme prolaska

i putevi vode) i transformacija i imobilizacija (denitrifikacija, sedimentacija i adsorpcija) (Arheimer & Liden, 2000).

To se najbolje očituje na dva istraživana područja, na području Baranje gdje su zabilježene relativno male koncentracije dušika u odnosu na Lonjsko polje gdje je 2009. na području Velikih rijeka, iako su širina i dubina vodotoka daleko veće, zabilježena povećana koncentracija nitrata i amonijaka.

U plitkim je vodotocima velika varijabilost u količini nitrata, a može se objasniti utjecajem procesa bentosa (sadržaj organske tvari, stupanj oksidacije sedimenta) na gubitak dušika (Alexander i sur., 2000). Iako je anorganski dušik u korelaciji s udjelom obradivih površina (Arheimer & Liden, 2000), njegova je koncentracija na području Baranje relativno mala što je rezultat ispiranja, bioloških procesa tijekom sezone rasta i velike gustoće kanala. Alexander i sur. (2000) navode da je na području sliva rijeke Mississippi unos dušika iz sušnijih i udaljenijih vodotoka malen zbog efekta plitkih rijeka i duljine puta koji ta voda prolazi što dovodi do velikog gubitka dušika.

Povećanjem veličine i dubine vodotoka, procesi bentosa su manje efektivni pa dolazi do povećanja koncentracije dušika. Na razini ukupnog sliva, u nizvodnom smjeru rastu dubina i protok vode i smanjuje se gubitak dušika unutar vodotoka. Istraživanja Alexander i sur. (2000) pokazuju da je smanjenje gubitka dušika porastom dubine otprilike tri puta veće nego porastom protoka. Isti procesi odvijaju se na istraživanom području Velikih rijeka Lonjskog polja gdje su poplave i oborine uzrokovale veću širinu i dubinu vodotoka 2009. godine te je zabilježena povećana koncentracija nitrata i amonijaka.

Sezonska dinamika sulfata vidljiva je na cijelokupnom području istraživanja. Povećana proljetna koncentracija rezultat je proljetnih oborina i ispiranja s obradivih površina. Zbog povezanosti s obradivim površinama najveća je koncentracija sulfata zabilježena na području Baranje.

Sezonska dinamika nitrata zabilježena je na području Baranje i Lonjskog polja. Arheimer & Liden (2000) navode da je zbog nedostatka ispiranja i bioloških procesa tijekom sezone rasta koncentracija anorganskog dušika značajno niža ljeti. Iznimku čini ljeto 2008. godine gdje je na lokalitetima Lonjskog polja s povećanom brzinom strujanja vode zabilježena veća koncentracija nitrata u odnosu na proljeće, a rezultat je to najveće količine oborina i ispiranja nitrata s obradivih površina unutar sliva tijekom navedenog razdoblja.

Sezonska dinamika orto-fosfata vidljiva je na sva tri područja istraživanja. Zbog bioloških procesa korištenja fosfora njegova koncentracija varira tijekom godine i najniža je tijekom

sezona rasta, što je vidljivo na području Baranje. Najveća koncentracija orto-fosfata zabilježena je na području sliva Bosuta, ali kao i na području Lonjskog polja efekt njenog ljetnog trošenja nije vidljiv zbog drugih procesa unutar sliva pa je veća koncentracija orto-fosfata tijekom ljeta uzrokovana istjecanjem otpadnih voda naselja.

Sezonska je dinamika vidljiva i u sastavu makrofita. U proljeće kada se zajednice vodenih leća tek počinju razvijati, submerzna je zajednica *Potamogeton crispus* u kanalima vrlo česta (Zutshi & Vass, 1971; Rodwell, 1995). Kao izrazito proljetna vrsta na sva tri područja pojavljuje se *Potamogeton crispus*. Tijekom svibnja i lipnja, razvojem zajednica vodenih leća zbog nedostatka svjetlosti pod vodom dolazi do izmjene zajednice *P. crispus* zajednicom *Ceratophyllum demersi* koja preferira nizak intenzitet svjetlosti. Pri tome *Potamogeton crispus* stvara turione pomoću kojih preživljava nepovoljno razdoblje. Ova sezonska promijena vidljiva je na području istraživanja gdje se kao izrazita proljetnica javlja *P. crispus*, a kao izrazito ljetna vrsta *Ceratophyllum demersum*.

Na području Baranje se kao proljetna vrsta javlja i *Lemna trisulca*. Landolt (1986) navodi da u vodama s konstantno niskim koncentracijama fosfora *L. trisulca* može dominirati tijekom perioda rasta obzirom da je prva sposobna uzeti fosfor oslobođen iz sedimenta. U zajednicama vodenih leća na području istraživanja kao izrazito ljetne vrste javljaju se *Lemna gibba*, *Wolffia arrhiza*, *Spirodela polyrhiza* i *Salvinia natans*. Na važnost sezonskog uzorkovanja vegetacije ukazao je Landolt (1986) opisujući sezonski razvoj vodenih leća. U proljeće, kada je količina nutrijenata relativno niska zbog zimskih kiša, počinje se razvijati *Lemna minor*. Više koncentracije nutrijenata i više temperature pogoduju razvoju vrste *L. gibba* koja tijekom ljeta svojim trbušasto izbočenim člancima doslovno prekriva ravne članke vrste *Lemna minor*. Nakon što potroši nutrijente u vodi razvija se vrsta *Wolffia arrhiza* kojoj odgovaraju visoke temperature ali podnosi i niže koncentracije nutrijenata za razliku od *L. gibba*. S hladnijim temperaturama u kasnu jesen *Wolffia* stvara turione i nestaje s površine vode.

Na području Baranje, u zajednicama vodenih leća pojavljuje se vrsta *Salvinia natans*, koja pripada izrazito ljetnim vrstama obzirom da tijekom ljeta zauzima najveće površine. Iako živi u zajednici s ostalim vrstama vodenih leća, niti kojima su biljke *Salvinia natans* međusobno povezane pružaju prednost pri kompeticiji, jer joj omogućavaju rast iznad ravnih članaka (frondova) vodenih leća (Zutshi & Vass, 1971).

Kao ljetna vrsta na području istraživanja pojavljuje se *Spirodela polyrhiza*, a posebno je razvijena u rijeci Bosut gdje je tijekom perioda istraživanja u obliku sastojine prekrivala cijelu površinu vode. Dominira u regijama s toplim ljetima, a u zajednicama vodenih leća

predstavlja pionirsku vrstu koja može kolonizirati vrlo brzo, razmnožava se vegetativno i pokazuje veliku fluktuaciju u veličini populacije (Landolt, 1986). Obzirom da se kao takva pojavljuje na staništima nakon ljudskog djelovanja u ovom se slučaju može pretpostaviti da se radi o stalnoj povećanoj eutrofikaciji i zagađenju rijeke Bosut.

Iz razloga povećanog rizika nestanka velikih poplavnih riječnih kompleksa (Tockner & Stanford, 2002) potrebno je razmotriti različite prostorno-vremenske skale kako bi se ocijenio antropogeni i prirodni utjecaj na poplavna područja rijeka. U prilog tome, ovo istraživanje pokazuje da u sva tri istraživana slivna područja stanišnim uvjetima i razvojem makrofita upravljaju različiti procesi. Na području Baranje ključnu ulogu igraju prostorne varijable koje su vjerojatno povezane s utjecajem poplava kao ključnim čimbenicima za održavanje velike raznolikosti vrsta. Na području Bosuta ključnu ulogu igraju regionalne varijable korištenja zemljišta gdje šumska područja podržavaju veliku raznolikost vrsta, a povećani udio poljoprivrede i naselja u slivu razvoj vrlo otpornih amfibijskih i kopnenih vrsta. U slivu Lonje gdje je u vodotocima zabilježen stalan protok vode ključnu ulogu imaju lokalne varijable među kojima je najvažnija brzina strujanja vode, dok regionalne imaju velik utjecaj na koncentraciju nutrijenata u vodi. Ne samo da je održavanje povećane raznolikosti vrsta važno kroz vrijeme ovo istraživanje pokazuje da je prostorna skala također važna komponenta koju treba uzeti u obzir kada se istražuje odnos raznolikosti. Obzirom da stanišni uvjeti variraju u prostoru, potreban je čitav niz vrsta različite tolerancije u odnosu na okoliš kako bi se održalo funkcioniranje ekosustava unutar krajobraza.

5. ZAKLJUČCI

Prema dobivenim rezultatima možemo zaključiti:

- Submerzne vrste dominirale su u melioracijskim kanalima Kopačkog rita, u kanalu Barbara, šumskom području Spačvanskog bazena te rukavcima rijeke Save, Čigoć i Mužilovčica. Kopnene i amfibijske vrste s velikom raznolikošću izdvajaju se u području Spačvanskog bazena, kao i u području manjih pritoka sliva Lonje.
- Područja rijeke Karašice, Biđa i njegovih pritoka, rubni dijelovi Spačvanskog bazena i rijeke Bosut izdvajaju se većom koncentracijom orto-fosfata, ukupnog fosfora, amonijaka, nitrata i povećanim konduktivitetom.
- Amfibijske i kopnene vrste prevladavale su u redovito održavanim plićim vodotocima Baranje s pretežito poljoprivrednim korištenjem zemljišta. Na razvoj slobodno-plivajućih vrsta *Lemna gibba* i *Lemna minor* te kopnene vrste *Glyceria maxima* koje su prevladavale u slivovima s većim udjelom naselja na području rijeka Karašice, Biđa i Bosuta utjecale su koncentracije amonijaka i orto-fosfata te povećani konduktivitet. U dubljim vodotocima s većom prozirnošću, većom koncentracijom kisika i manjom koncentracijom amonijaka na području melioracijskih kanala Kopačkog rita, kanala Barbara, u Spačvanskom bazenu i na području Lonjskog polja utvrđena je velika raznolikost submerznih vrsta.
- Prostorne varijable su bile značajne na području Baranje i Bosuta i pokazale su da je najvažniji utjecaj povezan s prostorom, a uključuje varijable vezane za širenje vrsta koje nisu mjerene. Lokalne varijable su bile značajne u sastavu makrofita Lonjskog polja, a najvažnija je bila brzina strujanja vode. Stanišni uvjeti na području Lonjskog polja i Bosuta bili su određeni regionalnim varijablama
- Pokrovnost makrofita bila je odraz brzine strujanja vode na području Lonjskog polja, dok su poplave imale najvažniji utjecaj na razvoj makrofita na području Baranje i Bosuta. Amfibijske i kopnene vrste dominirale su tijekom sušnih razdoblja 2007. godine, a slobodno-plivajuće tijekom 2008. i 2009. godine uslijed povećanih količina oborina i visokih vodostaja.

- Povećana koncentracija nutrijenata, kompetitivna prednost i ostali stanišni uvjeti utjecali su na sezonsku izmjenu dominantnih vrsta istraživanog područja, od proljetnih *Potamogeton crispus* i *Lemna trisulca* do ljetnih *Lemna gibba*, *Wolffia arrhiza*, *Spirodela polyrhiza*, *Salvinia natans* i *Ceratophyllum demersum*.

6. POPIS LITERATURE

Abramovitz J (1996) *Imperiled Waters, Impoverished Future: The Decline of Freshwater Ecosystems*. Worldwatch Institute, Washington, D.C., p. 59.

Alexander ML, Woodford MP, Hotchkiss SC (2008) Freshwater macrophyte communities in lakes of variable landscape position and development in northern Wisconsin, U.S.A. *Aquatic Botany* 88: 77-86.

Alexander RB, Smith RA, Schwarz GE (2000) Effect of stream channel size on the delivery of nitrogen to the Gulf of Mexico. *Nature* 403: 758-761.

Allan JD (2004) Landscapes and riverscapes: The influence of land use on stream ecosystems. *Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst.* 35: 257–84.

American Public Health Association (APHA) (1998) *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. 19th edn. U: Greenberg AE, Clesceri LS and Eaton AD (ed.) Washington, DC.

Amoros C, Bornette G, Henry CP (2000) A vegetation-based method for the ecological diagnosis of riverine wetlands. *Environmental Management* 25: 211-227.

Anderson MJ, Cribble NA (1998) Partitioning the variation among spatial, temporal and environmental components in the multivariate data set. *Australian of Ecology* 23(2): 158-167.

Arheimer B, Liden R (2000) Nitrogen and phosphorus concentrations from agricultural catchments – influence of spatial and temporal variables. *Journal of Hydrology* 227: 140-159.

Baatrup-Pedersen A, Larsen SE, Riis T (2002) Long-term effects of stream management on plant communities in two Danish lowland streams. *Hydrobiologia* 481: 33–45.

Baatrup-Pedersen A, Larsen SE, Riis T (2003) Composition and richness of macrophyte communities in small Danish streams – influence of environmental factors and weed cutting. *Hydrobiologia* 495: 171-9.

Baatrup-Pedersen A, Riis T (1999) Macrophyte diversity and composition in relation to substratum characteristics in regulated and unregulated Danish streams. *Freshwater Biology* 42: 375-385.

Barendregt A, Bio AMF (2003) Relevant variables to predict macrophyte communities in running waters. *Ecological Modelling* 160: 205–17.

Barišić A (2011) Utjecaj melioracijskog sustava odvodnje na Kopački rit. Magistarski rad, Poslijediplomski sveučilišni interdisciplinarni znanstveni studij Zaštita prirode i okoliša, Sveučilište J.J.Strossmayera u Osijeku, Osijek.

Barker T, Hatton K, O'Connor M, Connor L, Moss B (2008) Effects of nitrate load on submerged plant biomass and species richness: results of a mesocosm experiment. *Fundam Appl Limnol* 173: 89–100.

Barko JW, Smart RM (1986) Sediment-related mechanisms of growth limitation in submersed macrophytes. *Ecology* 67: 1328–40.

Barko JW, Gunnison D, Carpenter SR (1991) Sediment interactions with submersed macrophyte growth and community dynamics. *Aquatic Botany* 41: 41-65.

Benda L, Poff NL, Miller D, Dunne T, Reeves G, Pess G, Pollock M (2004) The network dynamics hypothesis: How channel networks structure riverine habitats. *BioScience* 54: 413–427.

Biggs BJB (1996) Hydraulic habitat of plants in streams. *Reg River Res Manage* 12: 131–44.

Bini LM, Thomaz SM, Murphy KJ, Camargo AFM (1999) Aquatic macrophyte distribution in relation to water and sediment conditions in the Itaipu Reservoir, Brazil. *Hydrobiologia* 415: 147-154.

Blanchet FG, Legendre P, Borcard D (2008) Forward selection of explanation variables. *Ecology* 89(9): 2623-2632.

Boedeltje G, Smolders AJP, Roelofs JGM & Van Groenendael JM (2001) Constructed shallow zones along navigation canals: vegetation establishment and change in relation to habitat characteristics. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems* 11: 453–471.

Borcard D, Gillet F & Legendre P (2011) *Numerical ecology in R*. Springer, New York, p.306.

Borcard D, Legendre P, Drapeau P (1992) Partialling out the Spatial Component of Ecological Variation. *Ecology* 73: 1045-1055.

Borcard D, Legendre P (1994) Environmental control and spatial structure in ecological communities: an example using oribatid mites (Acari, Oribatei). *Environmental and Ecological Statistics* 1(1): 37-61.

Bornette G, Puijalon S (2011) Response of aquatic plants to abiotic factors: a review. *Aquatic Science* 73: 1-14.

Boyer EW, Goodale CL, Jaworski NA, Howarth RW (2002) Anthropogenic nitrogen sources and relationships to riverine nitrogen export in the northeastern USA. *Biogeochemistry* 57/58: 137–169.

Braun-Blanquet J (1964) *Pflanzensoziologie*. Springer Verlag, Wien, New York.

Brönmark C, Hansson LA (1998) *The Biology of Lakes and Ponds*. Oxford University Press, Oxford.

Buchan LAJ, Padilla DK (2000) Predicting the likelihood of Eurasian watermilfoil presence in lakes: a macrophyte monitoring tool. *Ecological Application* 10(5): 1442-1455.

Caffrey JM, Monahan C, Tierney D (2006) Factors influencing the distribution of aquatic plant communities in Irish canals. *Hydrobiologia* 570: 133-139.

Carpenter SR, Caraco NF, Correll DL, Howarth RW, Sharpley AN, Smith VH (1998) Nonpoint pollution of surface waters with phosphorus and nitrogen. *Ecological Applications* 8: 559-568.

Casper CJ, Krausch HD (1980) Pteridophyta und Anthophyta 23/24. U: Ettl H, Gerloff J, Heynig H (ed.) *Die Süßwassflora von Mitteleuropa*. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart.

Chambers PA (1987) Light and nutrients in the control of aquatic plant community structure. II. In situ observations. *J Ecol* 75: 621–8.

Chambers PA, Kalff J (1985) Depth distribution and biomass of submersed aquatic macrophyte communities in relation to secchi depth. *Can.J.Fish.Aquat.Sci.* 42: 701-709.

Chambers PA, Prepas EE, Hamilton HR, Bothwell ML (1991) Current velocity and its effect on aquatic macrophytes in flowing waters. *Ecol Appl* 1:249–57.

Cheruvilil KS, Soranno PA (2008) Relationships between lake macrophyte cover and lake and landscape features. *Aquatic Botany* 88: 219-227.

Cooper SD, Diehl S, Kratz K, Sarnelle O (1998) Implications of scale for patterns and processes in stream ecology. *Australian Journal of Ecology* 23: 27-40.

Daniel H, Bernez I, Haury J (2006) Relationships between macrophytic vegetation and physical features of river habitats: the need for a morphological approach. *Hydrobiologia* 570: 11-17.

Davies H, Neal C (2007) Estimating nutrient concentrations from catchment characteristics across the UK. *Hydrol. Earth Syst. Sci.* 11(1): 550-558.

Declerck S, Vandekerkhove J, Johansson L, Muylaert K, Conde-Porcuna JM, Van der Gucht K, Perez-Martinez C, Lauridsen T, Schwenk K, Zwart G, Rommens W, Lopez-Ramos J, Jeppesen E, Vyverman W, Brendonck L, De Meester L (2005) Multi-group biodiversity in shallow lakes along gradients of phosphorus and water plant cover. *Ecology* 86: 1905–1915.

Demars BOL, Edwards AC (2009) Distribution of aquatic macrophytes in contrasting river systems: A critique of compositional-based assessment of water quality. *Science of the Total Environment* 407: 975-990.

Demars BOL, Harper DM (1998) The aquatic macrophytes on an English lowland river system: assessing response to nutrient enrichment. *Hydrobiologia* 384:75–88.

Demars BOL, Harper DM (2005) Distribution of aquatic vascular plants in lowland rivers: separating the effects of local environmental conditions, longitudinal connectivity and river basin isolation. *Freshwater Biology* 50: 418-437.

Domac R (1994) *Flora Hrvatske. Priručnik za određivanje bilja*. Školska knjiga, Zagreb.

Dray S, Legendre P, Blanchet G (2007) Packfor: Forward selection with permutation (Canoco p.46). R package version 0.0-7, http://r-forge.r-project.org/R/?group_id=195.

Ecke F (2009) Drainage ditching at the catchment scale affects water quality and macrophyte occurrence in Swedish lakes. *Freshwater Biology* 54(1): 119-126.

Edvardsen A, Økland RH (2006) Variation in plant species composition in and adjacent to 64 ponds in SE Norwegian agricultural landscapes. *Aquatic Botany* 85: 92-102.

Feld CK (2004) Identification and measure of hydromorphological degradation in Central European lowland streams. *Hydrobiologia* 516: 69-90.

Ferreira MT, Moreira I (2000) River plants from an Iberian basin and environmental factors influencing their distribution. *Hydrobiologia* 415: 101–107.

Filić Đ (1984) *Biljni pokrov kanala jugoistočne Slavonije*. Magistarski rad. Prirodoslovno-matematički fakultet, Zagreb.

Forkuor G, Maathuis B (2012) Comparison of SRTM and ASTER Derived Digital Elevation Models over Two Regions in Ghana - Implications for Hydrological and Environmental

Modeling. U: Piacentini T, Miccadei E (ed.) Studies on Environmental and Applied Geomorphology. InTech, Croatia.

Franklin P, Dunbar M, Whitehead P (2008) Flow controls on lowland river macrophytes: A review. *Science of the Total Environment* 400: 369-378.

Gabriel KR (2002) Goodness of fit of biplots and correspondence analysis. *Biometrika* 89(2): 423-436.

Gardner KK, McGlynn BL (2009) Seasonality in spatial variability and influence of land use/land cover and watershed characteristics on stream water nitrate concentrations in a developing watershed in the Rocky Mountain West. *Water Resources Research* 45(8): 1-14.

Gibson CE, Wu Y, Smith SJ, Wolfe-Murphy SA (1995) Synoptic limnology of a diverse geological region: catchment and water-chemistry. *Hydrobiologia* 306: 213–227.

Gibson LA, Wilson BA, Cahill DM, Hill J (2004) Spatial prediction of rufous bristlebird habitat in a coastal heathland: a GIS-based approach. *Journal of Applied Ecology* 41: 213-223.

Gomi T, Sidle RC, Richardson JS (2002) Understanding processes and downstream linkages of headwater systems. *BioScience* 52: 905–916.

Grlica I (2008) Studija biološke raznolikosti rijeke Drave. Dravske mrtvice i odvojeni rukavci 2. dio. Virovitica.

Gruber S, Peckham S (2009) Land-surface parameters and objects in hydrology. U: Hengl T, Reuter HI (ur.) *Geomorphometry. Concepts, Software, Applications*. Elsevier, Amsterdam, 87-140.

Guisan A, Zimmermann NE (2000) Predictive habitat distribution models in ecology. *Ecological Modelling* 135: 147-186.

Hansen B, Alrøe HF, Kristensen ES (2001) Approaches to assess the environmental impact of organic farming with particular regard to Denmark. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 83: 11-26.

Haury J (1996) Assessing functional typology involving water quality, physical features and macrophytes in a Normandy river. *Hydrobiologia* 340: 43-49.

Heegaard E, Birks HH, Gibson CE, Smith SJ & Wolfe-Murphy S (2001) Species-environmental relationships of aquatic macrophytes in Northern Ireland. *Aquatic Botany* 70: 175–223.

Hengl T, Maathuis BHP, Wang L (2009) Geomorphometry in ILWIS. U: Hengl T, Reuter HI (ed.) *Geomorphometry. Concepts, Software, Applications*. Amsterdam, Elsevier, 309-331.

Henry CP, Amoros C (1996) Are the banks a source of recolonization after disturbance?: an experiment on aquatic vegetation in a former channel of the Rhône River. *Hydrobiologia* 330: 151-162.

Hilton J, O'Hare M, Bowes MJ, Jones JI (2006) How green is my river? A new paradigm of eutrophication in rivers. *Science of the Total Environment* 365: 66–83.

Holland JD, Bert DG, Fahrig L (2004) Determining the Spatial Scale of Species' Response to Habitat. *BioScience* 54(3): 227-233.

Houlahan JE, Keddy PA, Makkay K, Findlay CS (2006) The effects of adjacent land use on wetland species richness and community composition. *Wetlands* 26(1): 79-96.

Hrivnák R, Otahelová H, Gömöry D, Valachovič M, Palove-Balang P (2012) Environmental effects on species richness of macrophytes in Slovak streams. *Central European Journal of Biology* 7(6): 1030-1036.

Hulina N (1998) Rare, endangered or vulnerable plants and neophytes in a drainage system in Croatia. *Natura Croatica* 7(4): 279-289.

ICPDR (2005): The Danube River Basin District. Part A – Basin-wide overview. International Commission for the Protection of the Danube River/Permanent Secretariat, Vienna.

James C, Fisher J, Russell V, Collings S, Moss B (2005) Nitrate availability and hydrophyte species richness in shallow lakes. *Freshwater Biology* 50: 1049–1063.

Janauer GA (2001) Is what has been measured of any direct relevance to the success of the macrophyte in its particular environment? *Journal of Limnology* 60: 33-38.

Janauer GA, Gaberščik A, Vukov D (2007) Macrophytes and habitat characteristics of the Danube. *Danube News, Bulletin of the International Association for Danube Research IAD* 13/14, Wilhering, 15–18.

Jarvie HP, Neal C, Jürgens MD, Sutton EJ, Neal M, Wickham HD, Hill LK, Harman SA, Davies JLL, Warwick A, Barrett C, Griffiths J, Binley A, Swannack N, McIntyre N (2006) Within-river nutrient processing in Chalk streams: The Pang and Lambourn, UK. *Journal of Hydrology* 330(1-2): 101-125.

Javorka S, Csapody V (1991) *Iconographia Florae Partis Austro-Orientalis Europae Centralis*. Akademiai Kiado, Budapest.

Jelaska SD, Antičić O, Nikolić T, Hršak V, Plazibat M, Križan J (2003) Estimating plant species occurrence in MTB/64 quadrants as a function of DEM-based variables – a case study for Medvednica Nature Park, Croatia. *Ecological Modelling* 170(2-3): 333-343.

Johnson RK, Furse MT, Hering D, Sandin L (2007) Ecological relationships between stream communities and spatial scale: implications for designing catchment-level monitoring programmes. *Freshwater Biology* 52: 939-958.

Jones JI, Sayer CD (2003) Does the fish–invertebrate–periphyton cascade precipitate plant loss in shallow lakes? *Ecology* 84: 2155–67.

Jongman RHG, Ter Braak CJF, Van Tongeren OFR (ur.) (1995) Data Analysis in Community and Landscape Ecology. 2nd edn. Cambridge University Press, Cambridge.

Khedr AHA, El-Demerdash MA (1997) Distribution of aquatic plants in relation to environmental factors in the Nile Delta. *Aquatic Botany* 56(1): 75-86.

Knollová I, Chytrý M, Tichý L, Hájek O (2005) Stratified resampling of phytosociological databases: some strategies for obtaining more representative data sets for classification studies. *Journal of Vegetation Science* 16: 479-486.

Kočić A, Hengl T, Horvatić J (2008) Water nutrient concentrations in channels in relation to occurrence of aquatic plants: a case study in eastern Croatia. *Hydrobiologia* 603: 253-266.

Kočić A, Topić J, Horvatić J, Jelaska SD (2009a) Changes in macrophyte composition in channels of the Bosut River Basin (Eastern Croatia) between 1980-2006. U: Pieterse A, Rytkönen AM, Hellsten S (ur.) *Aquatic Weeds 2009. Proceedings of the 12th European Weed Research Society Symposium*. Finnish Environment Institute, Helsinki, 41.

Kočić A, Jelaska SD, Horvatić J (2009b) The influence of local and catchment scale variables on the distribution of *Salvinia natans* and *Trapa natans* in channels in eastern Croatia. U: Pieterse A, Rytkönen AM, Hellsten S (ur.) *Aquatic Weeds 2009. Proceedings of the 12th European Weed Research Society Symposium*. Finnish Environment Institute, Helsinki, 146.

Komárková J (1989) Primární produkce řas ve slatkovodních ekosystéměch. U: Dykyová D (ed.) *Metody studia ekosystémů*. Academia Praha, Praha, 330–347.

Kuprijanov I, Kotta J, Pärnoja M, Herkül K, Kersen P (2011) Scale-specific effects of environmental variables on benthic macrophyte and invertebrate communities in the Vaindloo area, the central Gulf of Finland. *Estonian Journal of Ecology* 60(1): 4-17.

Kušan V (2010) Corine Land Cover pokrov i namjena korištenja zemljišta u Republici Hrvatskoj – stanje i trendovi. Agencija za zaštitu okoliša, Zagreb.

Landolt E (1986) Biosystematic Investigations in the Family of Duckweeds (Lemnaceae). Veröffentlichungen des Geobotanischen Institutes ETH, Stiftung Rubel, Zurich.

Larson D, Willén E (2007) The relationship between biodiversity and invisibility in central Swedish lakes invaded by *Elodea* species. U: Gherardi F (ur.) Biological invaders in inland waters: Profiles, distribution and threats. Springer Science and Business Media, 423-433.

Legendre P, Gallagher ED (2001) Ecologically meaningful transformations for ordination of species data. *Oecologia* 129(2): 271-280.

Legendre P, Legendre L (1998) Numerical Ecology. Elsevier, Amsterdam.

Liu Q (1997) Variation partitioning by partial redundancy analysis (RDA). *Environmetrics* 8(2): 75-85.

Lowe WH, Likens GE, Power ME (2006) Linking Scales in Stream Ecology. *BioScience* 56(7): 591-597.

Maathuis BHP, Wang L (2006) Digital Elevation model based hydro-processing. *Geocarto International* 21(1): 21-26.

Madsen JD, Chambers PA, James WF, Koch EW, Westlake DF (2001) The interaction between water movement, sediment dynamics and submersed macrophytes. *Hydrobiologia* 444: 71-84.

Mainstone CP, Parr W (2002) Phosphorus in rivers — ecology and management. *Science of Total Environment* 282-283: 25-47.

Maltchik L, Rolon AS, Schott P (2007) Effects of hydrological variation on the aquatic plant community in a floodplain palustrine wetland of Southern Brasil. *Limnology* 8(1): 23-28.

Meot A, Legendre P, Borcard D (1998) Partialling out the spatial component of ecological variation: questions and propositions in the linear modeling framework. *Environmental and Ecological Statistics* 5: 1-27.

MIDCC Multifunctional Integrated Study Danube Corridor and Catchment. Manual Abiotic Parameters Assessment of Habitat Parameters. Department of Limnology and Hydrobotany, University of Vienna, <http://www.midcc.at/>

Montgomery DC, Peck EA (1992) Introduction to Linear Regression Analysis. Wiley, New York.

Moreira I, Ferreira T, Monteiro A, Catarino L, Vasconcelos T (1999) Aquatic weeds and their management in Portugal: insights and the international context. *Hydrobiologia* 415: 229-234.

Mrklas O, Bentley LR, Lunn SR, Chu A (2006) Principal component analyses of groundwater chemistry data during enhanced bioremediation. *Water, Air and Soil Pollution* 169: 395-411.

Neal C, Jarvie HP (2005) Agriculture, community, river eutrophication and the Water Framework Directive. *Hydrological Processes* 19(9): 1895-1901.

Nilsson C, Gardfjell M, Grelsson G (1991) Importance of hydrochory in structuring plant communities along rivers. *Canadian Journal of Botany* 69: 2631–2633.

Nogués-Bravo D, Araújo MB, Romdal T, Rahbek C (2008) Scale effects and human impact on the elevational species richness gradients. *Nature* 453: 216-220.

Oksanen J, Kindt R, Legendre P (2008) *Vegan: Community Ecology Package*.

Otahelová H, Hrivnák R, Valachovič M, Janauer GA (2007) Temporal changes of aquatic macrophytes vegetation in a lowland groundwater feed eutrophic course (Klatovske Rameno, Slovakia). *Acta Societatis Botanicorum Poloniae* 76(2): 141-150.

Parsons J (2001) *Aquatic Plant Sampling Protocols*. Environmental Assessment Program Olympia, Washington State Department of Ecology, Washington.

Paul MJ, Meyer JL (2001) Streams in the urban landscape. *Annual Review of Ecology and Systematics* 32: 333-365.

Pedersen ML, Friberg N (2009) Influence of disturbance on habitats and biological communities in lowland streams. *Fundamental and Applied Limnology* 174(1): 27-41.

Pedersen TCM, Baattrup-Pedersen A, Madsen TV (2006) Effects of stream restoration and management on plant communities in lowland streams. *Freshwater Biology* 51: 161–79.

Peres-Neto P, Jackson D (2001) How well do multivariate data sets match? The advantages of a Procrustean superimposition approach over the Mantel test. *Oecologia* 129: 169–178.

Peršić V, Horvatić J (2011) Spatial distribution of nutrient limitation in the Danube River Floodplain in relation to hydrological connectivity. *Wetlands* 31: 933-944.

Pignatti S (1982) *Flora d'Italia*. Edagricole, Bologna.

Poff NLR (1997) Landscape filters and species traits: towards mechanistic understanding and prediction in stream ecology. *Journal of the North American Benthological Society* 16(2): 391-409.

Preston CD (1995) *Pondweeds of Great Britain and Ireland*. BSBI Handbook No 8. Botanical Society of the British Isles, London.

Prostorni plan područja posebnih obilježja višenamjenskog kanala Dunav-Sava (2007) Ministarstvo zaštite okoliša, prostornog uređenja i graditeljstva, Zavod za prostorno planiranje, Zagreb-Osijek.

Purger JJ (2013) Živi svijet i rehabilitacija četiri rukavca Drave u Mađarskoj. Pecz.

Pyšek P, Prach K (1993) Plant invasions and the role of riparian habitats: a comparison of four species alien to central Europe. *Journal of Biogeography* 20: 413-420.

R Development Core Team (2008) *R: A Language and Environment for Statistical Computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna. <http://www.R-project.org>.

Rauš Đ, Šegulja J, Topić J (1978) Prilog poznavanju močvarne i vodene vegetacije bara u nizinskim šumama Slavonije. *Acta bot. Croat.* 37: 131-147.

Reuter HI, Hengl T, Gessler P, Soille P (2009) Preparation of DEMs for Geomorphometric Analysis. U: Hengl T, Reuter HI (ed.) *Geomorphometry. Concepts, Software, Applications.* Amsterdam, Elsevier, 87-140.

Riis T, Sand-Jensen K (2002) Abundance-range size relationships in stream vegetation in Denmark. *Plant Ecology* 161: 175-183.

Riis T, Biggs BJF (2003) Hydrologic and hydraulic control of macrophyte establishment and performance in streams. *Limnol Oceanogr* 48: 1488–97.

Riis T, Sand-Jensen K (2001) Historical changes in species composition and richness accompanying perturbation and eutrophication of Danish lowland streams over 100 years. *Freshwater Biology* 46: 269-280.

Riis T, Sand-Jensen K (2006) Dispersal of plant fragments in small streams. *Freshwater Biology* 51: 274–86.

Riis T, Sand-Jensen K, Larsen SE (2001) Plant distribution and abundance in relation to physical conditions and location within Danish stream systems. *Hydrobiologia* 448: 217-228.

Riis T, Suren AM, Clausen B, Sand-Jensen K (2008) Vegetation and flow regime in lowland streams. *Freshwater Biology* 53(8): 1531-1543.

Rodwell JS (1995) *British plant communities. Aquatic communities, swamps and tall-herb fens.* Cambridge University Press, Cambridge.

Rolon AS, Maltchik L (2006) Environmental factors as predictors of aquatic macrophyte richness and composition in wetlands of Southern Brazil. *Hydrobiologia* 556(1): 221-231.

Rothmaler W (2007) *Excursionflora von Deutschland 3 – Gefäßpflanzen: Atlasband.* Spektrum Akademischer Verlag, München.

Sandin L (2009a) The relationship between land-use, hydromorphology and river biota at different spatial and temporal scales: a synthesis of seven case studies. *Fundamental and Applied Limnology* 174(1): 1-5.

Sandin L (2009b) The effects of catchment land-use, near-stream vegetation, and river hydromorphology on benthic macroinvertebrate communities in a south-Swedish catchment. *Fundamental and Applied Limnology* 174(1): 75-87.

Sand-Jensen K (1989) Environmental variables and their effect on photosynthesis of aquatic plant communities. *Aquatic Botany* 34: 5–25.

Sand-Jensen K, Andersen K, Andersen T (1999) Dynamic properties of recruitment, expansion and mortality of macrophyte patches in streams. *Int. Rev. Hydrobiol.* 84: 497-508.

Savulescu T (ur.) (1961) *Flora Republicae Popularis Romanicae, Academiae Republicae Popularis Romanicae*, Bucharest.

Scheffer M, Hosper SH, Meijer ML, Moss B, Jeppesen E (1993) Alternative equilibria in shallow lakes. *Trends Ecol Evol* 8: 275–9.

Schneider-Jacoby M (1990) Verbreitung und gefährdung typischer wassepflanzen-arten in der Save-Stromaue im bereich des geplanten Naturparks „Lonjsko polje“. *Acta Bot. Croat.* 49: 125-136.

Smolders AJP, Roelofs JGM (1995) Internal eutrophication, iron limitation and sulphide accumulation due to the inlet of river Rhine water in peaty shallow waters in the Netherlands. *Arch. Hydrobiol.* 133: 349–365.

Stephenson JM, Morin A (2009) Covariation of stream community structure and biomass of algae, invertebrates and fish with forest cover at multiple spatial scales. *Freshwater Biology* 54(10): 2139-2154.

Strayer DL, Beighley RE, Thompson LC, Brooks S, Nilsson C (2003) Effects of land cover on stream ecosystems: roles of empirical models and scaling issues. *Ecosystems* 6: 407–23.

Ter Braak CJF, Smilauer P (1998) CANOCO reference manual and user's guide to Canoco for Windows – software for canonical community ordination (version 4). Microcomputer Power, Ithaca, NY.

Tockner K, Stanford JA (2002) Riverine flood plains: present state and future trends. *Environ Conserv* 29: 308–330.

Topić J (1989) Vegetation of the Special Zoological Reserve of Kopački Rit. *Hydrobiologia* 182: 149-160.

Townsend CR, Dolédec S, Norris R, Peacock K, Arbuckle C (2003) The influence of scale and geography on relationships between stream community composition and landscape variables: description and prediction. *Freshwater Biology* 48(5): 768-785.

Trei T, Pall P (2004) Macroflora in the watercourses of Saaremaa Island (Estonia). *Boreal Env. Res.* 9: 25-35.

Trinajstić I, Franjić J, Škvorc Ž (2001) Water plant and swamp vegetation of Virovi in Posavina (Croatia). *Natura Croatica* 10(4): 305-313.

Trinajstić I, Pavletić Z (1980) Prilog poznavanju vegetacije vodenjara u Hrvatskoj. *Acta Bot. Croat.* 39: 115-119.

Trinajstić I, Pavletić Z (1991) Vegetacija specijalnog ornitološkog rezervata Krapje Dol u Hrvatskoj. *Acta Bot. Croat.* 50: 41-54.

Tutin TG, Heywood VH, Burges NA, Moore DM, Valentine DH, Walters SM, Webb DA (ur.) (1964-1980) *Flora Europaea*. Vols. 1-5. Cambridge University Press, Cambridge.

Unit Geo Software Development ITC (2001): *ILWIS 3.0 Academic, User's Guide*. ITC, Enschede, The Netherlands.

Vestergaard O, Sand-Jensen K (2000) Alkalinity and trophic state regulate aquatic plant distribution in Danish lakes. *Aquatic Botany* 67: 85-107.

Vitousek PM, D'Antonio CM, Loope LL, Rejmánek M, Westbrooks R (1997) Introduced species: A significant component of human-caused global change. *New Zealand Journal of Ecology* 21(1): 1-16.

Vodnogospodarski sustav kao utjecajni činitelj korištenja prostora Parka priode Lonjsko polje (2001) Vodoprivredno-projektne biro d.d., Zagreb.

Vogt J, Soille P, de Jager A, Rimavičiute E, Mehl W, Foisneau S, Bodis K, Dusart J, Paracchini ML, Haastруп P, Bamps C (2007a) A pan-European River and catchment database. JRC Reference reports, European Communities, Italy.

Vogt J, Soille P, Colombo R, Paracchini ML, de Jager A (2007b) Development of a pan-European River and Catchment Database. U: Peckham RJ, Jordan G (ed.) *Digital Terrain Modelling*. Berlin, Heidelberg, Springer-Verlag, 121-144.

Wiens JA (2002) Riverine landscapes: taking landscape ecology into the water. *Freshwater Biology* 47: 501-515.

Wilby RL, Cranston E, Darby E (1998) Factors governing macrophyte status in Hampshire chalk streams: implications for catchment management. *J CIWEM* 12: 179–87.

Willby NJ, Abernethy VJ, Demars BOL (2000) Attribute based classification of European hydrophytes and its relationship to habitat utilization. *Freshwater Biology* 43: 43-74.

Wright JF, Clarke RT, Gunn RJM, Winder JM, Kneebone NT, Davy-Bowker J (2003) Response of the flora and macroinvertebrate fauna of a chalk stream site to changes in management. *Freshwater Biology* 48: 894–911.

Zutshi DP, Vass KK (1971) Ecology and production of *Salvinia natans* Hoffm. in Kashmir. *Hydrobiologia* 38(2): 303-320.

Zuur AF, Ieno EN, Elphick CS (2010) A protocol for data exploration to avoid common statistical problems. *Methods in Ecology and Evolution* 1: 3-14.

7. Prilozi

Prilog 1. Sastav makrofita po lokalitetima.

V2. Belišće

Ceratophyllum demersum, *Glyceria maxima*, *Hydrocharis morsus-ranae*, *Lemna trisulca*, *Myriophyllum spicatum*, *Nuphar luteum*, *Nymphaea alba*, *Nymphoides peltata*, *Phragmites australis*, *Potamogeton crispus*, *Salvinia natans*, *Spirodela polyrhiza*, *Trapa natans*

V3. BPS

Alisma plantago-aquatica, *Ceratophyllum demersum*, *Glyceria maxima*, *Hydrocharis morsus-ranae*, *Lemna gibba*, *Lemna minor*, *Lemna trisulca*, *Oenanthe aquatica*, *Wolffia arhiza*, *Spirodela polyrhiza*, *Typha latifolia*

V7. Čeminac Halašica

Alisma plantago-aquatica, *Bolboschoenus maritimus*, *Butomus umbellatus*, *Carex pseudocyperus*, *Carex vesicaria*, *Ceratophyllum demersum*, *Cyperus fuscus*, *Equisetum palustre*, *Glyceria maxima*, *Hydrocharis morsus-ranae*, *Lemna minor*, *Lemna trisulca*, *Myriophyllum spicatum*, *Myriophyllum verticillatum*, *Nuphar luteum*, *Nymphaea alba*, *Phragmites australis*, *Potamogeton crispus*, *Pycnus glomeratus*, *Riccia fluitans*, *Sagittaria sagittifolia*, *Salvinia natans*, *Schoenoplectus lacuster*, *Sium latifolium*, *Sparganium erectum*, *Stratiotes aloides*, *Utricularia australis*, *Spirodela polyrhiza*, *Typha latifolia*

V8. Čeminac Stara Barbara

Alisma plantago-aquatica, *Bolboschoenus maritimus*, *Butomus umbellatus*, *Ceratophyllum demersum*, *Eleocharis palustris*, *Equisetum ramosissimum*, *Hydrocharis morsus-ranae*, *Lemna minor*, *Lemna trisulca*, *Myriophyllum spicatum*, *Myriophyllum verticillatum*, *Phragmites australis*, *Potamogeton crispus*, *Potamogeton natans*, *Ranunculus circinatus*, *Sagittaria sagittifolia*, *Salvinia natans*, *Schoenoplectus lacuster*, *Sium latifolium*, *Sparganium erectum*, *Typha angustifolia*

V13. Jagodnjak Barabara

Alisma plantago-aquatica, *Alopecurus aquatilis*, *Ceratophyllum demersum*, *Cyperus fuscus*, *Glyceria maxima*, *Lemna gibba*, *Lemna minor*, *Lemna trisulca*,

Mentha aquatica, Nuphar luteum, Oenanthe aquatica, Phragmites australis, Pycreus glomeratus, Riccia fluitans, Ricciocarpus natans, Sagittaria sagittifolia, Salvinia natans, Sium latifolium, Sparganium erectum, Veronica beccabunga, Spirodela polyrhiza

V14. Jagodnjak Halašica

Alisma plantago-aquatica, Alopecurus aquatilis, Ceratophyllum demersum, Chara sp., Cyperus fuscus, Glyceria maxima, Hydrocharis morsus-ranae, Lemna gibba, Lemna minor, Lemna trisulca, Nymphaea alba, Potamogeton crispus, Potamogeton pectinatus, Potamogeton trichoides, Pycreus glomeratus, Riccia fluitans, Sagittaria sagittifolia, Salvinia natans, Stratiotes aloides, Spirodela polyrhiza

V26. Topolik

Alisma plantago-aquatica, Azolla filiculoides, Butomus umbellatus, Ceratophyllum demersum, Cyperus fuscus, Eleocharis palustris, Glyceria maxima, Hydrocharis morsus-ranae, Lemna gibba, Lemna minor, Lemna trisulca, Mentha aquatica, Myriophyllum verticillatum, Nuphar luteum, Nymphaea alba, Oenanthe aquatica, Phragmites australis, Polygonum amphibium, Potamogeton crispus, Riccia fluitans, Salvinia natans, Schoenoplectus lacuster, Sium latifolium, Stratiotes aloides, Veronica anagallis-aquatica, Utricularia australis, Spirodela polyrhiza, Typha angustifolia

V1. Beli Manastir

Bolboschoenus maritimus, Butomus umbellatus, Carex sp., Glyceria maxima, Lemna gibba, Lemna minor, Spirodella polyrhiza, Glyceria maxima, Lemna gibba, Lemna minor, Spirodella polyrhiza

V4. Branjin Vrh

Alisma plantago-aquatica, Bidens tripartitus, Butomus umbellatus, Cyperus fuscus, Glyceria maxima, Myriophyllum spicatum, Polygonum lapathifolium, Potamogeton crispus, Potamogeton natans, Sagittaria sagittifolia, Sparganium erectum

V5. Branjina

Alisma plantago-aquatica, Butomus umbellatus, Glyceria maxima, Lemna minor, Phragmites australis, Sagittaria sagittifolia, Spirodela polyrhiza

V9. Crni kanal

Carex riparia, Ceratophyllum demersum, Glyceria fluitans, Glyceria maxima, Hydrocharis morsus-ranae, Lemna gibba, Lemna minor, Potamogeton pectinatus, Typha latifolia

V10. Duboševica

Alisma plantago-aquatica, Butomus umbellatus, Ceratophyllum demersum, Eleocharis palustris, Glyceria maxima, Hydrocharis morsus-ranae, Lemna trisulca, Myriophyllum spicatum, Phragmites australis, Potamogeton crispus, Potamogeton pectinatus, Salvinia natans, Schoenoplectus lacuster, Spirodela polyrhiza

V22. Popovac

Alisma plantago-aquatica, Butomus umbellatus, Ceratophyllum demersum, Glyceria maxima, Lemna gibba, Lemna minor, Myriophyllum spicatum, Potamogeton crispus, Potamogeton natans, Sagittaria sagittifolia, Spirodela polyrhiza

V6. Čarna

Ceratophyllum demersum, Elodea nuttallii, Glyceria maxima, Hydrocharis morsus-ranae, Lemna gibba, Lemna minor, Lemna trisulca, Nuphar luteum, Nymphaea alba, Oenanthe aquatica, Phragmites australis, Ranunculus trichoides, Salvinia natans, Wolffia arhiza, Spirodela polyrhiza

V11. Dzmajevački kanal

Alisma gramineum, Butomus umbellatus, Carex otrubae, Carex vulpina, Ceratophyllum demersum, Cyperus fuscus, Elodea nuttallii, Glyceria maxima, Hippuris vulgaris, Hydrocharis morsus-ranae, Juncus articulatus, Juncus

compressus, Lemna minor, Lemna trisulca, Mentha aquatica, Myosotis palustris, Myriophyllum spicatum, Myriophyllum verticillatum, Najas marina, Nuphar luteum, Nymphaea alba, Nymphoides peltata, Phragmites australis, Polygonum amphibium, Potamogeton natans, Potamogeton pectinatus, Pycreus glomeratus, Ranunculus circinatus, Salvinia natans, Schoenoplectus lacuster, Sium latifolium, Utricularia australis, Spirodela polyrhiza, Trapa natans

V12. Grabovac

Alisma plantago-aquatica, Butomus umbellatus, Ceratophyllum demersum, Cyperus fuscus, Dichostylis micheliana, Eleocharis palustris, Equisetum ramosissimum, Glyceria maxima, Hydrocharis morsus-ranae, Juncus effusus, Lemna gibba, Lemna minor, Lemna trisulca, Mentha aquatica, Phragmites australis, Polygonum amphibium, Potamogeton crispus, Sparganium erectum, Spirodela polyrhiza, Typha latifolia

V15. Jasenovac, Baranja

Alisma plantago-aquatica, Bolboschoenus maritimus, Butomus umbellatus, Carex riparia, Carex vesicaria, Carex vulpina, Ceratophyllum demersum, Cyperus fuscus, Eleocharis palustris, Juncus articulatus, Juncus effusus, Juncus glaucus, Lemna trisulca, Mentha aquatica, Myriophyllum spicatum, Nymphaea alba, Phragmites australis, Polygonum amphibium, Potamogeton crispus, Potamogeton lucens, Potamogeton pectinatus, Ranunculus trichoides, Schoenoplectus lacuster, Sparganium erectum, Typha latifolia

V16. Kozjak 1

Butomus umbellatus, Ceratophyllum demersum, Cyperus fuscus, Glyceria maxima, Hydrocharis morsus-ranae, Lemna gibba, Lemna minor, Lemna trisulca, Myriophyllum spicatum, Nuphar luteum, Nymphaea alba, Nymphoides peltata, Oenanthe aquatica, Phragmites australis, Salvinia natans, Sium latifolium, Sparganium erectum, Spirodela polyrhiza, Trapa natans, Typha latifolia

V17. Kozjak 2

Alisma plantago-aquatica, Butomus umbellatus, Carex vulpina, Ceratophyllum

demersum, Eleocharis palustris, Elodea nuttallii, Glyceria maxima, Hydrocharis morsus-ranae, Lemna trisulca, Myriophyllum spicatum, Nuphar luteum, Nymphaea alba, Nymphoides peltata, Oenanthe aquatica, Phragmites australis, Potamogeton crispus, Ranunculus circinatus, Schoenoplectus lacuster, Veronica anagallis-aquatica, Spirodela polyrhiza, Typha latifolia

V18. Lug

Ceratophyllum demersum, Glyceria maxima, Hydrocharis morsus-ranae, Lemna minor, Lemna trisulca, Phragmites australis, Potamogeton crispus, Pycreus glomeratus, Sparganium erectum, Spirodela polyrhiza, Typha latifolia

V19. Mirkovac

Alisma plantago-aquatica, Ceratophyllum demersum, Cyperus fuscus, Glyceria maxima, Hydrocharis morsus-ranae, Lemna minor, Lemna trisulca, Myriophyllum spicatum, Nuphar luteum, Nymphaea alba, Phragmites australis, Potamogeton crispus, Schoenoplectus lacuster, Spirodela polyrhiza, Typha latifolia

V20. Monjoroški Dunavac

Ceratophyllum demersum, Cyperus fuscus, Juncus effusus, Myriophyllum spicatum, Polygonum amphibium, Potamogeton crispus, Trapa natans

V21. Podunavlje

Alisma plantago-aquatica, Carex pseudocyperus, Ceratophyllum demersum, Elodea nuttallii, Glyceria maxima, Hydrocharis morsus-ranae, Lemna trisulca, Myriophyllum spicatum, Myriophyllum verticillatum, Nymphaea alba, Oenanthe aquatica, Phragmites australis, Potamogeton crispus, Potamogeton pectinatus, Rumex hydrolapathum, Rumex obtusifolius, Salvinia natans, Utricularia australis, Spirodela polyrhiza, Typha latifolia

V23. Sokolovac

Alisma plantago-aquatica, Butomus umbellatus, Carex riparia, Carex vulpina, Ceratophyllum demersum, Glyceria maxima, Hydrocharis morsus-ranae, Lemna

minor, Lemna trisulca, Myriophyllum spicatum, Nuphar luteum, Nymphaea alba, Nymphoides peltata, Phragmites australis, Potamogeton pectinatus, Pycreus glomeratus, Ranunculus circinatus, Schoenoplectus lacuster, Sium latifolium, Sparganium erectum, Spirodela polyrhiza, Typha latifolia

V24. Suza

Alisma plantago-aquatica, Butomus umbellatus, Carex elata, Ceratophyllum demersum, Glyceria maxima, Hydrocharis morsus-ranae, Lemna trisulca, Myriophyllum spicatum, Nuphar luteum, Nymphaea alba, Phragmites australis, Potamogeton crispus, Ranunculus trichoides, Schoenoplectus lacuster, Sium latifolium, Sparganium erectum, Spirodela polyrhiza, Typha latifolia

V25. Tikveš

Butomus umbellatus, Ceratophyllum demersum, Hydrocharis morsus-ranae, Lemna minor, Lemna trisulca, Nuphar luteum, Nymphaea alba, Nymphoides peltata, Oenanthe aquatica, Phragmites australis, Salvinia natans, Sium latifolium, Wolffia arhiza, Spirodela polyrhiza

V27. Zlatna Greda

Alisma plantago-aquatica, Ceratophyllum demersum, Cyperus fuscus, Glyceria maxima, Hydrocharis morsus-ranae, Lemna minor, Lemna trisulca, Myriophyllum spicatum, Myriophyllum verticillatum, Nuphar luteum, Nymphaea alba, Nymphoides peltata, Oenanthe aquatica, Phragmites australis, Potamogeton crispus, Pycreus glomeratus, Riccia fluitans, Salvinia natans, Schoenoplectus lacuster, Sium latifolium, Spirodela polyrhiza, Typha angustifolia

V28. Andrijaševci

Ceratophyllum demersum, Glyceria maxima, Lemna gibba, Lemna minor, Sparganium erectum, Wolffia arhiza, Spirodela polyrhiza, Trapa natans, Typha latifolia

V29. Berava

Butomus umbellatus, Glyceria maxima, Lemna gibba, Lemna minor, Nuphar luteum, Sium latifolium, Sparganium erectum, Wolffia arhiza, Spirodela polyrhiza

V32. Brkić kanal

Ceratophyllum demersum, *Glyceria maxima*, *Lemna minor*, *Lemna trisulca*,
Potamogeton crispus, *Spirodela polyrhiza*

V33. Cerna

Ceratophyllum demersum, *Glyceria maxima*, *Hydrocharis morsus-ranae*,
Potamogeton crispus, *Sparganium erectum*, *Spirodela polyrhiza*

V34. Deletovci

Ceratophyllum demersum, *Lemna gibba*, *Lemna minor*, *Lemna trisulca*, *Oenanthe*
aquatica, *Polygonum amphibium*, *Sparganium erectum*, *Spirodela polyrhiza*,
Trapa natans

V36. Durdanci

Alisma plantago-aquatica, *Butomus umbellatus*, *Callitriche stagnalis*, *Glyceria*
maxima, *Lemna minor*, *Mentha aquatica*, *Phragmites australis*, *Polygonum*
minus, *Polygonum mite*, *Polygonum persicaria*, *Ranunculus aquatilis*,
Sparganium erectum, *Veronica beccabunga*, *Spirodela polyrhiza*, *Typha latifolia*

V37. Gradište

Acorus calamus, *Butomus umbellatus*, *Ceratophyllum demersum*, *Glyceria*
maxima, *Hydrocharis morsus-ranae*, *Lemna gibba*, *Lemna minor*, *Potamogeton*
crispus, *Sparganium erectum*, *Wolffia arhiza*, *Spirodela polyrhiza*, *Typha*
angustifolia

V38. Ivankovo

Ceratophyllum demersum, *Lemna minor*, *Lemna trisulca*, *Wolffia arhiza*,
Spirodela polyrhiza, *Typha latifolia*

V42. Nijemci

Acorus calamus, *Ceratophyllum demersum*, *Glyceria fluitans*, *Glyceria maxima*,
Lemna gibba, *Lemna minor*, *Nuphar luteum*, *Nymphoides peltata*, *Polygonum*
amphibium, *Rumex hydrolapathum*, *Sparganium erectum*, *Wolffia arhiza*,

Spirodela polyrhiza, Trapa natans, Typha angustifolia

V44. Podgrađe

Ceratophyllum demersum, Spirodela polyrhiza, Trapa natans

V45. Privilaka

Ceratophyllum demersum, Glyceria maxima, Hydrocharis morsus-ranae, Lemna gibba, Lemna minor, Oenanthe aquatica, Sparganium erectum, Wolffia arhiza, Spirodela polyrhiza, Trapa natans

V46. Prkovci

Ceratophyllum demersum, Glyceria maxima, Lemna gibba, Lemna minor, Nuphar luteum, Potamogeton crispus, Wolffia arhiza, Spirodela polyrhiza

V47. Slakovci

Butomus umbellatus, Ceratophyllum demersum, Glyceria maxima, Hydrocharis morsus-ranae, Lemna gibba, Lemna minor, Nuphar luteum, Nymphoides peltata, Schoenoplectus lacuster, Sium latifolium, Sparganium erectum, Spirodela polyrhiza, Trapa natans

V50. Strizivojna

Butomus umbellatus, Ceratophyllum demersum, Glyceria maxima, Lemna gibba, Lemna minor, Lemna trisulca, Najas minor, Nuphar luteum, Nymphaea alba, Polygonum amphibium, Potamogeton crispus, Sagittaria sagittifolia, Schoenoplectus lacuster, Wolffia arhiza, Spirodela polyrhiza

V53. VKopanica

Alisma plantago-aquatica, Bidens tripartitus, Butomus umbellatus, Ceratophyllum demersum, Glyceria maxima, Lemna gibba, Lemna minor, Lemna trisulca, Myosotis palustris, Nuphar luteum, Oenanthe aquatica, Phalaris arundinacea, Potamogeton crispus, Sagittaria sagittifolia, Sium latifolium, Sparganium erectum, Wolffia arhiza, Spirodela polyrhiza

V30. Bošnjaci

Alisma plantago-aquatica, Bidens tripartitus, Cyperus fuscus, Glyceria maxima, Lemna gibba, Lemna minor, Polygonum amphibium, Polygonum lapathifolium, Rumex obtusifolius, Spirodela polyrhiza, Typha angustifolia, Typha latifolia

V31. Brežnica

Ceratophyllum demersum, Glyceria maxima, Hydrocharis morsus-ranae, Nymphaea alba, Potamogeton crispus, Sparganium erectum, Spirodela polyrhiza

V35. Drenovača

Alisma plantago-aquatica, Butomus umbellatus, Ceratophyllum demersum, Glyceria maxima, Lemna gibba, Lemna minor, Mentha aquatica, Phalaris arundinacea, Potamogeton crispus, Sparganium erectum, Spirodela polyrhiza, Typha angustifolia

V39. Kupina-Brežnica

Ceratophyllum demersum, Glyceria maxima, Hydrocharis morsus-ranae, Lemna gibba, Lemna minor, Lemna trisulca, Nuphar luteum, Nymphaea alba, Oenanthe aquatica, Ricciocarpus natans, Sagittaria sagittifolia, Sparganium erectum, Spirodela polyrhiza

V40. Lipovac

Ceratophyllum demersum, Riccia fluitans, Spirodela polyrhiza

V41. Lubanj

Butomus umbellatus, Ceratophyllum demersum, Hydrocharis morsus-ranae, Myriophyllum spicatum, Oenanthe aquatica, Potamogeton crispus, Spirodela polyrhiza, Trapa natans

V43. Otok

Ceratophyllum demersum, Eleocharis acicularis, Eleocharis palustris, Hydrocharis morsus-ranae, Marsilea quadrifolia, Mentha aquatica, Myriophyllum spicatum, Oenanthe aquatica, Potamogeton crispus, Ranunculus circinatus, Ranunculus trichoides, Rorippa amphibia, Schoenoplectus trichoides,

Veronica anagallis-aquatica, Spirodela polyrhiza

V48. Spačva

Ceratophyllum demersum, Hydrocharis morsus-ranae, Lemna minor, Lemna trisulca, Oenanthe aquatica, Ranunculus trichoides, Riccia fluitans, Spirodela polyrhiza

V49. Spačva prema Otoku

Ceratophyllum demersum, Eleocharis palustris, Hydrocharis morsus-ranae, Lemna minor, Lemna trisulca, Nuphar luteum, Nymphaea alba, Potamogeton crispus, Sium latifolium, Sparganium erectum, Spirodela polyrhiza

V51. Studva

Ceratophyllum demersum, Hydrocharis morsus-ranae, Lemna minor, Najas marina, Potamogeton crispus, Spirodela polyrhiza, Trapa natans

V52. Virovi

Ceratophyllum demersum, Hydrocharis morsus-ranae, Lemna gibba, Lemna minor, Nuphar luteum, Nymphaea alba, Oenanthe aquatica, Potamogeton crispus, Spirodela polyrhiza

V54. Vrbanjica

Alisma plantago-aquatica, Alopecurus aquatilis, Carex vulpina, Glyceria fluitans, Lemna minor, Mentha aquatica, Oenanthe aquatica, Rorippa amphibia, Sparganium erectum, Spirodela polyrhiza

V55. Budaševo

Ceratophyllum demersum, Hydrocharis morsus-ranae, Nuphar luteum, Potamogeton crispus, Typha latifolia

V57. Čigoć

Bolboschoenus maritimus, Carex pseudocyperus, Ceratophyllum demersum, Lemna minor, Mentha aquatica, Nuphar luteum, Rumex hydrolapathum, Rumex

obtusifolius, Sagittaria sagittifolia, Schoenoplectus lacuster, Sparganium erectum, Spirodela polyrhiza, Typha latifolia

V58. Gredani

Alisma plantago-aquatica, Bidens tripartitus, Butomus umbellatus, Carex acutiformis, Carex riparia, Ceratophyllum demersum, Eleocharis acicularis, Eleocharis palustris, Elodea canadensis, Glyceria maxima, Hydrocharis morsus-ranae, Iris pseudacorus, Leersia oryzoides, Lemna gibba, Lemna minor, Marsilea quadrifolia, Polygonum mite, Potamogeton lucens, Potamogeton natans, Riccia fluitans, Rorippa amphibia, Salvinia natans, Sparganium erectum, Spirodela polyrhiza, Trapa natans

V60. Lonja

Alisma plantago-aquatica, Callitriche verna, Ceratophyllum demersum, Lemna gibba, Lemna minor, Nuphar luteum, Oenanthe aquatica, Potamogeton crispus, Potamogeton pectinatus, Ranunculus trichoides, Rorippa amphibia, Sium latifolium, Zannichelia palustris, Veronica beccabunga, Spirodela polyrhiza, Trapa natans

V62. Lonjica

Alisma plantago-aquatica, Carex acutiformis, Carex pseudocyperus, Carex vesicaria, Ceratophyllum demersum, Eleocharis palustris, Elodea canadensis, Lemna gibba, Lemna minor, Myriophyllum spicatum, Polygonum amphibium, Potamogeton crispus, Potamogeton lucens, Schoenoplectus lacuster, Spirodela polyrhiza, Trapa natans

V64. Mužilovčica

Alisma gramineum, Callitriche verna, Ceratophyllum demersum, Chara sp., Eleocharis palustris, Galium palustre, Hydrocharis morsus-ranae, Marsilea quadrifolia, Mentha aquatica, Myriophyllum verticillatum, Najas marina, Nasturtium officinale, Nuphar luteum, Nymphaea alba, Nymphoides peltata, Potamogeton crispus, Potamogeton gramineum, Potamogeton lucens, Ranunculus trichoides, Rorippa amphibia, Sparganium erectum, Zannichelia palustris, Trapa

natans

V65. Novi kanal

Acorus calamus, Alisma plantago-aquatica, Carex acutiformis, Carex riparia, Carex vesicaria, Carex vulpina, Eleocharis acicularis, Eleocharis palustris, Glyceria maxima, Iris pseudacorus, Lemna gibba, Lemna minor, Polygonum amphibium, Sparganium erectum, Spirodela polyrhiza

V67. Pakra

Carex pseudocyperus, Iris pseudacorus, Leersia oryzoides, Carex.sp.

V69. Stružec

Carex acutiformis, Carex riparia, Ceratophyllum demersum, Spirodela polyrhiza, Trapa natans

V74. Zelina

Alisma plantago-aquatica, Alopecurus geniculatus, Alopecurus pratensis, Alopecurus utriculatus, Butomus umbellatus, Carex hirta, Carex vulpina, Ceratophyllum demersum, Eleocharis palustris, Elodea canadensis, Lemna gibba, Lysimachia nummularia, Marsilea quadrifolia, Myriophyllum spicatum, Najas marina, Nasturtium officinale, Polygonum amphibium, Potamogeton crispus, Potamogeton pectinatus, Wolffia arhiza, Spirodela polyrhiza, Trapa natans

V75. Žutica

Alisma plantago-aquatica, Carex brizoides, Ceratophyllum demersum, Glyceria maxima, Iris pseudacorus, Leersia oryzoides, Lemna minor, Lemna trisulca, Nuphar luteum, Riccia fluitans, Sagittaria sagittifolia, Spirodela polyrhiza

V56. Čazma

Alisma lanceolata, Alisma plantago-aquatica, Carex acutiformis, Ceratophyllum demersum, Lemna minor, Najas marina, Sagittaria sagittifolia, Schoenoplectus triqueter, Spirodela polyrhiza

V59. Jasenovac

Alisma plantago-aquatica, Ceratophyllum demersum, Hydrocharis morsus-ranae, Iris pseudacorus, Lemna minor, Nuphar luteum, Potamogeton crispus, Salvinia natans, Spirodela polyrhiza, Trapa natans

V61. Lonja-Sisak

Alisma plantago-aquatica, Bidens tripartitus, Bolboschoenus maritimus, Butomus umbellatus, Ceratophyllum demersum, Cyperus fuscus, Dichostylis micheliana, Gratiola officinalis, Lemna minor, Najas marina, Polygonum amphibium, Potamogeton pectinatus, Sagittaria sagittifolia, Spirodela polyrhiza

V63. Mlaka

Ceratophyllum demersum, Dichostylis micheliana, Lemna gibba, Lemna minor, Nasturtium officinale, Spirodela polyrhiza

V66. Novska

Alisma plantago-aquatica, Ceratophyllum demersum, Cyperus fuscus, Juncus effusus, Lemna gibba, Mentha aquatica, Nuphar luteum, Potamogeton crispus, Sagittaria sagittifolia, Sparganium erectum, Sparganium simplex, Spirodela polyrhiza, Trapa natans

V68. Plesno

Ceratophyllum demersum, Eleocharis palustris, Hydrocharis morsus-ranae, Lemna minor, Marsilea quadrifolia, Nuphar luteum, Potamogeton crispus, Salvinia natans, Sparganium erectum, Spirodela polyrhiza, Trapa natans

V70. Svinjičko

Ceratophyllum demersum, Najas marina, Salvinia natans, Spirodela polyrhiza

V71. Trebež

Iris pseudacorus, Spirodela polyrhiza

V72. Vrbovljani

Alisma plantago-aquatica, Bidens tripartitus, Ceratophyllum demersum, Cyperus

fuscus, Eleocharis palustris, Lemna gibba, Lemna minor, Najas minor, Potamogeton natans, Rorippa amphibia, Sagittaria sagittifolia, Salvinia natans, Spirodela polyrhiza

V73. VStrug

Hydrocharis morsus-ranae, Lemna minor, Salvinia natans, Spirodela polyrhiza, Trapa natans

Prilog 2. Popis korištenih kratica mjerenih stanišnih uvjeta.

Kod	Lokalni stanišni uvjeti	Mjerne jedinice
Width	Širina vodotoka	m
Depth	Dubina vodotoka	cm
Velocity	Brzina strujanja vode	cms ⁻¹
Transp	Prozirnost	cm
pH	pH	
Cond	Električna vodljivost	μS/cm
Tv	Temperatura vode	°C
Oxi	Koncentracija kisika	mg/L
Sat	Zasićenost kisikom	%
SO4	Koncentracija sulfata	mg/L
Cl	Koncentracija klorida	mg/L
NH3	Koncentracija amonijaka kao N	mg/L
NO3	Koncentracija nitrata kao N	mg/L
NO2	Koncentracija nitrita kao N	mg/L
TN	Koncentracija ukupnog dušika	mg/L
KjN	Koncentracija dušika po Kjeldahlu	mg/L
OP	Koncentracija orto-fosfata	mg/L
TP	Koncentracija ukupnog fosfora	mg/L
chl _a	Koncentracija klorofila-a	μg/L
X, Y	Geografske koordinate	
Alt	Nadmorska visina lokaliteta	m
Harv	Košnja rubne vegetacije kanala	
Manag	Tehničko održavanje kanala, izmuljivanje	

Regionalni stanišni uvjeti

Catch	Površina slivnog područja na svakom uzorkovanom lokalitetu	km ²
A.	Udio poljoprivrednih površina unutar slivnog područja	%
F.	Udio šumskih površina unutar sliva	%
U.	Udio naselja unutar sliva	%
Length	Ukupna duljina vodotoka unutar sliva na svakom lokalitetu	km
Agr_ch	Duljina kanala na poljoprivrednim površinama unutar sliva	%
For_ch	Duljina kanala u šumskom području unutar sliva	%
Urb_ch.	Duljina kanala u naseljima unutar sliva	%

8. ŽIVOTOPIS

Aleksandra Kočić rođena je 05. srpnja 1976. godine u Virovitici. Nakon završenog srednjoškolskog obrazovanja upisala je Pedagoški fakultet, Sveučilišta Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, smjer biologija i kemija gdje je diplomirala 2000. godine, te stekla zvanje diplomiranog profesora biologije i kemije.

Od 2000. do 2002. godine radila je u OŠ Kloštar Podravski kao učitelj biologije i kemije. Od 2002. do 2006. godine radila je kao znanstveni novak na Poljoprivrednom fakultetu u Osijeku na znanstveno istraživačkom projektu MZOŠ-a (079-2192374-0261), glavnog istraživača prof.dr.sc.Edite Štefanić. Od 2006. godine zaposlena je na Odjelu za biologiju, Sveučilišta J.J. Strossmayer u Osijeku kao asistent. Suradnik je na znanstveno istraživačkom projektu „Nutrienti i razvoj plutajućih makrofita i alga u Istočnoj Hrvatskoj” (285-0000000-3175) čiji je voditelj prof.dr.sc. Janja Horvatić.

U nastavnom radu sudjeluje u izvođenju vježbi iz kolegija Ekologija bilja i Terenska nastava 3 na Preddiplomskom studiju Biologije.

Sveučilišni poslijediplomski magistarski studij pri Biološkom odsjeku Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, smjer Ekologija upisala je 2003. godine. Stekavši uvjete za prijelaz na poslijediplomski doktorski studij, 2008. godine upisala je treću godinu Sveučilišnog poslijediplomskog doktorskog studija Biologije.

Tijekom ovog razdoblja pohađala je tečajeve:

The Sixth European Course on Basic Aerobiology - Sveučilište Adam Mickiewicz u Poznau, Poljska, 2003.

Napredno GIS modeliranje - Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 2005.

Numerical Analyses of Biological and Environmental Data - University College London (UCL), Velika Britanija, 2007.

Digital Terrain Model Extraction, Processing and Parameterization for Hydrology - University of Twente, Nizozemska, distance education course, 2009.

Geostatistics and Open-Source Statistical Computing - University of Twente, Nizozemska, distance education course, 2010.

Kao autor i koautor pristupnica je objavila tri znanstvena rada citirana u bazi Current Contents i jedan u drugim časopisima.

Izvorni znanstveni i pregledni radovi u CC časopisima:

1. **Kočić A**, Hengl T, Horvatić J (2008) Water nutrient concentrations in channels in relation to occurrence of aquatic plants: a case study in eastern Croatia. *Hydrobiologia* 603: 253-266.

2. Horvatić J, Peršić V, **Kočić A**, Čačić Lj, Has-Schön E (2009) Water quality and nutrient limitation in an area of the Danube River and an adjoining oxbow lake (1299 r. km): algal bioassay. *Fresenius Environmental Bulletin* 18(1): 12-20.

3. Peršić V, **Kočić A**, Horvatić J (2013) Water quality and algal growth potential of watercourses draining agricultural and forested catchments in eastern Croatia (Middle Danube Basin). *Fundamental and Applied Limnology* 182(1): 31-46.

Znanstveni radovi u drugim časopisima:

1. Horvatić J, Peršić V, **Kočić A**, Santo V, Đuroković Z, Haničar D, Brezak S, Čačić Lj, Tikas V (2010) Utjecaj nutrijenata na potencijal rasta kulture *Chlorella kessleri*. *Hrvatske vode: časopis za vodno gospodarstvo* 18(72): 117-126.

Sažeci u zbornicima skupova:

1. **Kočić A**, Jelaska SD, Horvatić J (2009) The influence of local and catchment scale variables on the distribution of *Salvinia natans* and *Trapa natans* in channels in eastern Croatia. U: Pieterse A, Rytkönen AM, Hellsten S (ur.) *Aquatic Weeds 2009. Proceedings of the 12th European Weed Research Society Symposium*. Finnish Environment Institute, Helsinki, 146.

2. **Kočić A**, Topić J, Horvatić J, Jelaska SD (2009) Changes in macrophyte composition in channels of the Bosut River Basin (Eastern Croatia) between 1980-2006. U: Pieterse A, Rytkönen AM, Hellsten S (ur.) *Aquatic Weeds 2009. Proceedings of the 12th European Weed Research Society Symposium*. Finnish Environment Institute, Helsinki, 41.